

Ekologie-Ekonomie-Entropie

Ekonomie a entropie jsou pojmy, které se hojně vyskytují v ekologických textech. Ekonomie proto, že ochránci přírody jsou zklamáni pravidly, kterými se řídí hospodářská činnost lidstva, a chtějí je změnit pod hesly o ochraně přírody. Entropie, kterou si ekologové vypůjčili z exaktní přírodní vědy, je skloňována na znamení vědeckých přístupů, na něž ekologové přisahají.

V publikaci [1], kterou vydala česká elektarárenská společnost ČEZ se v oddíle *Ekonomické zhodnocení využití energetických zdrojů* od Miroslava Šafaříka píše těchto devět vět:

1. Zatímco kritický růst entropie v uzavřeném systému (Země) je přímým důsledkem lidské činnosti, jeho podcenění je příčinou dalšího růstu entropie. 2. V podstatě se tak jedná o kladnou zpětnou vazbu. 3. Jestliže na jedné straně vzrůstá zájem o zlepšování životního prostředí (úměrně jeho předchozí devastaci), otázky spojené se stabilitou globálního ekosystému jsou diskutovány velmi rozpačitě, výjimkou snad může být »problém ozónové díry«, kdy byl v relativně krátké době shromážděn dostatek důkazů pro odhalení »viníka«, reálný a velmi zákeřný problém však zůstal desítky let. 4. Růst entropie je (podle druhého termodynamického zákona) přirozeným doprovodným jevem všech termodynamických procesů a prakticky znamená neustálé vytváření termodynamické rovnováhy a zároveň postupnou degradaci energie a hmoty. 5. Jakýkoli způsob výroby energie na Zemi způsobuje větší či menší nárůst entropie oproti stavu, kdybychom energii nevyráběli vůbec. 6. Tento fakt je nutno považovat za základ celého problému. 7. Řídnutí ozónové vrstvy, zvýšený skleníkový efekt, půdní eroze, úbytek zásob pitné vody - tyto a další jevy je možné považovat pouze za konkrétní projevy nárůstu entropie v globálním měřítku. 8. Pokud bychom využívali pouze sluneční energii (v jejích mnoha podobách), pak bychom se většinou (nejen) environmentálních problémů zcela jistě vyhnuli - ovšem s ohledem na setrvačnost již nastartovaných nepříznivých jevů. 9. Vysvětlení je poměrně jednoduché; entropie spojená s výrobou sluneční energie narůstá na Slunci a tak tomu bude nejspíše ještě 4 až 7 miliard let.

Citovaný text neobsahuje jedinou větu, která by platila bez výhrad. Ve větě (4) chybí přívlastek *nevratný* před pojmem *termodynamické procesy*, bez kterého věta neplatí. Věta (6) se odkazuje na dílčí a ze souvislostí vytržený fakt, který sám není základem žádného problému. Věty (1), (2) a (9) jsou mylné. Věty (5), (8) jsou buď nepodložené, zmatečné nebo vyjadřují hloupost. Věty (3), (7) reprezentují osobní názor nebo »ekologickou víru«. Ob-

sažnost a srozumitelnost textu by stouply, kdyby autor místo cizího slova entropie použil slov plýtvání nebo nepořádek a zbytek textu těmito pojmy podřídil.

Tento článek a uvedená citace nemá za cíl znevažovat autora. Má ale ukázat na zoufalou slabinu ekologických textů, a to manipulaci veřejnosti pomocí zavádějící ekvilibristiky s vědeckými pojmy z oboru fyziky, které jsou pro většinu čtenářů bez odpovídající odborné přípravy abstraktní a nepochopitelné. Těžko odhadnout, jak je to v případě citovaného textu, ale u většiny ekologických textů lze těžko předpokládat, že jde o manipulaci z pouhé naivity a beztvářého nadšení, zvláště jsou-li autoři obtěžkáni akademickými tituly.

Entropie

Entropie je stavová termodynamická funkce, která se v uzavřeném systému (který si s okolím nemůže vyměňovat ani hmotu ani energii), zvětšuje a dosahuje maxima po ustavení termodynamické rovnováhy. Než ukážeme na hrubé chyby v citovaných tvrzeních, přiblížíme tento pojem na příkladech.

