



Energetická gramotnost



Energie a život

MSEK

MORAVSKOSLEZSKÝ ENERGETICKÝ KLASTR

Energetická gramotnost

CZ.1.07/3.1.00/37.0276

PODĚKOVÁNÍ

Realizační tým Moravskoslezského energetického klastru věnuje poděkování autorům vzdělávacího manuálu k rozšíření informovanosti občanů o ústřední roli energie v moderním životě.

Vzdělávací manuál byl realizován za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu:
Energetická gramotnost - propagace a zkvalitnění nabídky vzdělávání jednotlivců v oblasti energetiky.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. Úvod	5
2. Energie k životu	6
3. Vývoj energetiky, mýty a skutečnosti	12
4. Klimatické změny	14
5. Obnovitelné zdroje energie	17
6. Ekonomika obnovitelných zdrojů	19
7. Závěr	21
Prameny	21

1. Úvod

Všeobecně převládá názor, že největším škůdcem životního prostředí je energetika. Určitě na tom něco bude, protože současná společnost a všechny její obory a činnosti jsou na dodávce energie bytostně závislé. Energetika ve smyslu zajišťování energetických potřeb společnosti stojí opravdu za vším, co člověk dělá a žádná lidská činnost se neobejde bez energie. Z tohoto pohledu je energetika jako největší škůdce životního prostředí za otloukánka, který je nejvíc při ruce. Že je spolehlivá a dostupná energie základem moderní společnosti je vcelku zřejmé, málokdo se však nad tím zamýšlí. Současná společnost by těžko mohla fungovat bez elektřiny a (v zimě) bez tepla, bez dodávky energie by nefungovalo žádné další odvětví, ať už jde o dopravu, zemědělství, strojírenství, zdravotnictví atd. V existujícím systému zásobování energií připadá největší část té „špinavé“ práce na energetiku a uživatelé konečných forem transformace energie paliv, tj. elektřiny a tepla, jsou poměrně „čistí“. Dosud nikdo lepší a srovnatelně spolehlivý systém nevymyslel.

Největším „škůdcem“ životního prostředí je člověk. Ke svému životu přírodu potřebuje, využívá ji a tím ji ovlivňuje a mění. Zdaleka ne vždy se jedná o ničení přírody. Pěkně o těchto otázkách píše známý český geolog Václav Cílek ve své moudré knize „Krajiny vnitřní a vnější“ (2010). Uvažuje o velké mentální změně: „V šedesátých letech jsme nad přírodou vítězili, v sedmdesátých letech jsme snili o panenské přírodě přírodních rájů, v osmdesátých letech jsme začínali uvažovat globálně a od devadesátých let minulého století se s přírodou učíme žít pod jednou střechou.

Byly doby, kdy jsme hledali mizející přírodní ráje, pak přišlo období, kdy jsme se na krajinu dívali jako na soubor ploch zničených tou hnusnou civilizací a relativně nedotčených oblastí. Tento přístup měl tu nevýhodu, že se člověk nebojí dál ničit tu krajinu, kterou považuje za odepsanou. Přitom třeba taková ostravská aglomerace se po útlumu těžby a celkovém očištění přírody jednou může stát vyhledávaným zahradním městem. Již dnes je specifická „metalová“ poetika Ostravska nepřehlédnutelná a některým návštěvníkům vyhovuje víc než cukrářsky upravený střed kdysi magické Prahy. V poslední době se učíme s přírodou žít pohromadě v jakési směsici krajinných měřítek. Tento posun se dá dobře ukázat na vztahu k opuštěným lomům.

Staré lomy bývaly donedávna považovány za jizvy krajiny. Jejich rekultivace probíhala tak, že lom byl vyplněn odpadky a přehrnut hlínou, takže vznikl v podstatě nevyužitelný a nijaký dolík. V lepším případě byly krásné skály alibisticky zešíkmeny, aby z nich nemohl nikdo spadnout a v lomu byly hustě vysázeny rekultivační dřeviny. Mnoho lomů však díky nezájmu člověka tomuto osudu uniklo. Skály, kterých máme v české krajině tak málo zůstaly zachovány a malebně porostly borovicemi a břízami. Do lomů chodili sběratelé a geologové se tam jezdili dívat na profily. Jinde zdomácněli filmaři tuzemských westernů a usadili se trampové. V místech, kde se podařilo zabránit skládkám, se lomy kupodivu staly ostrůvky přírody.

Lomařská krajina v okolí Wülfrathu v Porúří nebo Heidelbergu v Porýní je paradoxní krajinou hned z několika důvodů. Jedná se o hustě zastavěné a industrializované části Německa s jedněmi z největších vápencových dolů v Evropě. Například lom Rohdenhaus je dlouhý přes 2,5 km a jeho plánovaná hloubka dosáhne 280 m. Je to obrovský kilometr široký kaňon sestávající z obřích stupňů jednotlivých lomových etází. První paradox je ten, že v okolní intenzivně využívané krajině představují opuštěné lomy zdaleka nejhodnotnější a nejvíce přírodní území. Druhý paradox je ten, že do takto cenného území není možné pustit lidi. Není chválou lomů, ale hanou civilizace, že například v lomu Nusloch u Heidelbergu roste 410 druhů rostlin (tj. čtvrtina všech druhů rostoucích ve spolkové zemi) a hnízdí zde přes 100 druhů ptáků. Ročně sem směřuje okolo 20 tisíc návštěvníků, to je asi stejně tolik jako na menší historický zámek. V Porýní je chráněno 150 lomů. Začínají se kolem nich budovat vyhlídky, osazovat informační tabule a vytyčovat naučné stezky.

Jako civilizace se tak dostáváme do poněkud absurdních situací. Jedna z botanicky nejhodnotnějších ploch v lomu Nusloch leží na terénním parkovišti, kde vysychavá půda pokrytá kamínky umožňuje život rostlinám, jaké z okolní krajiny již vymizely. Něco podobného se týká například nádraží Praha-Bubny, kde se zasolená a kamenitá půda stala náhradním domovem několika ohrožených druhů rostlin a hmyzu. Plocha nádraží by tak mohla splňovat podmínky pro vyhlášení rezervace, ale aby se daný biotop udržel, je žádoucí, aby zde dál jezdily vlaky, ukrajinští dělníci občas sbíječkami rozbili zem a opilci sem chodili močit. Jedna z potíží, do kterých jsme se dostali, je ta, že evropskou přírodu není nutné jenom pasivně chránit, ale ve stále více případech je třeba o ni skutečně pečovat jako o zahradu zvláštního typu.

Severočeská pánev je považována za jeden z nejméně zničených krajinných celků světa. Podíváme-li se však na celý problém z hlediska dalších padesáti let, může se stát, že severní Čechy se stanou důležitou turistickou oblastí, která bude kombinovat horskou a lesní krajinu Krušných hor i rozsáhlé vodní plochy bývalých těžebních jam. Uhlí bude v té době vytěženo, prostředí celkově čistší, značná část krajiny bude bez lidských sídel. Budeme-li dnes správně rekultivovat krajinu, může být o nás jednou řečeno: „Zničili jednu krásnou krajinu, ale na jejím místě vytvořili jinou krásnou krajinu.“

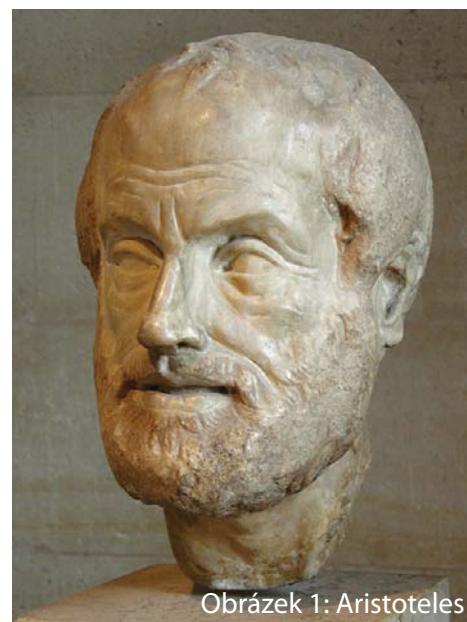
Je přece naprosto samozřejmé, že člověk již samotnou svou existencí ovlivňuje životní prostředí a je naprostou fikcí, že by ho mohl uchovávat v původním stavu. (Už jenom pojem „původní stav“ je těžko vysvětlitelný.) Jde především o to, aby se na stupnici „měnit-ničit“ pohybovala většina lidských zásahů co nejbližší straně „měnit“ a aby tyto zásahy byly uvážené a moudré. Snad nejlépe vyjadřuje potřebný vztah k péči o životní prostředí heslo „Země k životu“. Člověk vždy potřeboval k životu energii a podívejme se teď, jak se jeho energetické potřeby historicky vyvíjely.

2. Energie k životu

Náš příběh začal před více než 17 miliardami let, kdy zároveň neexistovalo nic a všechno. Místo současného nekonečného vesmíru jsme tady měli něco malého, neviditelného, zato s obrovským energetickým potenciálem. Dodnes si nejsme jisti, co se to vlastně stalo, ale pravděpodobně se ona energie začíná šířit, reagovat, vytvářet hmotu. Vznikají galaxie, hvězdy, planety. A na jedné z planet, doufejme, že nikoli na jediné, protože by to bylo plýtvání místem, na Zemi, souhrou fyzikálních, chemických a biologických náhod a štěstí vzniká život.

Je nemožné změřit, kolik energie bylo potřeba pro formování povrchu Země, ani pro vznik života. Víme, že Neandrtálci, kteří žili před 80000 lety, dokázali úspěšně rozdělávat oheň a znali jeho účinky. Před 12000 lety se zřejmě poprvé naučili lidé zacházet s uměle nahromaděnou energií – vyrobili luk, který používali jako zbraň i jako způsob rozdělávání ohně. Pak už příběh začíná nabírat na obrátkách: kolem roku 5000 př. n. l. se objevuje hrnčířský kruh, tkalcovský stav, ale také první zařízení, kterému předávala část energie domácí zvířata.

S termínem *energie* nás poprvé seznamuje řecký filosof a Platonův žák Aristoteles (384 – 322 př. n. l.) ve svém díle *Metafyzika* spojením $\epsilon\nu$ (v) a $\epsilon\rho\gamma\omega\nu$ (práce) do slova $\epsilon\nu\epsilon\rho\gamma\epsilon\iota\alpha$ (*energeia*, „vůle k činům“). Slovesem *energein* je pak možné popsat pohyb, práci či změnu. Po celé dvě následující tisíciletí přicházeli intelektuálové i renomovaní vědci s skutku bizarními vysvětleními pojmu *energie*, až jsme se jej (snad pro zjednodušení) dokonce naučili zaměňovat za výkon či sílu. V roce 1748 napsal filosof, pro změnu anglický, David Hume (1711 – 1776) v knize *Zkoumání lidského rozumu* „V metafyzice neexistují temnější a nejistější myšlenky než výkon, síla a energie. Musíme usilovat o upřesnění významu těchto pojmů a tím odstranit některé kritizované části tohoto neznáma“. O necelých 60 let později, v roce 1807, na přednášce v královském institutu popsal energii anglický lékař a fyzik Thomas Young jako součin hmotnosti a rychlosti tělesa, čímž načrtnul ne zcela přesnou (jak dnes již víme – hmotnost musí být poloviční a rychlost umocněná) rovnici pro výpočet kinetické energie.