Příklad 1. Máme-li rovnovážnou soustavu o termodynamické teplotě T , která pohltí malé množství tepla δQ , změní se entropie o hodnotu δS , pro kterou platí:

$$\delta S = \frac{\delta Q}{T} \quad (1)$$

Příkladem může být ledová tříšť ve vodě udržovaná v termoláhvi při teplotě 0°C ($273,15\text{ K}$). Jestliže dodáme do soustavy teplo $\delta Q = 1\text{ kJ}$ - dejme tomu pomocí ponorného vařiče - a jestliže je specifické skupenské teplo tání ledu $332,4\text{ kJ/kg}$, přemění se $1/332,4\text{ kg} = 0,003\text{ kg}$ ledu na vodu, samozřejmě za předpokladu, že obsah ledu v tříšti byl větší. Protože se přitom teplota vody nezmění, můžeme snadno podle (1) spočítat, že entropie soustavy se zvýší o $\delta S = 1000/273,15 = 3,661\text{ J/K}$. Jestliže naopak teplo odebereme, entropie klesne.

Příklad 2. Důležitou vlastností entropie je, že **při nevratných procesech v izolovaných soustavách, které si s okolím nemohou vyměňovat hmotu ani energii, vždy**

roste. Mějme kovový předmět o hmotnosti $m_k = 500\text{ g}$, specifické tepelné kapacitě $c_k = 896\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ a teplotě $t_k = 90^\circ\text{C}$ ($283,15\text{ K}$) a ponořme jej do vody o specifické tepelné kapacitě $c_v = 4180\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, teplotě $t_v = 10^\circ\text{C}$ a hmotnosti $m_v = 1\text{ kg}$. V okamžiku ponoření kovu do vody je entropie nerovnovážné soustavy tvořené kovem a vodou součtem entropií obou látek. Po ustavení termodynamické rovnováhy se teplota celé soustavy ustálí na $17,74^\circ\text{C}$, entropie vody, která se ohřála, vzroste o $112,79\text{ J/K}$ a entropie kovu, který zchladl, klesne (!) o $99,39\text{ J/K}$. Celková entropie soustavy po ustavení rovnováhy tedy stoupne o rozdíl $112,79 - 99,39 = 13,4\text{ J/K}$. Výpočet je v dodatku.

Entropie v rukou ekologů

Vraťme se k citovaným větám a rozeberme některé podrobněji.

Věta č. 1. Tvrzení, že Země je uzavřený systém, je mylné. Autorovi uniklo, že v místech oběžné dráhy kolem Slunce je Země otevřena slunečnímu záření o měrném výkonu $1,327\text{ kW/m}^2$ (tzv. solární konstanta) a zároveň je otevřena mrazivému mezihvězdnému prostoru, jehož dnešní teplota je 3 K a do něhož uniká ze Země tepelné záření. Všechny závěry, které autor vyvozuje z uzavřenosti systému, jsou mylné.

Autor píše o kritickém růstu entropie na Zemi, jako by šlo o věc nad slunce jasnou. Nic takového ale nikdo nezjistil, žádný alarmující číselný údaj nebyl zveřejněn. Těžba surovin, rozbujelá výrobní činnost, hromadění nepořádku, kácení lesů, vybití živočichů, pálení fosilů a jiných paliv jsou nejvyšší smutnou lidskou vizitkou, ale v otevřeném systému, který může prostřednictvím tepelného vyzařování »uklízet«
nahromaděnou entropii do vesmíru, nejsou nutnou ani postačující podmínkou pro patrný růst entropie Země.

Věta č. 2. Pojem »kladná zpětná vazba«
došel v ekologických textech nevšední obliby. Aplikován na entropii říká, že *podcenění kritického růstu entropie je příčinou dalšího růstu entropie*, viz věta č. 1. Hezky to zní, ale nedává to smysl. Hodnota entropie je důsledek termodynamických dějů, ne jejich příčinou. Jakkoli je entropie vysoká, nemůže sama o sobě odstartovat žádný proces, který by entropii dále zvyšoval.