Obrázek 1: Aristoteles

Za další tři desetiletí, v sedmém vydání Encyklopedie Britannica, dokončené v roce 1842, najdeme velice stručný a nevědecký text, popisující energii takto: „výkon, účinnost, efektivita věcí; obrazně se také používá pro naznačení důrazu v řeči“. Je skutečností, že od Humeovy doby se změnila snad jen frekvence používání slova *energie*. Její odvozené termíny dnes běžně užíváme pro popis lidských činností, nadšení, různých opatření či zkušeností a dosud ji každodenně zaměňujeme s výkonem a silou. Například „nový *výkonný* předseda přinesl do staré společnosti

čerstvou energií“, nebo „dav je poháněn energickým mluvčím“. Ještě dál jdou milovníci aktivního sportování, kteří obvykle (a zcela nelogicky) říkávají, že je pobyt v posilovně nebo dlouhý běh dobří energií. Tím jen ale chtějí říct, že se po cvičení zkrátka cítí lépe, což je dáno tím, že dlouhodobé cvičení podporuje uvolňování endorfinu (látky, která působí v mozku a vyvolává euforii či snižují vnímání bolesti). Dlouhý běh tak skutečně může zvýšit pocit spokojenosti a pohody, nikdy však člověka nedobije energií.

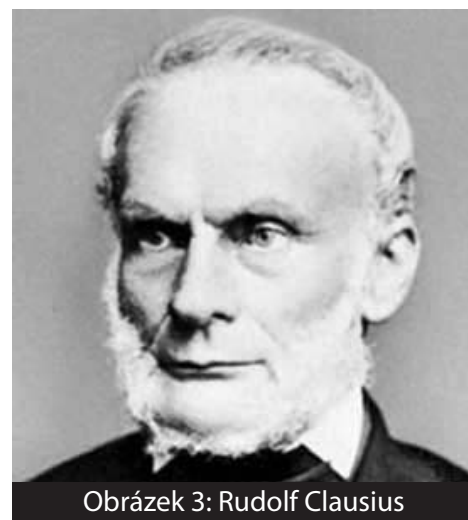
Poprvé se o přeměnu tepelné energie v pohybovou pokusil mladý francouzský inženýr Sadi Carnot, který žil v letech 1796 – 1832, jako první popsal princip fungování parního stroje (carnotův cyklus) a je znám jako zakladatel termodynamiky.



Obrázek 2: Julius Mayer

Formulace jednoho z nejzásadnějších zákonů moderní fyziky vznikla při cestě na Javu v roce 1840, kdy se jako lodní lékař na jedné z lodí plavil také německý fyzik Julius Robert Mayer, žijící v letech 1814 – 1878. Když svým pacientům pouštěl žilou, což byl v té době velmi častý lékařský zákrok, všiml si, že krev je mnohem čířejší a průzračnější než když tentýž zákrok prováděl doma v Německu. Mayer našel odpověď na tuto záhadu velmi rychle: krev v tropech nemusí být okysličována tolik jako v chladnějších podmínkách, protože metabolismus člověka potřebuje v prostředí s vyšší teplotou mnohem méně energie. Mayera dále napadlo porovnat teplo, vzniklé působením slunečního záření v tropech a teplo, vzniklé fyzickou činností člověka. Uvědomil si, že toto teplo může vznikat jedině jako důsledek okysličování krve a že tedy teplo a práce musí být stejné a zaměnitelné. Tímto zjištěním nastal počátek diskuzí nad zákonem o zachování energie. V roce 1845 pak Mayer zveřejnil článek o platnosti tohoto zákona také v ostatních formách známé energie. Mayerovy výzkumy potvrdil obrovským počtem experimentů a velmi přesných měření James Prescott Joule (1818 – 1889), tedy ten, po kterém je dnes pojmenována jednotka energie. Prokázal, že energie nevzniká ani nezániká, pouze se mění v jiné formy energie, což v současnosti známe jako první zákon termodynamiky.

V roce 1850 popsal německý teoretický fyzik Rudolf Clausius schopnost předávání tepla pouze jedním směrem, od teplejšího chladnějšímu. Tento princip dnes známe jako druhý termodynamický zákon. Do fyziky zavedl termín *entropie* (z řeckého *εντροπία* – „směrem k“), který vyjadřuje míru neurčitosti systému. Systémy s nízkou entropií označují systémy s velkým teplotním rozdílem a tím velkou schopností konat práci. A naopak. Entropie vesmíru je téměř maximální, to v praxi znamená, že jeho energie může jen klesat. Kus uhlí je kvalitní uspořádanou formou energie (nízká entropie). Jeho spálením vzniká teplo, což je rozptýlená, neuspořádaná a velmi nekvalitní forma energie (vysoká entropie). Je velice důležité uvědomit si, že proces hoření je nevratný – z tepla, vzniklého hořením uhlí není možné zpětně vyrobit kus uhlí. Teplo je zvláštní a jedinečnou formou energie. Všechny formy energie je možné přeměnit v teplo, kdežto přeměna tepla v jinou formu energie je (téměř) nemožná. Možná se zvědavějším čtenářům může zdát, že druhý zákon je živou hmotou nestále porušován, že vydává více energie, než sama přijímá, ale zde je nutné si uvědomit, že druhý zákon platí jen v uzavřených systémech, bez přísunu energie zvenčí. Svět kolem nás je ale systém otevřený, s neustálým přísunem energie ze Slunce a fotosyntézou dosahuje vyšší a vyšší uspořádanosti (entropii).



Obrázek 3: Rudolf Clausius

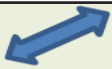
Walter Nernst v roce 1906 zjistil, že děje v tělesech, jejichž teplota se blíží takzvané absolutní nule, tedy $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ustávají a jejich entropie je rovna nule. Tímto zjištěním dal základ (zatím poslednímu) třetímu zákonu termodynamiky.

Počátkem 20. století přišel Albert Einstein, zřejmě nejznámější německý fyzik, který žil v letech 1879 – 1955, na zajímavou myšlenku, že hmota je sama o sobě jistou formou energie a zformuloval dnes pravděpodobně nejcitovanější rovnici na světě: $E=mc^2$. Tato rovnice nám říká, že energie se rovná hmotnosti tělesa vynásobené druhou mocninou rychlosti světla. K pokrytí celosvětové roční produkce energie by tak mohly stačit asi 4 tuny jakékoli hmoty. K odkrytí tajemství tohoto skutečně zajímavého pokladu však dosud neexistují technické možnosti a jediný způsob, jak dnes můžeme přeměnit relativně velkou (ale stále velmi malou) část hmoty v energii, je využití jaderných reaktorů. Štěpením jádra 1 kilogramu uranu 235 jsme schopni uvolnit tolik energie, jako ze 190 tun ropy.

Při úvahách o energii je velice důležité si uvědomit, že dnešní fyzika stále přesně neví, co to vlastně energie je, neví si rady s její obecně platnou definicí. Víme, že energie existuje a díky dlouhé řadě objevených zákonitostí a vztahů s ní dovedeme počítat. Už to samo o sobě představuje velký úspěch při poznávání světa, pokud vezmeme na vědomí všechny její nejznámější formy: energii mechanickou, gravitační, tepelnou, kinetickou, chemickou, elektrickou, elektromagnetickou, jadernou a jistě si dokážeme vyvzpomenout několik dalších z materiálního i nemateriálního světa. Jednotlivé formy energie se mohou navzájem přeměňovat (hovoříme o transformaci energie) a tyto přeměny jsou základem techniky, technického pokroku a rozvoje. Každá přeměna je provázána ztrátami, které se v konečné fázi projeví jako energie tepelná a v případě složitých procesů, vyžadujících vícenásobnou transformaci energie velikost ztrát úměrně tomu narůstá. Rostoucí spotřeba energie a moderní technologie s vícenásobnou přeměnou primární energie proto vedou ke zvyšování produkce tepelné energie.

Podle nejpoužívanější definice je energie schopnost konat práci. Tato jednoduchá formulace je naprosto srozumitelná, jedná-li se o energii mechanickou. Ve chvíli, kdy o práci začneme přemýšlet v jiném než pouze mechanickém kontextu, již to tak srozumitelné nebude. Pokud nějakou dobu nehnutě sedíme, zdálo by se, že žádnou práci nekonáme. Podívejme se ale trošku hlouběji a zjistíme, kolik toho má naše tělo „na práci“: dýcháním jej okysličujeme a odvádíme oxid uhelnatý, udržuje teplotu na 37 °C, srdce neustálým pumpováním udržuje oběh krve a také jsou neustále vytvářeny enzymy, které kontrolují správnou funkčnost organismu od trávení až po nervovou činnost.

Energie blesků, které osvětlují letní oblohu, je rozhodně jiná, než ta, která je potřebná pro práci jeřábu v docích a právě tato rozdílnost dokazuje jednou z nejzákladnějších fyzikálních zákonitostí, a to že existuje mnoho různých forem energie a jejich vzájemná přeměna. Ve zlomku sekundy, kdy udeří blesk, který ozáří, ohřeje atmosféru a rozloží molekuly dusíku, se mění elektrická energie v energii elektromagnetickou, termální a chemickou. Motory jeřábu zase mění elektrickou energii v mechanickou a zároveň se mění velikost potenciální energie přepravovaného nákladu.

	ELEKTRO MAGNETICKÁ	CHEMICKÁ	TERMÁLNÍ	KINETICKÁ	ELEKTRICKÁ	JADERNÁ	GRAVITAČNÍ
ELEKTRO MAGNETICKÁ	elektromagnetická indukce	cheminiscence	tepelné záření	změna rychlosti	elektromagnetické záření, elektroluminescence	jaderné zbraně, gama reakce	
CHEMICKÁ	fotosyntéza	chemické procesy	var, disociace	radiolýza	elektrolýza	ionizace, jaderný katalyzátor	
TERMÁLNÍ	sluneční absorpce	spalování	tepelná výměna	tření	odporové teplo	jaderné štěpení, jaderná fúze	
KINETICKÁ		metabolismus	tepelné rozpínání, vnitřní spalování	převody	motor	radioaktivita, jaderné zbraně	padající tělesa
ELEKTRICKÁ	solární články	palivové články, akumulátor	tepelná elektřina, termionika	konečný generátor	transformace	jaderné akumulátory	
JADERNÁ	gama-neutronové reakce						
GRAVITAČNÍ				stoupající tělesa			

Tabulka 1: Informativní souhrn některých přeměn energetických forem

Mezi nejznámější formy energie řadíme teplo (termální energie), pohyb (pohybová nebo také kinetická energie), světlo (elektromagnetická energie) a chemickou energii paliv a potravy. Některé jejich přeměny patří mezi neustávající reakce každodenního života na zemi: v průběhu fotosyntézy se malé části elektromagnetické energie mění v chemickou energii bakterií a rostlin, při vaření a ohřívání jídla provádíme přeměnu chemické energie z biomasy (dřevo, dřevěné uhlí, sláma) nebo fosilních paliv (uhlí, ropa, plyn) v energii tepelnou. Jiné přeměny nám v obrovském měřítku zpohodňují život: chemická energie v bateriích, přeměněná na elektrickou energii pohání miliardy mobilních telefonů, přehrávačů, dálkových ovladačů a podobně. Existují i přeměny, které jsou velmi vzácné, například gama-neutronové reakce, které vznikají při přeměně elektromagnetické energie v energii jadernou, jsou využívány jen ve zvláštních vědeckých a průmyslových laboratořích.

Kinetická energie je spojena se všemi pohybujícími se tělesy. Ať už se jedná o těžkou protitankovou střelu s ochuzeným uranem nebo mračna, která se vznášejí nad tropickými pralesy. Její projevy jsou všudypřítomné a její velikost je snadno spočítatelná, když vynásobíme polovinu hmotnosti tělesa a druhou mocninu jeho rychlosti, tedy $E_k = \frac{1}{2}mv^2$. Ve vzorečku je nesmírně důležitá ona druhá mocnina rychlosti tělesa, která říká, že dvojnásobná rychlost zvýší energii tohoto tělesa čtyřikrát. Její ztrojnásobení pak výslednou energii zvýší dokonce devětkrát. Proto i velmi malá tělesa mohou být při vysoké rychlosti převelice nebezpečná. Stačí se podívat na obrovskou sílu hurikánu, která dokáže zabodnout lehoučké kousky slámy do kmenů stromů, vesmírné smetí, které cestuje rychlostí 8000 m/s dokáže proděravět skafandr kosmonauta a mikrometeorit, letící rychlostí 60000 m/s velmi snadno prorazí plášť kosmické lodi.

Polohová, neboli potenciální energie je výsledkem změny polohy tělesa. Gravitační potenciální energii, která vzniká změnou polohy tělesa v gravitačním poli Země, nacházíme všude kolem nás: má ji každý předmět, který zvedneme, stoupající obláčky vodní páry, zvednutá ruka, kterou si utíráme pot z čela, orel, který z výšky útočí na kořist i vesmírná raketa, stoupající ke hvězdám. Potenciální energie ohromného množství vody v přehradě je přeměněna v energii elektrickou pomocí turbíny v přehradní hrázi, na jejíž lopatky voda dopadá. Tímto způsobem je vyrobeno téměř 20% veškeré elektrické energie na světě. Potenciální energie vody v přehradní nádrži závisí na její hmotnosti (m), výšce (h) a gravitační konstantě (g): $E_p = mhg$. Nádherným příkladem využití potenciální energie je činnost pružiny. Její energii je možné zvyšovat stlačením nebo roztažením, pružina se vždy vrací do své původní polohy a koná tak práci. Kdo by byl býval řekl, že hodinky s mechanickým strojkem fungují na základě potenciální energie, že?

Další obrovskou zásobárnou chemické energie je biomasa, kterou můžeme rozdělit na živou, tvořenou živočichy, rostlinami či mikroorganismy a mrtvou, což je například organická hmota v půdě, kmeny stromů a fosilní zdroje, vzniklé přeměnou mrtvé biomasy. Tato energie je ukrytá v atomových vazbách tkání a paliv a uvolňuje se při spalování, což není nic jiného než prudká oxidační reakce, při které vzniká teplo. Tato reakce je doprovázena tvorbou nových chemických vazeb, vzniká oxid uhličitý, často také emise dusíku a oxidy síry a v případě spalování plynných nebo kapalných paliv také voda.

Teplo vzniklé spalováním je rozdílem energií atomových vazeb před započítáním a po ukončení reakce hoření. Vytvořené teplo je možné přenášet třemi možnými způsoby: vedením a prouděním, které jsou obě způsobené převážně neustálým pohybem částic a sáláním, tedy pomocí elektromagnetických vln. Při soustavném ohřívání látky dojde za určité teploty k zajímavému úkazu: teplota látky se přestane zvyšovat, přestože přísun tepelné energie stále pokračuje. Látka začne měnit své skupenství. Nejdříve ze skupenství pevného v kapalné, pak z kapalného v plynné. Všechna tepelná energie pak neumožňuje ohřívání látky, ale celá je spotřebovaná na rozbití atomových vazeb a říkáme mu teplo skupenské nebo také latentní. Teplo, potřebné pro změnu skupenství kapalného v plynné je vždy vyšší než při změně pevné látky v kapalnou. Skupenské teplo vypařování vody při 100 °C je přesně 6,75 krát větší než skupenské teplo tání ledu při 0 °C. Voda také hraje obrovskou roli ve výhřevnosti jednotlivých paliv. Čím více jí dané palivo obsahuje, tím větší energie je přeměněna nikoli na teplo, ale na proces změny skupenství, odpaření. Koks, který je tvořen téměř čistým uhlíkem, přemění v teplo zhruba 99% energie, spalování plynu v teplo přemění až 90% dodané energie. Spalováním čerstvého dřeva vyrobíme dostatek energie na odpaření vody, kterou obsahuje, ale málo na vytopení místnosti. A pokud bude toto dřevo obsahovat více než 67 % vody, nerozhoří se vůbec.

Účinnost přeměny energie je jednoduše poměr mezi požadovaným energetickým výstupem a počátečním vstupem. Možná nejlepším příkladem vysoce neefektivního procesu je fotosyntéza. I ty nejproduktivnější rostliny jsou schopny převést maximálně 5% slunečního záření. Zbylá energie se samozřejmě neztratí, podle prvního termodynamického zákona to ani není možné, jen se podle druhého termodynamického zákona přemění v neužitečné či nechtěné teplo. Na druhé straně však není nic složitějšího najít nebo vyrobit stroje, nebo zařízení a procesy s účinností nad 90%. Moderní podlahové topení dokáže využít celých 100% elektrické energie a přeměnit je v teplo. Zdraví lidé, kteří jedí vyváženou stravu, dokáží zpracovat sacharidy s účinností až 99%. Kotle na zemní plyn nebo velké elektromotory mívají účinnost kolem 95%. Velmi účinná zařízení najdeme i v tepelných elektrárnách, kde jsou obří turbíny schopny přeměnit až 98% své kinetické energie v energii elektrickou.

Zcela dominantní vliv na život na Zemi má naše nejbližší hvězda, Slunce. Zemská atmosféra zase umožňuje optimální zpracování energie ze Slunce přicházející. Dosud se v nejbližších, a přesto velmi vzdálených, lokalitách na Marsu nepodařilo objevit žádné stopy života. Venuše, náš další blízký poutník po cestách kolem Slunce, je pro vznik života na základě uhlíku, tedy tak, jak jej známe, příliš horká. Astronomům se podařilo objevit celou řadu planet, které obíhají kolem své centrální hvězdy, nebo i více hvězd, chcete-li, ale žádná z těchto planet zjevným způsobem existenci života neprokazuje. Po celá desetiletí vysíláme směrem do hlubokého vesmíru pomocí elektromagnetických vln různé informace a zprávy, jediné, co však slyšíme, jsou rádiové vlny, které vznikají přeměnou energie velkých horkých hvězd a šíří se tichým vesmírem pomocí ionizovaného mezihvězdného plynu.

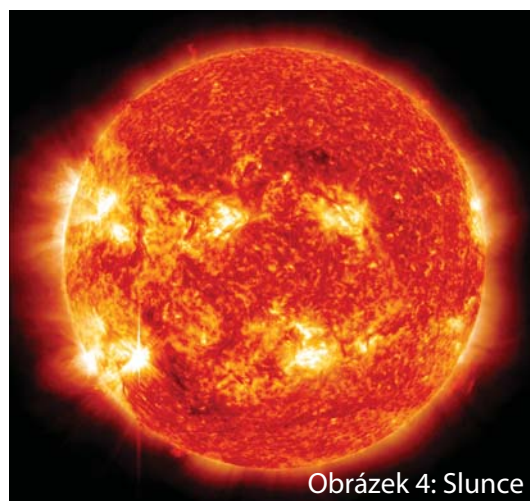
Tyto zprávy nejsou nijak překvapivé, zvláště pokud je budeme posuzovat podle přísně energetických podmínek. Pro vznik života, podobného tomu našemu pozemskému potřebujeme hvězdu. Ale ne jen tak nějakou obyčejnou hvězdu, kterých jsou jen v naší galaxii stovky miliard, potřebujeme hvězdu ani příliš velkou, ani příliš malou, ani příliš horkou a ani příliš studenou. Život velkých hvězd bývá velmi krátký k tomu, aby se na planetě mohl po miliardy let formovat život, malé hvězdy zase méně svítí a dodávají tak planetě málo potřebné energie. Hvězdy příliš horké by způsobily, tak jako na Venuši, odpaření veškeré vody, potřebné pro vznik života a ty studené by zase neumožnily život díky vodě navěky zamrzlé.

A toto vše je jen začátek dlouhého seznamu předpokladů pro vznik života. Co se stane, když se pokusíme změnit některý z následujících parametrů: kdyby byla gravitace na Zemi dvakrát větší, než v současnosti? Kdyby Země obíhala Slunce po jiné, například více protažené, dráze? Kdyby osa otáčení nebyla nakloněna? Kdyby rotovala kolem své osy 300 dní místo dnešních 24 hodin? Kdyby pevnina pokrývala 90% povrchu místo dnešních 30%? Kdyby neexistovala vodní pára nebo by koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře byla pouhých 0,038%? Všechna tato „kdyby“ mají jednu společnou odpověď: Na Zemi by za těchto podmínek život v dosud známé formě nemohl existovat.

Zemská atmosféra umožňuje průchod slunečního záření, které zčásti zahřívá povrch planety a zčásti se odráží zpět do vesmíru. Pokud by se odráželo záření všechno, průměrná teplota Země by klesla na -18 °C, všechna voda i půda by trvale zamrzla a život by zde přestal existovat. Naštěstí pro nás se v atmosféře vyskytují plyny, které pohlcují část záření a odráží ho zpět k zemskému povrchu, čímž mění teplotu planety. Protože tento cyklus připomíná děje, pozorovatelné v zahradkářském skleníku, říkáme mu „skleníkový efekt“. Díky němu je průměrná teplota Země udržována na příjemných 15 °C, a která umožňuje, aby voda pokrývala více než 2/3 zemského povrchu, byla v dostatečné míře přítomna ve vzduchu a půdě, byla ze dvou třetin obsažena v těle živých organismů, z 95% v rostlinách a z 99% vody je tvořena největší skupina vodních mikroorganismů, fytoplankton.

Další a dosud poslední známou formou energie, kterou můžeme na Zemi nalézt, je její vnitřní energie, kterou naše planeta získala v dobách svého vzniku, tedy před necelými pěti miliardami let. Jedná se převážně o pohybovou energii, která umožňuje zemskou rotaci a pohyb kolem Slunce. Tato energie se velice pomalu přeměňuje na teplo, což je doprovázeno nepatrným zpomalováním otáčení – za sto let se den prodlouží asi o jednu tisícinu sekundy. Přeměněná geotermální energie způsobuje pohyb zemských desek a tím i změnu tvaru povrchu, což je často doprovázeno sopečnými výbuchy, zemětřeseními nebo obrovskými přílivovými vlnami, tsunami. Kolik nahromaděné energie bývá v těchto případech uvolněno, vidáme pravidelně na snímcích, pořízených po těchto katastrofách.

Naše Slunce se řadí mezi standardní a průměrné hvězdy typu G2, kterých je v širokém vesmíru nejvíce a jen v naší galaxii, v Mléčné dráze, bychom jich našli na 150 tisíc. Je zhruba milionkrát větší než Země a jeho průměr je 1 400 000 km. V jeho jádru, které dosahuje teploty až 15 000 000 °C, se při jaderných reakcích mění vodík na helium. Protony vodíku se zde pohybují rychlostí několika set kilometrů za sekundu, narážejí do sebe, čímž ruší atomové vazby vodíku a mění se na atomy helia. Každou sekundu se takto v energii přemění kolem 4 a půl milionů tun vodíku. Za pomoci výše zmiňované Einsteinovy rovnice $E=mc^2$ se jedná o výkon 3,9 x 10²⁶ W, což je 30 bilionkrát (!) více, než veškerá produkce elektřiny ve všech tepelných, vodních a jaderných elektrárnách v roce 2005. V době, kdy Země vznikala, tedy před zhruba 5 miliardami let, byla svítivost tehdejšího mladého Slunce asi o 30% nižší než dnes.