Věta č. 5. Doufejme, že tato věta nenabádá lidstvo nevyrábět energii, popř. nedělat vůbec nic, což je totéž. Nezasvěcený člověk, vyděšený kritickým (viz. věta 1.) a nezadržitelným (viz věta 4.) růstem entropie, si to tak

ale může vykládat. Věta je zavádějící v tom, že si všimá jen zcela okrajového zdroje růstu entropie a zapomíná na zdroj hlavní a rozhodující, a dále že zamlčuje, že se Země, coby otevřený systém, entropie také zbavuje.

Největším zdrojem růstu entropie Země není člověk, ale teplo sálající ze Slunce, jehož povrchová teplota je 5710 °C. Každou sekundu dopadne do prostoru planety Země více než $1,7 \cdot 10^{17}$ J zářivé energie (solární konstanta $\times$ průřez zeměkoule v m^2). Nemá část se odrazí zpět do vesmíru, ale větší vstoupí hluboko do atmosféry a dopadne na zemský povrch. Už jen tím, že Země záření pohlcuje, rychle stoupá její entropie, viz vztah (1). Malá část dopadajícího záření se zužitkuje na práci (např. vítr, bouře atd.) a »výrobu« energeticky bohaté a vysoce uspořádané hmoty (rostlin, živočichů); účinnost těchto procesů lze odhadnout účinností tepelného stroje. Země by se rychle proměnila ve vyprahlou horkou poušť, kdyby Země hromadící se teplo (a tím i entropii) také nevyzařovala do chladného vesmíru.

Člověk vyrábí z pozemských zdrojů přibližně desetitisícinu energie, která za stejnou dobu dopadne na Zemi jako sluneční záření. Může tedy jen zanedbatelně změnit entropii Země, i kdyby při výrobě energie vznikaly jen produkty s vysokou entropií a i kdyby veškerá vyrobená energie sloužila jen pro ohřev planety. Vyrobené teplo by bylo vyzařeno do vesmíru a vodní pára a plynné oxidy, které vznikají spalováním, by příroda zpracovala v látkovém koloběhu.

Věta č. 7. Jak bylo už řečeno, uvedené jevy jsou spíše jen nepořádkem, ale na růst entropie Země nemají znatelný vliv.

Věta zmiňuje skleníkový efekt, eso ekologů. Je založen na myšlence, že sluneční záření o teplotě 5710 °C s převažující krátkovlnnou složkou proniká snadno k zemskému povrchu a ohřívá jej. A že ohřátý zemský povrch sálá dlouhovlnné záření o střední teplotě asi 15 °C, které atmosféra se skleníkovými plyny špatně propouští do vesmíru, tedy že je buď pohlcuje nebo odráží zpět k povrchu. Teplo se má tedy hromadit v atmosféře a zvyšovat teplotu zemského povrchu a vzduchu. Důsledkem má být globální oteplení.

Odbočka: Skleníkový efekt

Na první pohled to zní logicky, ale pokusy o důsledný důkaz vlivu zvýšeného obsahu skleníkových plynů na povrchovou teplotu Země vždy ztroskotají, viz [2], [3], [4], [5], [6].

Zejména lze snadno vyvrátit myšlenku, že se zemský povrch ohřívá zářením, které sám vyzařuje a které se odráží od skleníkových plynů v atmosféře zpět k povrchu. Je to v rozporu s druhým zákonem termodynamiky který ekologové často citují a který říká, že nelze ohřát žádné těleso samovolným přestupem tepla z tělesa o stejné nebo menší teplotě. Speciálně se těleso nemůže ohřát teplem, které samo vyzařuje, které s k němu vrací po odrazu.

To ještě nevyvrací možnost existence skleníkového jevu, neboť sluneční záření, i když jeho střední specifický výkon je na Zemi 155 000 krát menší než na Slunci, má potenciál ohřívát věci teoreticky až na teplotu Slunce (5712 K).

Předpokládá to ale, že Země poté, co v její atmosféře vzroste obsah skleníkových plynů, hůře sálá vlastní dlouhovlnné tepelné záření do vesmíru, neboť záření zůstane díky pohlcování a odrazům v atmosféře zčásti uvězněno. A že se tudíž musí povrch Země (a potom i atmosféra) ohřát, aby vyzařoval s vyšší intenzitou a sníženou propustností skleníkové bariéry překonal. Tak to tvrdí ekologové. Ukážeme, že je to nesmysl a to velmi záludný, neboť na první pohled vypadá důvěryhodně.