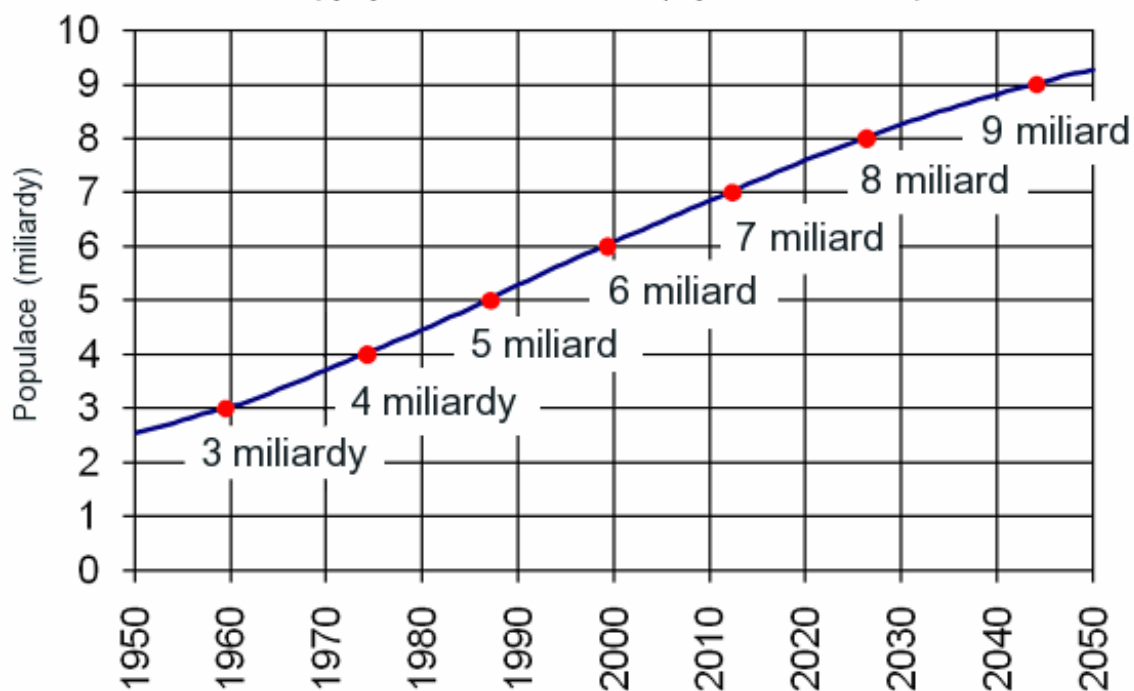
Obrázek 4: Slunce

Od té doby také Slunce spotřebovalo jen 0,03% své hmotnosti, ale více než 50% vodíku v jeho jádru. Slunce je přibližně v polovině svého života, po přeměně všeho dostupného vodíku se bude snažit o jakýsi restart v podobě přeměny helia, začne se ochlazovat a zvětšovat svůj objem. Postupně pohltí Merkur, Venuši a pravděpodobně i Zemi, díky menší (ale stále velmi vysoké) teplotě změní svou barvu a stane se z něj takzvaný rudý obr. Ve chvíli, kdy dojdou i zásoby helia, veškeré jaderné reakce ustanou a Slunce se začne zmenšovat do podoby bílého trpaslíka, bude chladnout až do úplného vyhasnutí.

Přibližně 38% záření, které ze Slunce dopadne na Zemi je viditelné světlo, 9% ultrafialové, UV záření, které nevidíme ani necítíme a 53% infračervené záření, které se projevuje jako teplo. Část tohoto záření pohltí zemská atmosféra, část se od ní nebo od mraků odrazí zpět do vesmíru a tak na povrch dopadne zhruba 2,7x10²⁴ J, což je i přesto více než sedmitisícinásobek celosvětové spotřeby elektřiny, vyrobené v tepelných elektrárnách i za pomoci obnovitelných zdrojů v roce 2005. Jak je vidět, netrpíme nedostatkem energie, jen ji stále neumíme dostatečně efektivně převést na jiné použitelné formy. A mnoho jiné nevyužitá energie se skrývá v dalších reakcích působení slunečního záření: v energii blesků a tornád, v energii mořských vln či geotermální energii.

Světová populace

(vývoj v letech 1950 až 2010 + projekce do roku 2050)



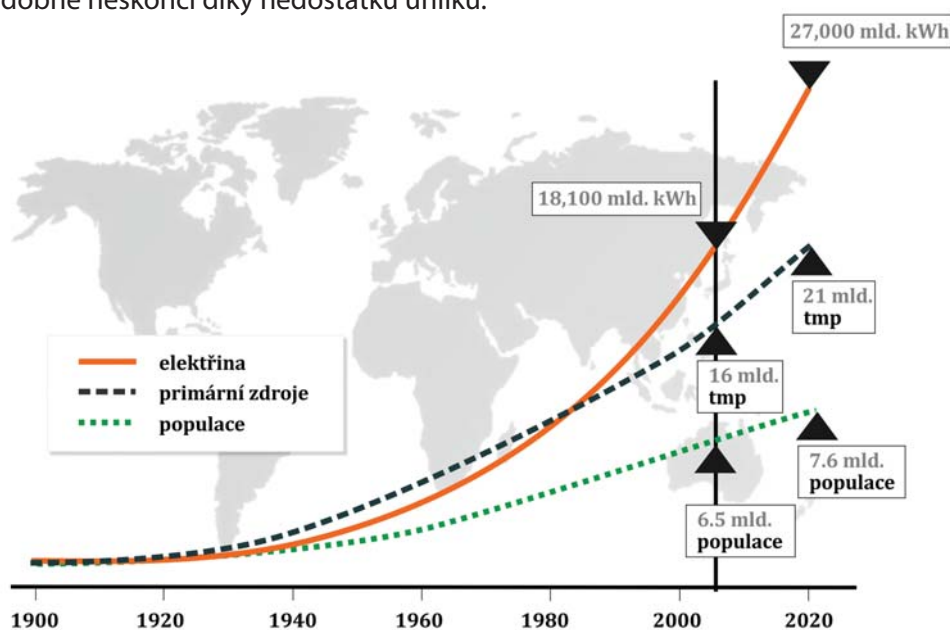
Obrázek 5: Odhad vývoje populace do roku 2050

Zdroj: U.S. Census Bureau

Ačkoli v loňském roce spotřeba energie díky celosvětové ekonomické krizi klesala, dá se v dalším období očekávat její růst. Každým rokem na světě přibývá kolem 80 milionů obyvatel. Pokud víme, že člověk potřebuje přísun minimálně 900 MJ energie ročně, činí nutný přírůstek potřebné energie téměř 72 TJ, to je přibližně totéž, co za jeden rok vyrobí české jaderné elektrárny. A to nemluvíme o další dodatečné spotřebě nových vysokoenergetických zařízení, jakými jsou automobily, ale také domácí spotřebiče či osobní elektronika.

3. Vývoj energetiky, mýty a skutečnosti

V předchozí části jsme poukázali na stále rostoucí spotřebu energie, související s ekonomickým rozvojem a tím také rostoucími energetickými nároky. V globálním měřítku hraje významnou roli také růst lidské populace a je třeba mít na mysli, že se oba tyto vlivy, tj. růst energetických nároků jednotlivců a růst populace, násobí. Výsledkem je historický vývoj globální energetické spotřeby podle Obrázku 6. Strmě rostoucí spotřeba energie a dalších životních nezbytností a skutečnost, že zásoby jsou konečné (i když jejich konečnou kapacitu nejspíše nikdy nebudeme znát) vedou k úvahám o blížícím se vyčerpání zdrojů. Slabinou takových úvah je, že nemohou zahrnout všechny budoucí zdroje, protože je neznají a rovněž tak nemohou ze stejného důvodu kalkulovat životnost zásob. Lze těžko předpovědět, jaké budou příští zdroje energie, protože není snadné v dlouhodobé perspektivě předpovídat budoucí směr vývoje. Dnes tolik chybějící optimistický pohled formuloval před léty J.Simon: „*Největším bohatstvím lidstva je člověk*“. Měl přitom na mysli lidské poznání, vědomosti, znalosti a současně také tvořivé schopnosti. Jinak řečeno, stejně jako doba kamenná neskončila díky nedostatku kamení, ani doba uhlíková pravděpodobně neskončí díky nedostatku uhlíku.



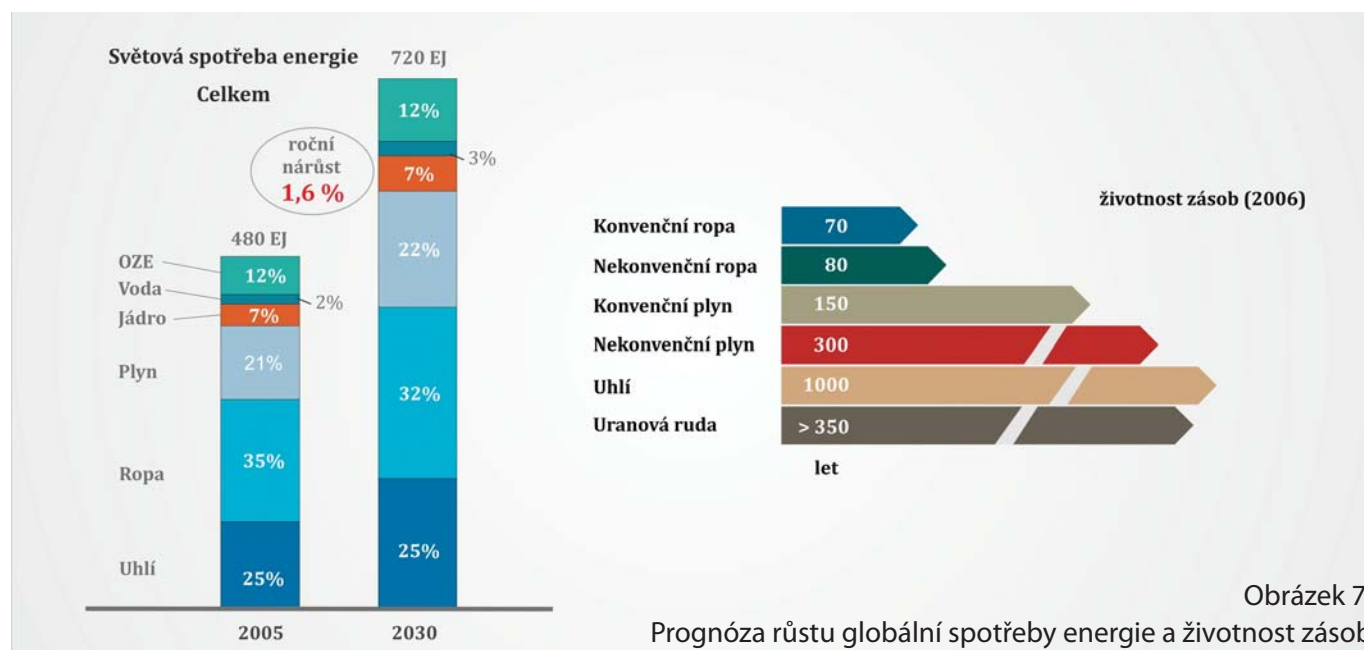
Obrázek 6: Historický vývoj globální spotřeby energie a populace

Globální vývoj však nemůžeme brát na lehkou váhu, protože jsme také součástí světa a jestliže rostoucí energetické nároky přináší růst ceny energie, dotýká se to i nás. Jedinou energetickou surovinou, kterou v pozoruhodném množství v České republice máme, je uhlí a prakticky veškerou spotřebu ropy a zemního plynu musíme zajišťovat dovozem. Otázky kapacity zásob energetických surovin a jejich životnosti jsou diskutovány již řadu desetiletí, téma otevřel již v 18. století apoštol všech skeptiků Thomas Malthus a tak nejsou současné diskuze nic nového pod sluncem. Uvedu alespoň jedno vyjádření, staré „teprve“ něco přes třicet let, které uvádí v knize „Kde začíná budoucnost“ (1980) Jiří Mrázek: „*Podle odhadu odborníků vystačí svět se zásobami ropy již pouze několik desetiletí, s uhlím nejvýše několik málo století. S ropným olejem začínají mít potíže i ty státy, kde by to ještě před nedávnem nikdo neočekával. Přitom hlad po energii neustále roste, energie se stává vzácnější a proto i dražší*“. Jako by to bylo dnes. A dejme si přitom do souvislosti vyjádření „*s uhlím nejvýše několik málo století*“ se skutečností, že uhlí jako hybatel průmyslové revoluce, která přinesla současnou úroveň společnosti, slouží jako zdroj energie teprve zhruba dvě a půl století.

Ze dvou křivek, popisujících růst energetické spotřeby, má zásadní význam křivka růstu spotřeby tzv. primárních zdrojů energie, které zahrnují veškeré zdroje, z nichž pocházejí všechny používané druhy energie (samozřejmě především elektřina a teplo). Absolutně mezi nimi převládají fosilní paliva, tj. uhlí, ropa a zemní plyn, ale zahrnují se mezi ně také všechny další zdroje, včetně obnovitelných a jaderných. (Spotřeba primárních zdrojů je vyjádřena v tunách měrného paliva, aby bylo možné srovnávat jednotlivé často velmi odlišné zdroje. 1 tmp = 29,3 MJ/kg, zhruba jako kvalitní černé uhlí.) Strměji rostoucí křivka spotřeby elektřiny potvrzuje, že je elektřina nejvýhodnější, nejuniverzálnější a taky nejžádanější formou energie.

Fosilní paliva jsou pilířem světové energetiky, významně se zasloužila o rozvoj naší civilizace, na jejich základech se uskutečnila průmyslová revoluce a dodnes na nich stojí světová ekonomika. Ne nadarmo se říká, že je spolehlivá a dostupná energie základním kamenem moderní společnosti. Stále rostoucí spotřeba energie a skutečnost, že zásoby fosilních paliv jsou jednou pro vždy dány, vyvolávají otázku jejich životnosti. Otázka je to nanejvýš závažná a jako taková vyžaduje zodpovědnou a racionální odpověď. Namísto toho dnes slyší veřejnost z médií a od politiků neopodstatněné a často účelové zvěsti o brzkém vyčerpání ropy (podle dřívějších předpovědí už měla být vyčerpána na přelomu tisíciletí), tenčících se zásobách zemního plynu a jen omezených zásobách uhlí. Doba přeje katastrofickým scénářům, suché a nudné zprávy odborníků média nezajímají a většinou ani nejsou politicky použitelné. Jedna z takových suchých a nudných zpráv, zpracovaná v rámci agendy Kjótského protokolu (IPCC, *ClimateChange 2001: Mitigation*, Cambridge University Press, 2001) uvádí, že lidstvo spotřebovalo od počátku průmyslové revoluce zhruba v roce 1860 do roku 1998 jedno procento známých geologických zásob fosilních paliv. Zbývá jich tedy ještě 99%, z toho 15% je okamžitě k dispozici. V červnu 2012 zveřejnilo Belfer Center for Science and International Affairs (Harvard KenedySchool) studii Leonarda Maugeriho s názvem „*Oil: TheNextRevolution*“ a podtitulem „*Bezprecedentní vzestup ropné produkce a co to znamená pro svět*“. Detailní analýza současné situace a rozvojových projektů nejvýznamnějších světových těžebních oblastí vede k závěru, že v roce 2020 lze očekávat nárůst produkce ropy a ropných derivátů o více než 49 milionů barelů denně, což je více než polovina současné světové produkce.

Údaje o spotřebě energie a životnosti zásob představuje Obrázek 7. Prognóza BP ve shodě s jinými prognózami předpokládá roční nárůst světové spotřeby o 1,6% a celkový nárůst mezi léty 2005 a 2030 o 50%, přičemž podstatná část tohoto nárůstu připadne na rozvíjející se země v Asii a Jižní Americe. Jiná prognóza hovoří pro stejné období o 30%-ním nárůstu v Evropě a o 85%-ním ve světě. Nejsou to příliš zásadní rozdíly a s jistotou lze očekávat, že se dosavadní vývoj spotřeby nezmění, nanejvýš může díky současnému úsilí o racionální hospodaření s energií a její úspory dojít ke zmírnění růstu. Na obrázku 7 jsou také uvedeny odhady životnosti zásob fosilních paliv. Kalkulace vycházejí z prognózované spotřeby a z v té době známé kapacity zásob. Je vhodné připomenout, že stále existuje značné množství zcela neznámých, či dosud neprozkoumaných ložisek energetických surovin.



Obrázek 7: Prognóza růstu globální spotřeby energie a životnost zásob

Údaje na obrázku hovoří o konvenčních a nekonvenčních zásobách. Hranici mezi nimi nelze jednoznačně určit a zjednodušeně lze říct, že těžba nekonvenčních zásob vyžaduje změnu těžební technologie a použití nové techniky. Známým a úspěšným příkladem využívání nekonvenčních zásob je současná těžba břidlicového plynu v USA, která po zvládnutí nových technologií umožnila podstatně snížit závislost na dovozu zemního plynu.

Pokud se nestane nic mimořádného, spotřeba energie dále poroste a zásoby fosilních paliv vystačí ještě přinejmenším na mnoho desetiletí. Technický rozvoj bude napomáhat zvyšování účinnosti energetického systému, jak tomu bylo v historii vždy a stejně tak umožní efektivně těžit zásoby, dosud netěžené. Je přirozené, že nejdříve se těží ložiska nejsnáze dostupná a těžitelná a každá další těžba bude náročnější. Tato skutečnost spolu se stále rostoucím zájmem o energii potřebnou k ekonomickému rozvoji zákonitě vede k růstu cen energie. Shrnutí: nedostatek nehrozí, dražota ano. Berme to jako včasné upozornění na možné budoucí potíže, pocházející nikoli z brzkého vyčerpání zdrojů, spíše však z cenového růstu a globální politické nejistoty. Ve vzpomínané studii Leonard Maugeri říká, že reálné problémy, týkající se budoucí produkce, se nachází nad povrchem a ne pod ním a pramení z politických rozhodnutí a geopolitické nestability. Obojí jsme již zažili.

Odkud tedy pramení ty neustále připomínané obavy o energetickou budoucnost? A o jak vzdálené budoucnosti se vlastně hovoří? Na první otázku není vůbec snadné odpovědět. Nejspíš za nimi stojí sílící nespokojenost se současným stavem světa. Lidé chtějí změnu a zdá se, že nejsou příliš ochotní zamýšlet se nad tím, zda bude k lepšímu, či k horšímu. Na druhou otázku je odpověď snazší. Jde o načasování. V nejbližších desetiletích nedostatek fosilních paliv nehrozí. A termín pro zvládnutí jiných než fosilních zdrojů naznačují údaje z Obrázku 7.

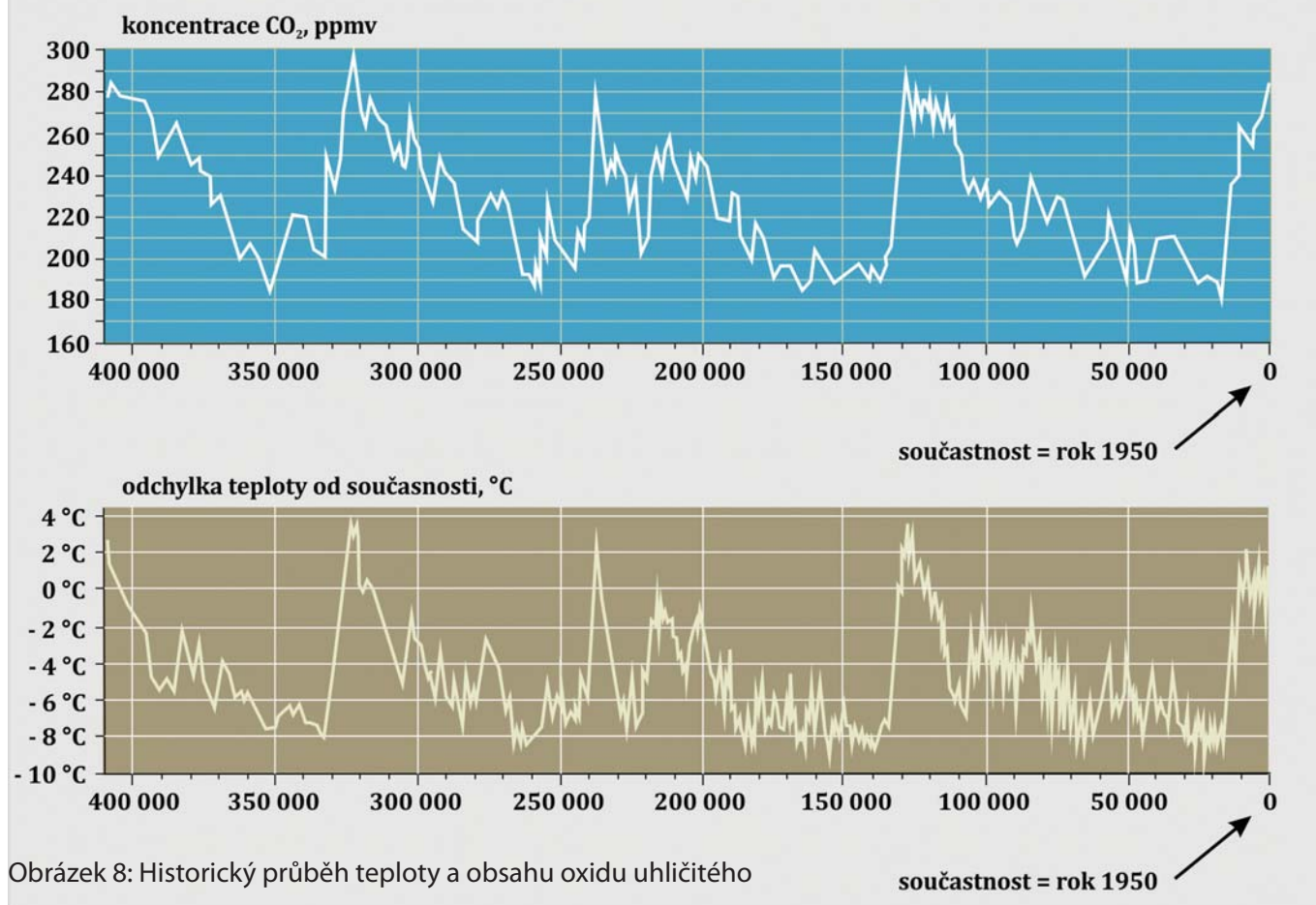
4. Klimatické změny

Spolu s připomenutím konečné kapacity, tzn. vyčerpatelnosti, zásob fosilních paliv a pokračujícího ekonomického rozvoje světa s rostoucí energetickou potřebou (debaty iniciovaly dvě po sobě následující ropné krize v letech 1973 a 1979) se jako nový fenomén, významně ovlivňující energetiku, objevil environmentalismus, hnutí s ušlechtilým cílem chránit životní prostředí. Jenže jaké prostředí to má být? Chce se říct, že nejlepší možné. Zasvěcený názor na tuto problematiku nabízí zkušený a uznávaný geolog a klimatolog Václav Cílek, jehož zásadní pohledy jsou uvedeny v úvodní části. Takové uvážené a lidské názory však od členů environmentalistických hnutí slyšíme jen velice vzácně, protože nejčastěji hlasitě poukazují na to, co je podle nich špatně. A jak dobře víme, je toho hodně, protože člověk již ze své podstaty pozměňuje přírodu tak, aby mohl (pře)žít. Jenže pozměňovat přírodu ještě neznamená poroučet jí. Z historie je známa řada příkladů, kdy se člověk cítil být vládcem přírody, aby poté draze pochopil, že si příroda vládnout nedá. V současné době se odehrává další taková událost: chystáme se řídit zemské klima.