Jestliže je průměrný specifický výkon slunečního záření, které dopadá na zemský povrch, 350 Wm^{-2} (do průměru jsou zahrnuty rovníkové i polární oblasti, dny i noci v průběhu celého roku), musí stejný průměrný výkon vyzařovat v podobě dlouhovlnného tepelného záření i povrch Země. Specifický výkon tohoto záření lze určit podle Stefanova Boltzmannova zákona

$$w = c \cdot \sigma \cdot T^4, \quad (2)$$

kde w je specifický vyzařovaný výkon, T je termodynamická teplota, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ je Stefanova Boltzmannova konstanta a c je pohltivost, která nabývá hodnot od 0 do 1 pro různé typy povrchů. Pro dokonale černý povrch, který pohlcuje veškeré dopadající záření, platí $c = 1$. Dále platí tzv. Kirchhoffův zákon, který říká, že pohltivost c je rovna poměrné sálavosti: jestliže je těleso šedé a pohlcuje jen 90 % dopadajícího záření ($c = 0,9$), pak při stejné teplotě vyzařuje jen 90 % záření (poměrná sálavost = 0,9), které by vyzařovalo dokonale černé těleso.

Předpokládáme, že průměrná poměrná sálavost planety je $c = 0,9$. Země pak sálá do vesmíru stejný zářivý výkon 350 Wm^{-2} , jaký na ní dopadá, ale podle (2) záření odpovídá zemské povrchové teplotě 14,6 °C. Ekologové tvrdí, že skleníkový plyn sníží hodnotu sálavosti c (dejme tomu na hodnotu 0,85) a pozemská teplota se tak podle (2) zvýší (na 18,8 °C).

Dostali jsme se k jádru věci. Skleníkový plyn je takový, který intenzivně pohlcuje infračervené dlouhovlnné záření. Ekologové vždy bijí na poplach, když objeví kromě CO_2 nějaký další plyn, který toto záření pohlcuje (např. metan). Jenže když se přidáním skleníkového plynu zvýší pohltivost atmosféry, zvýší se podle Kirchhoffova zákona také její poměrná sálavost c (!), pokud je menší než 1. Důsledek je přesně opačný, než ekologové předpokládají, skleníkový plyn, který pohlcuje záření sálající z povrchu Země, může podmínky pro únik tepelného záření do kosmu jen zlepšit, ale nikdy zhoršit.

Mimochodem, klasický odraz tepelného záření od skleníkového plynu známý z geometrické optiky neexistuje; interakce probíhá

há tak, že skleníkový plyn záření nejdříve absorbuje a po chvíli zase vyzařuje a to do všech stran včetně vzhůru do vesmíru. Záření, které se po tomto procesu vrací zpět k povrchu má ovšem nižší teplotu, která odpovídá teplotě vzduchu ve výšce, ve které se skleníkový plyn nachází. Logický závěr je, že teplejší zemský povrch ohřívá chladné vrstvy atmosféry a ne naopak. Čím více skleníkových plynů bude atmosféra obsahovat, tím více tepelného sálání od povrchu bude pohlcovat a podle Kirchhoffova zákona také vyzařovat. Tím intenzivnější bude i vyzařování i do vesmíru, odkud se žádné záření nevrací. Větší množství skleníkových plynů v atmosféře může urychlit únik tepla z povrchu Země do vesmíru, ale nemůže ho brzdit.

Jinými slovy, více skleníkových plynů v ovzduší zvýší tepelnou vodivost atmosféry. Skleníkové plyny tím, že sdílejí teplo se zemským povrchem, také zpomalují změny povrchové teploty při změně intenzity dopadajícího slunečního záření (při sítání nebo západu) o čas, který je potřeba na prohřátí či ochlazení atmosféry.

Zbývá vysvětlit, proč je v běžném skleníku za slunného dne tepleji než venku. Za jasného dne může být dopadající sluneční zářivý výkon poměrně vysoký, dejme tomu 600 Wm^{-2} . To podle (2) při poměrné sálavosti $c = 0,9$ odpovídá vyzařování tělesa o teplotě 56 °C. Teplota v malém skleníku se přibližuje této teplotě rychleji, než je tomu venku. Nelze vyloučit, že ji i překročí, neboť skleník je opláštěn zasklením, což planeta není.

Věta č. 8. I kdyby se lidstvo naučilo čerpat všechnu potřebnou energii pouze přímo ze slunce, vůbec z toho neplyne, že by se vyhnulo problémům. Autor se v citaci zmiňuje o *nastartovaných nepříznivých jevech*. Ekologové mají chronickou potíž vyrovnat se s důkazy, které vyvracejí jejich hypotézy, a proto se uchylují k různým trikům, které oddalují konfrontaci hypotéz s realitou na neurčito. Jedním z nich je dlouhá náběhová doba, kdy daný nepříznivý důsledek nastane dlouho po tom, co pro něho nastaly podmínky. Typickým příkladem je »skleníkový efekt«. Obsah oxidu uhličitého v atmosféře podle ekologů závratně stoupá, přesáhl už 360 ppm, ale oteplení přichází mnohem pomaleji. Vznikl tedy nápad vysvětlit to tím, že ovzduší reaguje na růst obsahu tohoto oxidu pomalu, až desítky let. Tato taktika z nouze se později ukázala i jinak užitečnou. Řada lidí dostala strach, že lidstvo ničí vzduch, aniž by to bylo ihned znát, ale že pohroma je neodvolatelně zaskočí až za mnoho let. Někteří autoři došli ještě dál: i kdyby se dnes snížil obsah oxidu uhličitého pod 250 ppm, stejně by došlo k oteplení a to by trvalo nejméně 15 let (číslo závisí na fantazii ekologa).

Věta č. 9. Poměrně jednoduché vysvětlení, které autor uvádí, je zcela mylné. Na Slunci entropie neroste. Podobně jako v příkladě 2, entropie Slunce klesá, zatímco roste -

a rychleji - entropie celého vesmíru, v němž se nalézá Slunce i Země a který je vědci považován za nekonečný uzavřený systém.

Člověk, škůdce přírody

Ekologie zdánlivě vypadá jako vědecká disciplína, soudě podle názvu. Bohužel exaktní vědecké přístupy, které jsou založeny na hledání objektivních zákonitostí přírody, nejsou očividně ani prostředkem ani cílem úsilí ekologů. Blížeji má ekologie k věrouce, která bez důkazu přijme hlavní myšlenku, okolo níž se točí více či méně logická konstrukce odvozených důsledků a praktických návodů.

Jako věrouka drží ekologie nezvyklé prvenství: zatímco ostatní velké věrouky poskytují svým příznivcům alespoň naději smysluplného života, pokud se budou dobře chovat, ekologie nedává nikomu šanci. Je založena na axiomu, že člověk je škůdce přírody. Už když se narodí, poškozuje člověk přírodu. Aby ukojil nenasytynost, těží ropu, uhlí, zemní plyn, kácí lesy atd. Ať bude člověk dělat co bude, výsledek bude pořád jen růst entropie. Zbožným chováním se mohl např. křesťan očistit od hříchů a jeho život mohl dostat smysl. Jedinec oddaný ekologii žádnou naději nemá.

Lidé, kteří dospějí k přesvědčení, že je to s nimi až tak špatné, se nechají snadno ovládnout. Aby se vykoupili, kývnou na cokoli. Otázka zní, mají-li ekologové, kteří zakládají své ideje na fyzikálních nesmyslech, opravdu správný návod pro budoucí život na planetě Zemi.

Dodatek

Mějme kovový předmět o hmotnosti $m_k = 500$ g, specifické tepelné kapacitě $c_k = 896$ J/(kg·K) a teplotě $t_k = 90$ °C (283,15 K) a ponoříme jej do vody o specifické tepelné kapacitě $c_v = 4180$ J/(kg·K), teplotě $t_v = 10$ °C a hmotnosti $m_v = 1$ kg. V okamžiku ponoření kovu do vody je entropie nerovnovážné soustavy tvořené kovem a vodou součtem entropií obou látek.