Teplotně životu příznivé klima na povrchu Země s průměrnou teplotou 15°C zajišťuje plynný obal planety, který zadržuje teplo zemského povrchu (zářivému toku energie ze Slunce k zemskému povrchu tolik nebrání) a omezuje tak jeho únik do kosmického prostoru. Systém funguje podobně jako skleník a tento jev je proto znám jako skleníkový efekt. Má zásluhu na zachování života na Zemi, neboť bez něj by byla průměrná teplota zemského povrchu -18°C. Intenzivní rozvoj průmyslu od poloviny 19. století byl budován na rostoucí spotřebě energie, kterou poskytovala (a stále poskytuje) fosilní paliva. Jejich podstatnou energetickou složkou je uhlík a produktem jeho spalování je oxid uhličitý, jehož obsah v atmosféře narůstá a posiluje se tak skleníkový efekt. Logickým důsledkem je pak zvyšování teploty zemského povrchu. Takový jednoduchý princip láká skeptiky a šířitele poplašných zpráv k vytváření katastrofických vizí, které veřejnost přirozeně zaujmou a zaujmou také politiky, neboť jim nabízejí spolehlivé zviditelnění se, včetně vytváření příležitostí pro zbohatnutí.

Jenže ve skutečnosti to tak jednoduché není. Největším, a vlastně jediným, dodavatelem energie planetě Země je Slunce. Množství energie vyzařené Sluncem na Zemi je přinejmenším patnácttisíckrát větší, než je celkový výkon světové energetiky. Lze těžko uvěřit, že tak „nepatrný“ zdroj dokáže ovlivnit tak mohutný energetický systém. Pro představu takového porovnání: je to totéž, jako když do dobře roztopených kamen přiložíte dvě párátka. Tady zjevně něco nehraje.

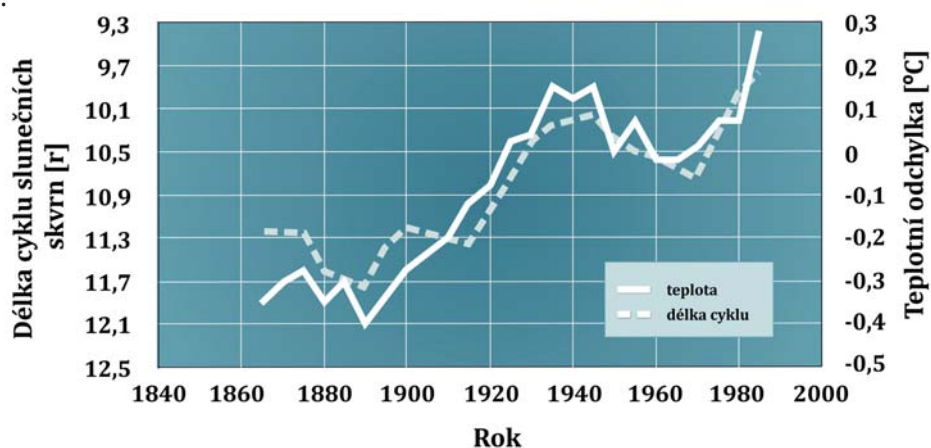
Teplota a koncentrace CO₂ v atmosféře za posledních 400 000 let (data získána z Vostockého vzorku ledu)



Obrázek 8: Historický průběh teploty a obsahu oxidu uhličitého

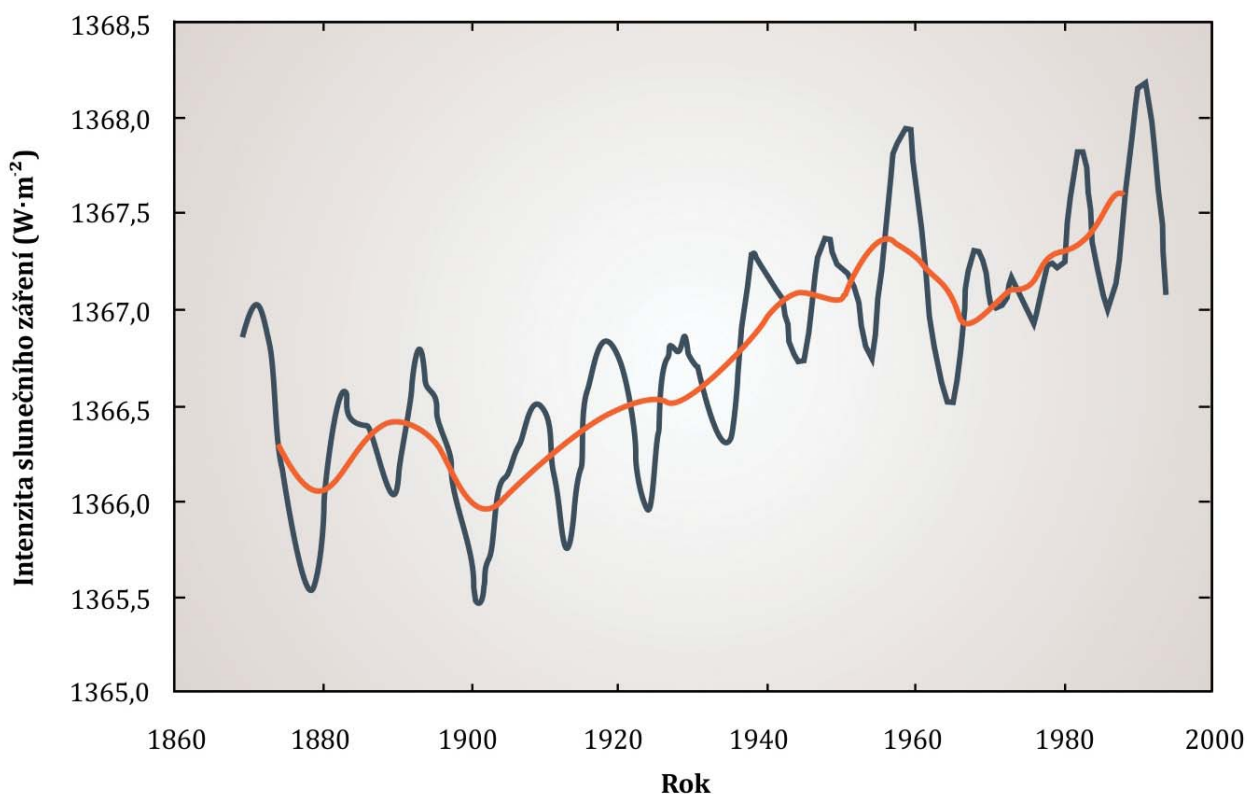
Podle dosavadních zjištění zemské klima kolísalo po celou zmapovanou historii planety. Kolísala teplota zemského povrchu a kolísal taky obsah oxidu uhličitého v ovzduší. Jejich historický průběh ukazuje Obrázek 8.

Detailní rozbory záznamů ukázaly, že teplotní křivka vždy předbíhá křivku oxidu uhličitého, zhruba o 800 let, což naznačuje, že prvotní změnou je změna teplotní. Vedle dlouhodobých cyklů, znázorněných na Obrázku 8 jsou zaznamenány také podstatně krátkodobější cykly, vyjadřované počtem a délkou trvání slunečních skvrn. Právě souvislost délky cyklu slunečních skvrn a teploty zemského povrchu, kterou prokázali v knize „Role slunce ve změnách klimatu“ Hoyt a Schatten a kterou představuje Obrázek 9, nepochybně dokládá vliv slunečního záření na zemské klima.



Obrázek 9: Sluneční aktivita a teplota zemského povrchu

Zvýšení globální teploty za posledních sto padesát let o zhruba 0,6 °C jistě do nějaké míry může souviset a průmyslovým rozvojem od doby vynálezu parního stroje až po současnost a určitě také souvisí s nárůstem populace. Za totéž období však také vzrostla intenzita slunečního záření, tedy energetický příkon planety, podle známých údajů o „zanedbatelných“ 1,5 W.m⁻², jak ukazuje Obrázek 10. Intenzita slunečního záření je v čase proměnlivá a kolísá v různě dlouhých cyklech. V kratších jedenáctiletých cyklech je kolísání menší než 1 promile, v delších mírně větší, ovšem pro helioastronomy, zabývající se výkonem 180 tis. TW, je takové kolísání hodně málo zajímavé. Uvedený nárůst o 1,5 W.m⁻² představuje zvýšení příkonu o 0,11 %, což znamená, že se energetický příkon zvýšil o necelých 200 TW. Je to bezmála patnáctinásobek současné světové produkce energie a je to také srovnání přírodních a lidských sil.



Obrázek 10: Vývoj intenzity slunečního záření

Boj proti globálnímu oteplování a za snížení obsahu oxidu uhličitého v ovzduší se nedá vyhrát, ekonomicky však v něm lze hodně ztratit. Vždyť navzdory mohutnému nalévání dotačních peněz do rozvoje obnovitelných zdrojů energie v Evropě v uplynulých patnácti letech ke snížení produkce skleníkových plynů nedošlo. Přitom náklady na obnovitelné zdroje rostou, roste i cena energie, klesá konkurenceschopnost a přitom se země s největší produkcí skleníkových plynů té hry, řízené Kjótským protokolem, prostě nezúčastňují.

Vraťme se ještě jednou k Václavu Cílkovi, který k těmto otázkám říká: „Klimatické modely ukazují, že kdyby svět fungoval přirozeně, jako kdyby tu lidé nebyli, tak by během dalším pěti tisíc let došlo k částečnému ochlazení. Za dalších patnáct tisíc let bychom se pravděpodobně propadli do doby ledové. Ve Skandinávii by začal růst ledovec, který by se postupně roztékal na všechny strany, až by tak asi za padesát tisíc let (nebo ještě později) pohltil zhruba severní polovinu Německa a Polska. V Čechách bychom měli krátké horké léto a dlouhé suché zimy. Žili bychom si asi jako na úrovni Jakutska a pokud bychom měli dost energie, tak by to nemuselo být úplně katastrofální. Možná by se urodily i některé odrůdy obilí. Vadily by nám prашné bouře a bouřlivé jarní tání, za zemljankou bychom nenarazili na jelena, ale na soba. Podle klimatických modelů není zcela jisté, jak mnoho lidí klima ovlivňuje. Všechny však mají některé shodné rysy – počítají s tím, že přijde doba ledová, ale nemají jasno, zda to může být za deset či šedesát tisíc let. Úvahy se zda pohybují v rámci sci-fi, protože si v měřítku desetiletí či staletí umíme dobře představit velmi dobře nepříjemnou globální změnu klimatu, ale je možná i situace, že v dlouhodobé perspektivě nám naši potomci budou vděční, že jsme odsunuli začátek doby ledové.“

5. Obnovitelné zdroje energie

Po celou známou historii lidstva člověk využíval energii, kterou poskytuje příroda. Vyhříval se na sluníčku, topil dřevem, později vymyslel větrné a vodní mlýny a mnoho dalšího. Všimněme si však, že pozoruhodný rozvoj společnosti nastartovalo teprve zvládnutí technologií, poskytujících podstatně více energie, než dokázaly do té doby využívané zdroje přírodní. Debaty o vyčerpatelnosti zásob fosilních paliv vyvolaly zvýšený zájem o přírodní zdroje, jejichž předností je nevyčerpatelnost a těmto zdrojům se začalo říkat obnovitelné. Zájem o ně je přirozeně značný, neboť nabízí krásnou vizi: budeme získávat energii ze Slunce, z větru, vody, rostlin, prostě všeho, co nám příroda poskytuje a navěky se zbavíme starostí o energetické suroviny a dovozovou závislost. A protože jsou to zdroje přírodní, nebude životní prostředí energetikou tolik trpět. Jenže zkušenost nás učí, že je nakonec realita poněkud jiná.