Počítáme změnu entropie poté, co se teploty vody a hliníku vyrovnají na nové rovnovážné hodnotě t_R . Kovový předmět se ochladí a předá vodě teplo:

$$Q = m_k c_k (t_R - t_k). \quad (3)$$

Voda se tímto teplem ohřeje podle rovnice:

$$Q = m_v c_v (t_R - t_v). \quad (4)$$

Porovnáním obou rovnic dostaneme:

$$t_R = \frac{m_k c_k t_k + m_v c_v t_v}{m_k c_k + m_v c_v}. \quad (5)$$

Protože během výměny tepla mezi kovem a vodou dochází ke změně teploty obou látek, nahradíme v (1) přírůstek entropie δS diferenciálem dS a malý přírůstek tepla δQ diferenciálem

$$dQ = \frac{\partial Q}{\partial T} dT. \quad (6)$$

a triviální diferenciální rovnici budeme integrovat. Voda, která se ohřeje z teploty t_v na teplotu t_R , zvýší svoji entropii o

$$\Delta S_v = m_v c_v \int_{t_v}^{t_R} \frac{dT}{(T + 273,15)}. \quad (7)$$

Analogicky stanovíme přírůstek entropie kovového předmětu, když ve vzorci (6) nahradíme veličiny s indexy v za veličiny s indexy k . Po integraci pro obě látky dostaneme:

$$\Delta S_v = m_v c_v \ln \frac{t_R + 273,15}{t_v + 273,15},$$

$$\Delta S_k = m_k c_k \ln \frac{t_R + 273,15}{t_k + 273,15}$$

Po dosazení konkrétních hodnot dostaneme pro rovnovážnou teplotu soustavy $t_R = 17,74$ °C, Voda, jejíž teplota stoupne, zvýší po ustavení rovnováhy entropii o 112,79 J/kg, kov, který se vodou ochladí, sníží entropii o 99,39.

Literatura a zdroje:

- [1] Motlík Jan, Šamánek Libor, Štekl Josef, Váňa Jaroslav, Bařinka Radim, Šafařík Miroslav: *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*, ČEZ, Praha 2003
- [2] Jiří Hejhálek: *Emise CO₂ a globální oteplování*, Stavebnictví a interiér, 8/2003, Vega s.r.o., Hradec Králové; <http://si.vega.cz/cl.php?ID=1004>
- [3] Jiří Hejhálek: *Obchod s emisemi CO₂: Nutnost nebo hloupost?* Stavebnictví a interiér, 10/2003, Vega s.r.o., Hradec Králové; <http://si.vega.cz/cl.php?ID=1101>
- [4] Jiří Hejhálek: *Doplatí stavebnictví a provozovatelé staveb na ekologické tažení proti CO₂? Nepravdy a pravdy o CO₂*. Stavebnictví a interiér, 11/2003, Vega s.r.o., Hradec Králové; <http://si.vega.cz/cl.php?ID=1069>.
- [5] Jiří Hejhálek: *Globální oteplování, skleníkové plyny a obchod s nimi. Sdílení tepla mezi zemským povrchem, atmosférou a vesmírem*. Stavebnictví a interiér, 12/2003, Vega s.r.o., Hradec Králové; <http://si.vega.cz/cl.php?ID=1074>
- [6] Jiří Hejhálek: *Vliv skleníkových plynů na teplotu planety*. Stavebnictví a interiér, 2/2004, Vega s.r.o., Hradec Králové; <http://si.vega.cz/cl.php?ID=1140>

INZERCE

LIKOV
všeobecná výroba
Odborník na stavební profily

STAVEBNÍ PROFILY A PŘÍSLUŠENSTVÍ

- profily pro zateplovací systémy
 - základací, soklové profily
 - ukončovací
 - rohové, rohové s tkaninou
 - dilatační
- začíšťovací okenní profily
- hmoždinky pro zateplovací systémy
- armovací tkaniny pro zateplovací systémy
- profily pro sádkokartony
- omítkové profily
 - rohové - soklové - dilatační
- armovací tkaniny pro vnitřní a vnější omítky

10 1994 2004
LIKOV

www.likov.com

LIKOV Lipůvka, spol. s r.o.
Olbrachtova 900
666 03 TIŠNOV
Česká republika

tel.: +420 549 411 598
fax: +420 549 411 599
mobil: +420 777 331 446
e-mail: obchod@likov.com