Seriózní úvahy o zdrojích energie musí vycházet ze znalosti kapacity a dostupnosti zdroje a dostupnosti a efektivity technologie pro jeho využívání. Technologii, zejména její výkonnost a efektivitu, ovlivňuje parametr, o kterém se hovoří jako o energetické hustotě zdroje. Energetickou hustotu nelze jednoduše definovat právě pro rozdílnost zdrojů. Na příklad pro tuhá paliva je snadné hodnotit energetickou hustotu podle jejich výhřevnosti, tedy podle množství energie, obsažené v jednom kilogramu paliva. Černé uhlí o výhřevnosti 29 MJ/kg má větší energetickou hustotu, než hnědé uhlí o výhřevnosti 14 MJ/kg, které je energetickou hustotou srovnatelné se dřevem, případně s komunálním odpadem. Problémy se srovnáváním nastanou u obnovitelných zdrojů. Zde se už nejedná o palivo, ale o živel, který nutíme k vykonávání práce. Dejme tomu v případě vody využíváme její potenciální energii, určenou množstvím protékající vody a výškou, z níž je přiváděna k lopatkám turbíny. Málokdo si uvědomuje, že potenciální energie 30 m³ vody ve výšce 100 m, zhruba 30 MJ, je srovnatelná s množstvím energie chemicky vázané v jednom kilogramu černého uhlí. Snad nejlépe vystihuje problematiku energetické hustoty zdrojů vyjádření množství energie, které připadá na čtvereční metr plochy elektrárny. Tyto údaje, označené jako hustota elektrické výroby, uvádí Tabulka 2. V tabulce uvedený rozsah hodnot bere na vědomí rozdílné technologie a s tím spojenou celkovou účinnost transformace energie.

Zemní plyn	200 - 2 000
Uhlí	100 - 1 000
Fotovoltaika	4 - 9
Vítr	0,5 - 1,5
Biomasa	0,5 - 0,6

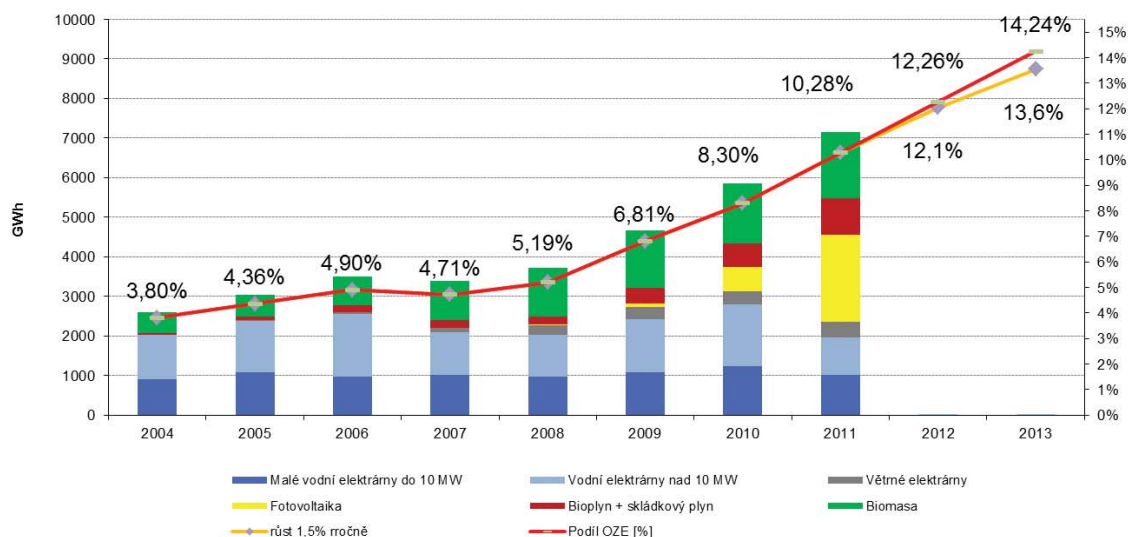
Tabulka 2: Hustota elektrické výroby (W/m²)

Je vidět, že rozdíly jsou značné, že energie, kterou poskytují obnovitelné zdroje je velice „řídka“ a i když celkové množství energie, které nabízejí je obrovské, bude narážet jejich využívání na veliké rozměrové problémy.

Jiným, a asi ještě větším problémem obnovitelné energetiky, je neovlivnitelná nahodilost jejich zdrojů. (S podmíněnou výjimkou biomasy, která jediná umožňuje naprosto přirozeně akumulaci energie, ale její roční přírůstky rovněž ovlivňuje počasí.) Jednoduše řečeno, jedná se o energii živelů a živly působí živelně. Fotovoltaická elektrárna dodává elektřinu pouze tehdy, když svítí Slunce, větrná zase potřebuje, aby foukal vítr atd. Všichni považujeme za přirozené, že máme energii k dispozici kdykoliv ji potřebujeme a současný energetický systém se to naučil zvládat. Čistě obnovitelná energetika něco podobného nabídnout nemůže. Jednoduše řečeno: nefouká vítr, nedá se svítit. Spotřebu energie určuje člověk, zatímco její výrobu v obnovitelné energetice příroda. A protože jsme dosud nepřišli na to, jak ukládat přebytky, tj. akumulovat elektřinu a teplo v míře, potřebné pro energetický systém, není dnes reálné žít pouze s obnovitelnými zdroji. Zatím to ještě neumíme a současný stav je takový, že kolísání výkonu obnovitelných zdrojů vyrovnávají tradiční zdroje na fosilní paliva. Že to vůbec nesvědčí ekonomice jejich provozu je samozřejmé. Zvládnutí akumulace energie, zejména elektřiny, ve velkých

výkonech je naprosto nezbytnou podmínkou pro plné uplatnění obnovitelné energetiky. V současné době je podíl obnovitelných zdrojů na produkci elektřiny v České republice zhruba deset procent, viz Obrázek 11, a již takový podíl přináší problémy při řízení elektrorozvodné sítě, která z prostého fyzikálního principu vyžaduje, aby vždy byla výroba a spotřeba v rovnováze.

Vývoj výroby elektřiny z OZE a její podíl na hrubé domácí spotřebě



Obrázek 11: Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v České republice

Další významné navýšení tohoto podílu již bude ohrožovat stabilitu sítě a tím také spolehlivost dodávky. Ještě jednou: s obnovitelnými zdroji energie jsme se dosud nenaučili žít, ale máme poměrně dostatek času na to, abychom se to naučili. Fosilní zdroje, se kterými žít umíme, přece jen tak brzy nedojdou. Další skutečností, která provozně i ekonomicky znevýhodňuje obnovitelné zdroje, opět souvisí s náhodností jejich výskytu. Jedná se o roční využití instalovaného výkonu. Je to parametr, který vyjadřuje jakou část teoreticky možné celoroční výroby elektřiny je reálně vyrobeno. Jako příklad uveďme elektrárnu s instalovaným výkonem 100 MW, která by teoreticky mohla za rok vyrobit $100 \text{ MW} \times 365 \text{ dní} \times 24 \text{ hodin} = 876000 \text{ MWh}$. Ve skutečnosti elektrárna vyrobí vždy méně, protože není stále provozována při plném výkonu, v průběhu roku je kvůli opravám a údržbě mimo provoz, atd. Kdyby elektrárna za rok vyrobila 438000 MWh, bylo by její roční využití 50%. Ekonomicky je samozřejmě výhodné, když je roční využití co nejvyšší (rychlejší návratnost investice), míru ročního využití však také ovlivňuje nezbytná předimenzovanost zdrojů v systému, zvyšující spolehlivost dodávky. Klasické uhelné elektrárny mívají roční využití kolem padesáti procent, jaderné elektrárny podstatně vyšší, přes osmdesát procent. Roční využití větrných elektráren v našich podmínkách se pohybuje mírně nad dvaceti procenty, v případě fotovoltaických elektráren je to kolem dvanácti procent. S těmito znalostmi se nyní podíváme na časté námitky proti dostavbě jaderné elektrárny v Temelíně. Kritici poukazují na to, že v posledních dvou letech se v České republice nově vybudovalo téměř 2000 MW ve fotovoltaických elektrárnách a ptají se, proč ještě budovat dalších 2000 MW jaderných. Pro jednoduchost počítejme jen s polovinou tohoto výkonu, tedy 1000 MW. Při ročním využití jaderné elektrárny 85% bude průměrný roční výkon 850 MW, zatímco s ročním využitím 12% fotovoltaické elektrárny to bude 120 MW. Je to sedmkrát méně. Náhrada jaderné elektrárny fotovoltaickou tedy vyžaduje, aby byl instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny zhruba sedmkrát větší. To ovšem uvažujeme o průměrném ročním výkonu. Skutečný okamžitý výkon však bude u fotovoltaické elektrárny kolísat od nuly (v noci) až po jmenovitých 1000 MW (plné slunce, nebe bez mráčku) ne podle spotřeby, ale podle počasí. Počítejme dál. V našich podmínkách je podle zkušeností pro vybudování jednoho megawattfotovoltaiky zapotřebí 1,7 hektarů pozemků. Náhrada tisíce instalovaných jaderných megawatt vyžaduje instalaci sedmi tisíc fotovoltaických megawatt, pro které je potřebná rozloha 12 tisíc hektarů. Pro zamýšlenou dostavbu Temelína o další dva bloky 1000 MW to bude dvojnásobek. Zase ta energetická hustota!

Většinu problémů obnovitelných zdrojů energie by vyřešilo zvládnutí spolehlivé a dostatečně kapacitní akumulace elektřiny. K tomu však máme ještě hodně daleko, pokud vůbec a pravděpodobně i dál, než ke zvládnutí jaderné fúze. Největší kapacitu nabízí přečerpávací vodní elektrárny s výkony ve stovkách megawat po dobu několika hodin, s rychlým uvedením do provozu a jednoduchou regulací výkonu. Je to způsob akumulace, který se nejvíce blíží potřebám energetického systému. V České republice jsou provozovány dvě velké přečerpávací elektrárny. Starší z nich je PVE Malešice (1978) s celkovým instalovaným výkonem (4 turbíny) 450 MW, novější a modernější je PVE Dlouhé stráně (1994) s celkovým výkonem 650 MW na dvou turbínách. Jsou vytipovány další lokality vhodné pro výstavbu přečerpávacích elektráren, není však snadné ji prosadit proti odporu veřejnosti. Jde vždy o rozsáhlý a taky investičně velmi náročný zásah do krajiny.

Jiným zdánlivě snadným a často vzpomínaným způsobem akumulace elektřiny, napomáhajícím udržování rovnováhy mezi produkcí a spotřebou, je elektromobilita. Na první pohled je představa, že budou automobily se spalovacím motorem nahrazeny tichými a čistými elektromobily, velice slibná a lákavá. Jejich rozšíření sníží potřebný dovoz ropy a dobíjení baterií pomůže akumulovat přebytky elektřiny v síti. Odhaduje se, že úplný přechod na elektrická vozidla by v Evropě vyžádal zvýšení spotřeby elektřiny o 15% (jde nejspíše o velice optimistický odhad), ale zbavit se dovozové závislosti by určitě za to stálo. Jenže rychlá totální obnova vozového parku, náhrada jednoho technického principu jiným, je naprosto mimo reálné představy. Automobilový průmysl a silniční doprava jsou ekonomičtí giganti s obrovskou výrobní kapacitou, infrastrukturou, počtem zaměstnanců a fungujícím systémem služeb a takový systém má velikou setrvačnost. I při dobré vůli, což vůbec není jisté, by se doba potřebná k provedení takové změny počítala na generace. V současné době nelze reálně uvažovat o významné náhradě automobilů se spalovacím motorem elektromobily zejména z toho důvodu, že dnešní technika s tím spojená není ještě dostatečně dospělá. Omezený dojezd, časem dost významně klesající kapacita baterií, dlouhá doba nabíjení a vysoká cena nenabízejí vážnou konkurenci automobilům a elektromobily dnes slouží k předvádění se typu „podívejte se, co mám a jak mi leží na srdci životní prostředí“. Úvahy o pozitivním vlivu používání elektromobilů na stabilitu sítě jsou rovněž pochybné již z toho důvodu, že náhodnost produkce elektřiny z obnovitelných zdrojů by byla umocněna náhodností potřeb elektromobilistů.

6. Ekonomika obnovitelných zdrojů

Zvláštní pozornost je třeba věnovat ekonomice obnovitelných zdrojů. Mohutný rozvoj obnovitelné energetiky v Evropě vyvolal chaos na trhu s energií, nejrůznější dotační systémy zcela narušily tržní prostředí a trh není řízen konkurencí, ale politicky motivovanými směrnicemi. Takový systém jsme v roce 1989 s úlevou opustili a už ho tady máme zase. Ceny energie trvale rostou a není to ani tak moc způsobeno nedostatkem energetických surovin a rostoucím světovým hladem po energii, ale podstatnou měrou se o to zasluhuje až příliš rasantní úsilí o posílení role obnovitelných zdrojů. Objektivně vzato motivuje růst ceny energie k úsporám, ke snižování spotřeby. Současně však taky snižuje konkurenceschopnost českých výrobců na zahraničních trzích a to přináší celou řadu sociálně-ekonomických problémů.

Závazek ČR ke zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 13% celkové výroby znamená, že obnovitelné zdroje musíme podporovat. Za takové situace má stát předem určenou roli plátce podpor (situace „dojná kráva“) a důsledkem je souboj lobbyistických skupin o podíl na těchto podporách včetně mediálních kampaní a zveřejňování účelových studií. Přitom je naprosto zřejmé, že racionálním řešením jsou spíše dlouhodobě návratné investice (situace „uvážlivý hospodář“). Zvolené řešení státních dotací bude stále více konfrontováno s koncepcí snižování celkového zadlužení země, postupně vedoucí k omezování dotací a podpor. Pak bude nutné rozhodnout, čemu dát přednost. Zda obnovitelným zdrojům, nebo úsporám energie, či zvyšování účinnosti a není obtížné si představit, že v kritické situaci dostane před těmito méně významnými záležitostmi energetiky přednost důchodová problematika.

Podívejme se nyní, co k tomu říká Markéta Šichtařová (Next Finance) v článku, nazvaném „Vliv podpory obnovitelných zdrojů na českou ekonomiku“. (Energetika 11/2012) Výchozí skutečností je, že se Česká republika nad rámec povinností vůči EU zavázala zajistit do konce roku 2020 13,5% elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Energetický regulační úřad však předpokládá, že tohoto cíle bude dosaženo již v roce 2013 (viz Obrázek 11) a má v úmyslu od roku 2014 finanční podporu novým zdrojům zastavit. Důvodem k tomuto racionálnímu kroku jsou zkušenosti a poznatky z českého fotovoltaického boomeru v minulých letech, kdy mezi lety 2009 a 2010 byl zaznamenán téměř stoprocentní nárůst instalovaného výkonu. Fotovoltaika se stala díky neuvážené legislativě zlatým dolem, fungujícím na principu, že se všichni skládáme na byznys jednotlivců. O tom jak je podpora solární energie v ČR štědrá svědčí mj. to, že v roce 2010 zde vzniklo téměř dvakrát tolik fotovoltaických elektráren než v USA, kde jsou přitom k jejich provozu daleko lepší podmínky, nebo fakt, že celkový instalovaný výkon v ČR je dvojnásobný ve srovnání s Francií s mnohem lepšími klimatickými podmínkami. Česká fotovoltaika dnes představuje 5% globální výroby elektřiny ze slunce. Dramatický nárůst výroby sluneční elektřiny po roce 2005, a připomeňme si, že jde o výrobu, kterou řídí živly a ne člověk, při státem garantovaných až nehorázně vysokých výkupních cenách brzy vyvolal problém jak to vše zaplatit. K tomu říká M. Šichtařová: „*Na první pohled se může zdát, že v pozadí výplaty podpory stojí stát, respektive státní rozpočet. Není to ale tak úplně pravda. Stát stojí v pozadí jen menší měrou a jeho podpora je dlouhodobě velmi nejistá. Většinu částky na podporu zelené elektřiny platí všichni odběratelé elektřiny v její ceně. Část OZE platíme tedy z daní (tj. peníze protečou přes státní rozpočet) a část nepřímo. Nakonec ale stejně vše platí veřejnost – i když to tak na první pohled nevypadá.*“ A dále pokračuje: „*Vláda každý rok zváží, jak moc je schopna OZE podporovat a podle toho rozhodne, jak velkou částku ušetří spotřebitelům energie. O kolik bude totiž podpora menší, o tolik více spotřebitelé zaplatí. Vláda přitom nic negarantuje, takže pokud jí dojdou peníze, nebo dojde k názoru, že je chce použít na jiné účely, zaplatí spotřebitelé vše! A vzhledem k tomu, že má stát do kapsy stále hlouběji a hlouběji, je pravděpodobné, že brzo budeme platit všechno jen my spotřebitelé. OZE se nám tedy prodají.*“ A ještě dále: „*Cena příspěvku v čase neustále roste. V roce 2010 činila 166 Kč/MWh, v roce 2011 to bylo 370 Kč/MWh a v roce 2012 to je už 419 Kč/MWh (a bez dotace by činila 670 Kč/MWh). Pro rok 2013 bylo stanoveno 583 Kč/MWh. Může za to fotovoltaika. Fotovoltaika z celkové výroby elektřiny z obnovitelných (podporovaných) zdrojů zaujímá totiž asi jen třetinu, z celkové podpory určené na alternativní zdroje ale ukousne 68%.*“

Agentura zabývající se průzkumem trhu FactumInvenio si v červnu 2012 položila otázku, co si myslí podniky o obnovitelných zdrojích energie. Z průzkumu vyplynulo, že více než polovina zástupců malých a středních podniků je přesvědčeno o tom, že ČR v podpoře obnovitelných zdrojů energie zaostává. To je ovšem mýtus. Jak ukazuje studie, ČR vydává ohromné prostředky na podporu OZE a zároveň s tím jsou u nás OZE na světové poměry velmi rozšířeny. Česká energie ze slunce hraje ve statistikách roli i z globálního pohledu.

Průzkum tedy ukázal, že podniky ví velmi málo o tom, jaká je podpora obnovitelných zdrojů. To odpovídá předešlému průzkumu stejné společnosti, který ukázal, že domácnosti také nic netuší o tom, jak stát podporuje OZE. Domácnosti OZE přitom podporují. Jen tři z deseti domácností tvrdí, že jim nezáleží na zdroji energie, ale pouze na její ceně. U firem se zdá být cena podstatnější. Průzkum ukázal, že firmy očekávají do budoucna větší využití zelené energie, ovšem nechtějí si za ni moc připlatit. Oproti „běžné“ energii jsou ochotni za „zelenou“ energii platit jen o 7 % více.

Ukazuje se tedy, že ptát se, zda lidé chtějí „zelenou“ energii, je asi takové jako ptát se, jestli chtějí jezdit v BMW řady sedm. Skoro všichni řeknou, že chtějí. Ale jen do chvíle, než se jim oznámí cena. Jinými slovy „zelená“ energie je oblíbená, ale jen do chvíle, než se zákazník dozví, kolik opravu stojí. Když se ještě dozví výši dotací, je zaskočen. O skutečných nákladech na podporu OZE ví víceméně přesně jen 3 % domácností. Právě kvůli této iluzi jsou politici ochotni v předvolebním boji slíbit další podporu a vyšroubovat celkové náklady na podporu OZE na nové rekordy. Přitom 77 % domácností je ochotno platit maximálně 100 Kč ročně na podporu OZE. Ve skutečnosti ale platí přes 1000 Kč. Jen jedno procento domácností chce podporovat „zelenou energii“ ve výši, ve které ji skutečně podporují.

Příklad české fotovoltaiky ukazuje, jak zodpovědně a citlivě je třeba vážit jakékoliv rozhodnutí ve věci energetiky a dotace jejich zdrojů. Ze vzniklé situace není jednoduchá a rychlá cesta ven a je docela zřejmé, že tím martyriem musíme k potěšení těch jedinců, na které se všichni skládáme, projít. A poučit se z toho. Zvláště když nadšení z „čisté“ energie stále trvá (ve skutečnosti jde hlavně o nadšení z dotovaných a dlouhodobě garantovaných cen) a na obzoru se rýsuje další podobný boom, tentokrát bioplynový.

7. Závěrem

Člověk k životu energii nezbytně potřebuje a získává ji z dostupných přírodních zdrojů. Technický rozvoj, rozvoj civilizace a způsob života spotřebu energie neustále zvyšují a jednou se bude muset lidstvo poohlédnout po jiných zdrojích. Jaké zdroje to budou, je nesnadné odhadovat, je ale možné vsadit na rozvoj lidského poznání a jeho historický vývoj. Současný energetický systém vystačí s dnešními zdroji ještě dostatečně dlouho na to, aby připravil a umožnil nástup nových technologií a nových zdrojů a abychom se naučili žít se zdroji, kterým dnes říkáme obnovitelné. Současný energetický poprask je erupcí katastrofických vizí, což není v historii nic nového a jeho přínos lze vidět v tom, že upoutal pozornost na energetiku a na potřebu pokračovat ve zkoumání světa. Největším nebezpečím jsou chybná politická rozhodnutí a geopolitická nestabilita, hlavními hesly by měly být „Racionální hospodaření s energií“ a „Země k životu“.

Prameny:

- [1] Cílek V.: Krajiny vnitřní a vnější, Dokořán, Praha, 2010
- [2] Drenckhahn W., Pyc I., Riedle K.: GlobalEnergyDemand and itsConstraints. VGB PowerTech, 1-2/2009
- [3] Graber U.: Der weltweiteEnergiebedarf. VGB PowerTech, 1-2/2009
- [4] Hoyt D.V., Schatten K.H.: The Role of the Sun in Climat Change. Oxford University Press, 1997
- [5] IPCC, Climat Change 2001: Mitigation. Cambridge University Press, 2001
- [6] Kleczek J.: Život se Sluncem a vevesmíru. Paseka, Praha, 2011
- [7] Maugeri L.: Oil: The Next Revolution. Harvard Kenedy School, Cambridge MA, 2010
- [8] MPO: Obnovitelné zdroje energie v roce 2011. Praha, 2012
- [9] Simon J.L.: Největší bohatství. CDK Brno, 2006
- [10] Smil V.: Energy Myths and Realities. American Enterprise Institut, Washington D.C., 2010
- [11] Smil V.: Energy – A Beginner’s Guide. Oneworld Publication, Oxford, 2006
- [12] US Census Bureau, <http://www.census.gov>
- [13] Zimmer H. J.: NuclearEnergy and RenewableEnergies – Two Technologies forthe CO2 – free GenerationofElectricity. VGB PowerTech, 12/2008

A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for taking notes.

A series of horizontal dotted lines for taking notes.

A series of horizontal dotted lines for taking notes.

MSEK

MORAVSKOSLEZSKÝ **ENERGETICKÝ** KLASTR

Název projektu:

Energetická gramotnost
- propagace a zkvalitnění nabídky
vzdělávání jednotlivců v oblasti
energetiky

Registrační číslo projektu:

CZ.1.07/3.1.00/37.0276

Realizátor projektu:

Moravskoslezský energetický
klastr, občanské sdružení

Moravskoslezský
energetický klastr, o.s.

Studentská 6202

708 33 Ostrava - Poruba

IČ.: 26580845

Tel.: +420 558 272 430

www.msek.cz

www.energetickagramotnost.cz

ISBN 978-80-905392-1-1



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁNÍ