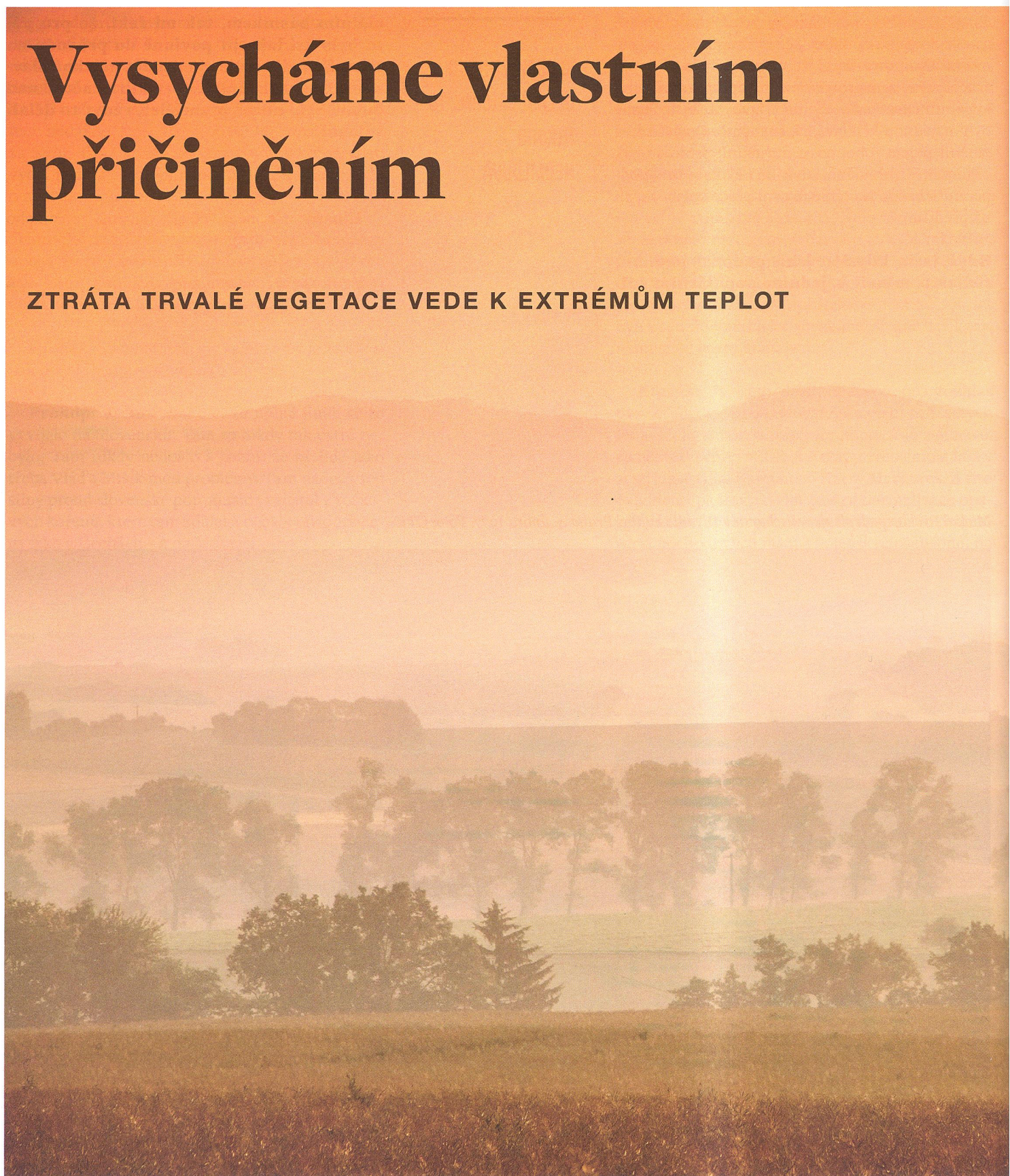


ANALÝZA

Vysycháme vlastním příčiněním

ZTRÁTA TRVALÉ VEGETACE VEDE K EXTRÉMŮM TEPLIT



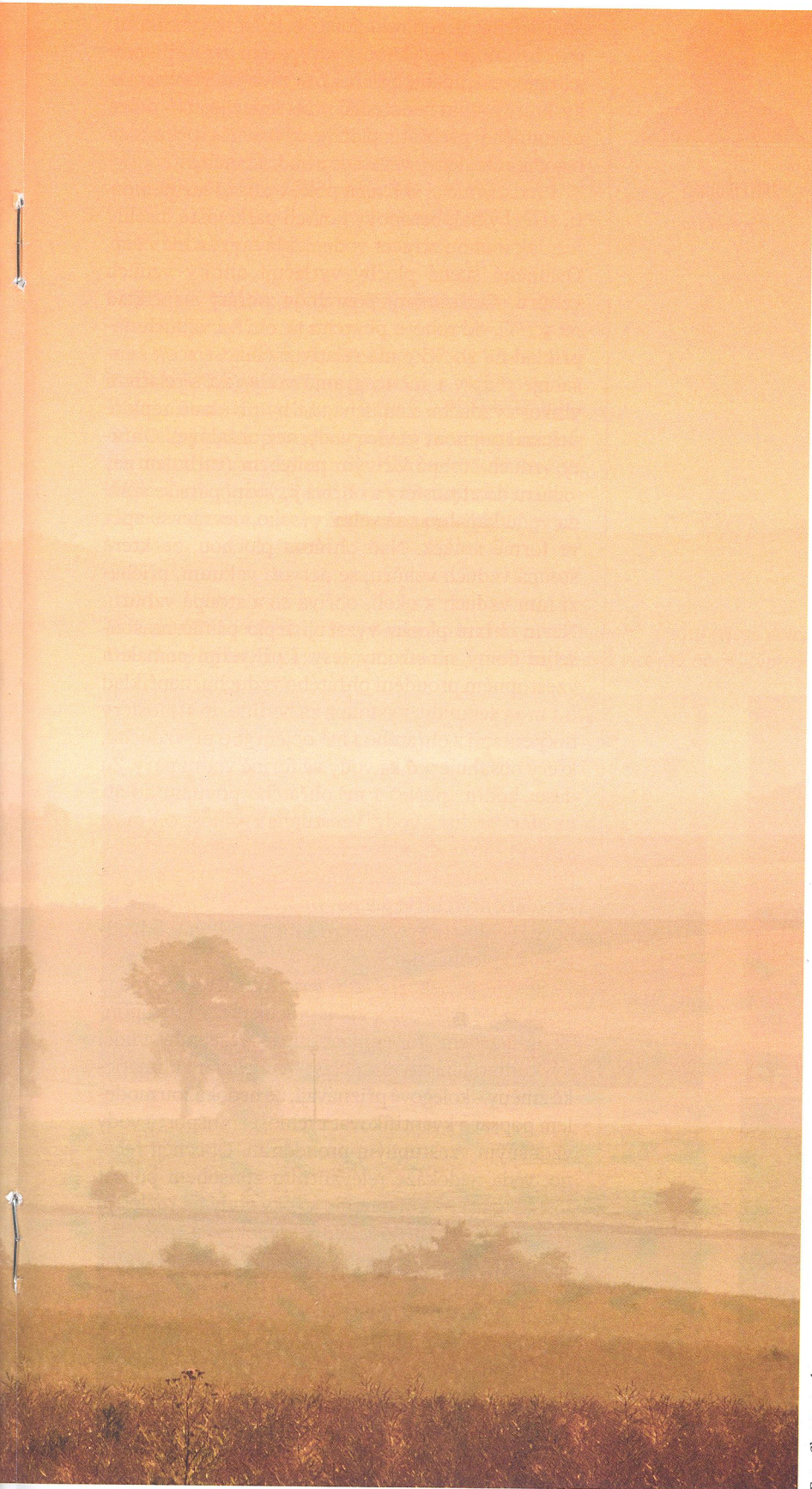


Foto: Shutterstock

Prožíváme další suchý rok. Počet tropických dnů se znásobil. Meteorologové vysvětlují suchu tlakovou výší, která se vytvořila nad Evropou a rozpouští se v ní fronty postupující od Atlantiku. Klimatologové ve svých modelech předpovídají pokračování sucha a vzestup průměrné teploty i v dalších letech a volají po snižování emisí oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů, aby nevzrůstal skleníkový efekt. Heslem je „low carbon society“, tedy společnost s nízkou produkcí oxidu uhličitého a metanu. Evropa si vytkla za cíl zvyšovat podíl obnovitelné energie, zvyšují se daně na uhlí, podporují se větrné elektrárny, fotovoltaika. V ČR se zaměřujeme na produkci bioplynu, řepkového oleje, který se přidává do nafty, spalují se dřevní štěpky a sláma. Věříme, že biomasa, kterou spalujeme, za rok zase naroste, takže nezvyšujeme množství oxidu uhličitého, jak by tomu bylo, kdybychom spalovali uhlí.

Tato praxe ovšem vede k úbytku organických látek v půdě, jejich rozkladem se do atmosféry uvolní za období 10–20 let víc uhlíku, než ušetříme opakovaným spalováním narostlé biomasy. Je pozoruhodné, že doporučení Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC) pro politiky se zaměřuje pouze na snižování emisí skleníkových plynů a nezmiňuje, jak zvyšujeme teploty odvodněním, odstraněním vegetace. Evidentní funkci vody a vegetace v distribuci sluneční energie a oběhu vody lze přitom snadno demonstrovat. Nevím ovšem, jak ukázat, že zvýšené koncentrace oxidu uhličitého a metanu jsou příčinou dramatického nárůstu letních teplot, poklesu dešťových srážek a celkového vysychání krajiny. Na druhou stranu lze snadno ukázat, jak odvodnění a odlesnění vedou k nárůstu teplot a vysychání.

Hospodařením s vodou a vegetací v krajině a ve městech zásadním způsobem ovlivňujeme místní klima. Pokud odvodňujeme v globálním měřítku, a to se děje, potom už nejde o klima místní či regionální, ale o klima globální. V průběhu tisíců let mnohé předchozí civilizace vysychaly, i když nespalovaly fosilní paliva. Tyto civilizace se ovšem rozvíjely postupně v různých částech světa. Lidstvo dnes obhospodařuje všechna obyvatelná území. Na severní polokouli je klimatická změna patrnější nežli na jižní polokouli, severní polokoule má větší plochu kontinentů (40 %) nežli polokoule jižní. Vytváříme z krajiny step a poušť a divíme se, že se jako step a poušť chová.

Slunce ohřívá naši planetu na průměrnou teplotu okolo 290 kelvinů (+17 °C). Kdyby Slunce „vypnulo“, teplota Země by postupně klesala na několik kelvinů, oceány by zamrzly, atmosféra by byla tuhá.

Astronom Josip Kleczek rád upozorňoval, že Země dostává od Slunce 180 000 TW sluneční energie, zatímco lidstvo vyrábí asi 10 TW, což je produkce elektráren, energie z nafty, plynu, spalované biomasy. Sluneční energii lze spolehlivě měřit, pojďme si zopakovat její proměny.

Za jasného dne od jara do podzimu přichází na metr čtvereční až 1000 W sluneční energie. Suché plochy se touto sluneční energií ohřívají na 40–70 °C, od zahřátého povrchu se ohřívá vzduch, roztahuje se, stoupá vzhůru do atmosféry. Tyto vzestupné proudy ohřátého vzduchu využívají ptáci, opatrně je využívají piloti malých letadel, rogalisté. Tyto proudy k nám do Evropy zanesou občas písek i hmyz ze Sahary. Sluneční energie ohřátého povrchu se vybíjí vzdušnými víry. Vzestupný proud ohřátého vzduchu je poháněn sluneční energií přeměněnou na tzv. zjevné teplo na suchých plochách, na jednom metru čtverečním je to několik set wattů.

Ze 3 km² odvodněné plochy stoupá v létě ohřátý vzduch o energii srovnatelné s výkonem jednoho bloku Jaderné elektrárny Temelín a ze 30 km² stoupá vzduch o energii srovnatelné s výkonem všech našich elektráren. Ohřátý vzduch pojme hodně vody, protože má nízkou relativní vlhkost.

Vegetace zásobená vodou se na rozdíl od suchých ploch chladí výparem vody z listů (transpirace). Les vypaří přes stromy v letním dnu 2–4 litry vody z metru čtverečního. Les mívá v létě povrchovou teplotu korun kolem 30 °C a ve stínu stromů v podrostu je teplota ještě nižší. Chladný vzduch při zemi je těžší než vzduch v korunách, vzduch v podrostu se proto drží při zemi. Les vyměňuje plyny s atmosférou prostřednictvím korun stromů. Na každou molekulu přijatého oxidu uhličitého a vyloučeního kyslíku se z listů/jehlic vypaří několik set molekul vodní páry. Listy tak chladí sebe a své okolí. Vodní pára uvolňovaná zvolna korunami stromů se pohybuje pomalu vzhůru, vzduch je jí téměř nasycen, s přibývajícím výškou se teplota snižuje a vodní pára se sráží, vzpomeňme na mlhy a oblaka nad lesem. Tak vznikaly odpolední deště a večerní až ranní mlhy. Tak funguje krátký oběh vody. Části kontinentů s rozsáhlým pokryvem vzrostlých lesů (alespoň 40 %) dokonce tímto způsobem přitahují vodu z oceánů, při dešti se totiž sníží atmosférický tlak a vzduch z okolí je nasáván horizontálně nad les. Odpařením jednoho litru vody vznikne přes 1000 litrů vodní páry a naopak. Na vypaření jednoho litru vody se spotřebuje 0,7 kWh sluneční energie, tato energie je vázána ve vodní páře (skupenské teplo výparu vody) a uvolní se, když vodní pára kondenzuje zpět na vodu, což se děje na chladných místech. Tak se přenáší sluneční energie v čase a prostoru a tak



JAN POKORNÝ

přírodovědec

se vyrovnávají teplotní rozdíly. Lesům, rybníkům, mokřadům je vytýkáno, že výparem ztrácejí vodu a krajina tak údajně přichází o vzácné dešťové srážky, které potom nedotečou níže. Jenže jsou to právě odvodněné přehřáté plochy, které nás připravují o vodu, nikoli živá vegetace a vodní plochy.

Představme si sklizené pole, vydlážděné náměstí, střechy hal, betonový povrch parkoviště, uschlý les. Jak mohou ztrácet vodu, když tam žádná není? Osluněné suché plochy vytlačují ohřátý vzduch vzhůru. Odvodněný povrch je ohřátý například na 50 °C, od tohoto povrchu se ohřívá vzduch například na 40 °C a má relativní vlhkost 20 %, obsahuje tedy v 1 m³ 10 gramů vody (20% relativní vlhkost vzduchu znamená, že by při dané teplotě dokázal pojmout 5x více vody, než obsahuje). Ohřátý vzduch stoupá vířivým pohybem (turbulentně) vzhůru do atmosféry a ohřívá ji, vodní pára se sráží na vodu kapalnou až velmi vysoko, nevrací se zpět ve formě srážek. Nad ohřátou plochou, ze které stoupá vzduch vzhůru, se netvoří vakuum, přichází tam vzduch z okolí, ohřívá se a stoupá vzhůru. Navíc ohřáté plochy vyzařují teplo přímo na sousední domy, na stromy, lesy. I při velmi pomalém vzestupném proudění ohřátého vzduchu, například 0,1 m za sekundu, vystoupá za hodinu do atmosféry díky energii z ohřátého 1 m² objem 360 m³ vzduchu, který obsahuje 3,6 kg vody ve formě vodní páry. Za deset hodin „pošle“ 1 m² ohřátého povrchu do atmosféry 36 litrů vody. Vzestupná rychlost 0,1 m za sekundu je podhodnocena, letečtí meteorologové, piloti, rogalisté znají reálné rychlosti vzestupných proudů ohřátého vzduchu. Dostáváme hrozné hodnoty rychlosti vysychání působené velkými odvodněnými plochami.

Řešíme projekt Horizon 2020 s 26 účastníky ze 17 států (SIM4NEXUS), spolupracujeme s Postupimským ústavem „for climate impact research“, vůdčí výzkumnou institucí v oblasti modelování klimatické změny – kolegové přiznávají, že nedokážou modelem popsat a kvantifikovat rychlost transportu vody vzdušným vzestupným prouděním. Obecněji řečeno, věda nedokáže relevantním způsobem popsat distribuci sluneční energie a toky vody na rozhraní atmosféry a různého krajinného pokryvu (pole, les, vodní hladina, odvodněná plocha). A tak se zkoumá, kolik oxidu uhličitého kdo vypouští, doslova se analyzují „kravské pšouky“ (množství vypouštěného metanu z trávicího ústrojí přežvýkavců), výsledky jsou publikovány v časopisech s vysokým impaktem a instituce za to dostávají peníze. Efekty přehřáté, odvodněné krajiny na klima a oběh vody jsou ignorovány. Připomínám, že nárůst koncentrace oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů v atmosféře

od roku 1750 způsobil podle IPCC navýšení skleníkového efektu o 1–3 Wm⁻², to je hodnota vypočítaná, nelze ji změřit. Odvodněním působíme změny toků sluneční energie v řádech stovek Wm⁻². Tato fakta se na celosvětových konferencích o klimatu připomínají v tzv. „side events“, v doporučeních pro politiky ovšem obsažena nejsou.

Řekami nevysycháme

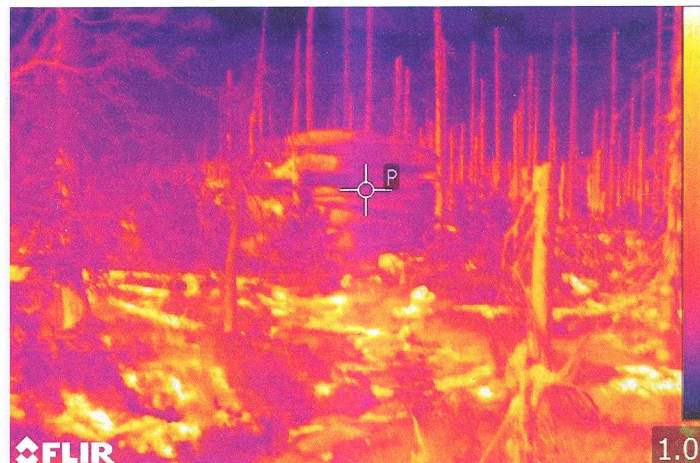
Průměrný průtok vody ve Vltavě v Praze – Velké Chuchli je 148 m³ za sekundu, v letošním létě protéká 50 m³ za sekundu. Plocha povodí Vltavy nad Prahou je 26 731 km², výpar vody z 1 km² porostů dosahuje za slunných dnů běžně 100 litrů za sekundu, celá plocha povodí vypařuje za slunného dne při dostatku vody 2800 m³ za sekundu. Rostliny při svém růstu vypaří za dne (evapotranspirace) násobně víc vody, než oteče řekou za 24 hodin. Vysychá-

ní, které způsobuje vzduch ohříváný na přehřátých odvodněných plochách, jak bylo výše krátce popsáno, odnáší do atmosféry násobně víc vody, než rostliny vypaří při růstu evapotranspirací. Pokud se budeme snažit omezovat výdej vody rostlinami, nebudou růst, krajina se bude přehřívat a vysušovat, skončíme jako step a poušť. Otázky zásobení vodou a klimatické změny, otázku setrvalého hospodaření v krajině začneme opravdu řešit, až se začneme seriózně zabývat úlohou krajinného pokryvu v distribuci sluneční energie.

Principiálním vztahem (dnes se říká „nexus“) je totiž těsný vztah mezi příkonem sluneční energie – výparem a kondenzací vody a rostlinami coby procesorem distribuce sluneční energie. Sledováním pouhých srážkově-odtokových poměrů opomíjíme hlavní toky vody a energie v krajině, opomíjíme transport vody atmosférou ve formě vodní páry. Toky vody ve formě vodní páry mezi různými typy

Pohled od Třístoličníku k Trojmezí v roce 2011 (vlevo nahoře) a 2018 (vlevo dole).

Povrchové teploty suchých kmenů dosahují za slunných dnů více než 60 °C (vpravo).³ Foto: Jan Pokorný



krajinného pokryvu (les, plodiny, suché plochy, vodní plocha) a atmosférou nedokáže věda věrně modelovat. Jsou ovšem popsány četné negativní příklady, jak odlesnění způsobilo ztrátu vody a nárůst extrémů počasí, a jsou i příklady pozitivní, kdy se podařilo během dekády zadržováním vody a podporou trvalé vegetace obnovit krátký oběh vody.

Na suché pole neprší

Růst rostlin je provázen výdejem vody, evapotranspirací, a ta je pokládána tradičně za ztrátu vody, kterou je potřeba snižovat například pěstováním plodin s nízkou spotřebou vody a omezením dalších rostlin, které ubírají plodinám vodu. Empirie ovšem praví, že „na suché pole neprší“ a „voda přitahuje vodu“. Teorie biotické pumpy vysvětluje vysoké srážky nad zalesněným územím vysokou evapotranspirací a s tím spojenou nižší teplotou a nižším atmosférickým tlakem. Bude naším cílem v kulturní krajině omezovat ztráty vody evapotranspirací, nebo se budeme snažit krajinu ochladit určitým procentem ploch trvalé vegetace dobře zásobené vodou? „Rybníky nebudeme stavět, protože ztrácejí výparem mnoho vody“ (výroky hydrologů při zasedání pracovní komise pro koncepci Sucho). Zhoršuje otevřená vodní hladina vodní bilanci? Nebo jsou rybníky a jejich litorály jedním z nezbytných prvků kulturní krajiny, které zadržují vodu, ochlazují krajinu a přispívají k ustavení malého vodního cyklu?

Je dřevo údajně ekologicky neudržitelné, protože na jeho produkci se spotřebuje mnoho vody (má vysokou vodní stopu, water footprint)? Nebo stromy redukují gradienty teplot a tlaku vzduchu a „zklidňují“ projevy počasí, a to právě výparem vody, a „měli bychom jim za to děkovat“? Za vysokých nákladů se testují technologická zařízení na sekvestraci CO₂ s tím, že jsou výhodnější než lesní porosty a rychle rostoucí dřeviny, protože „neplýtávají vodou“.

Zopakujme si princip vysychání: je zásadní rozdíl mezi evapotranspirací a tokem zjevného tepla z odvodněných ploch. Les vydá například za den 3 mm vody evapotranspirací (3 litry z m²), ochladí se, vodní pára stoupá zvolna nad les (potenciální ET je blízka aktuální ET), vytvoří se mlha, mraky, případně drobný déšť, část vody se vrátí. Odvodněné plochy se zahřívají na 50–60 °C, ohřátý vzduch turbulentně stoupá vzhůru a vysušuje okolní krajinu. Vodní pára nad krajinou nekondenzuje, nevrací se zpět jako mlha, rosa či drobný déšť. Rybníky menších ploch (několik ha) v zemědělské krajině ztrácejí vodu rychleji nežli rybníky v lesích nebo velké

rybníky. Když v létě v ČR sklídíme řepku a obilí na 1 800 000 ha polí, proudí z přehřátých ploch do atmosféry teplo cca 9000 GW (10–12 GW je instalovaný výkon elektráren v ČR, z toho JE Temelín má 2 GW). Ohřátý vzduch odnáší vlhkost vysoko do atmosféry, krajina se vysušuje, ohřátý vzduch produkovaný jako zjevné teplo na velkých plochách brání proudění oceánského vzduchu směrem do kontinentu. Mnohé klimatologické studie se soustředí pouze na albedo (bělost), tedy odrazivost povrchu, a tvrdí, že zejména lesy mírného pásma ohřívají planetu, protože jsou tmavé. Autoři z toho dovozují, že pokud by les vyhořel, albedo se zvýší a planeta se spíše ochladí, protože nárůst teploty způsobený uvolněným oxidem uhličitým je nižší nežli ochlazení způsobené zvýšeným albedem/odrazem. V těchto pracích není zmínka o tom, že les je chladnější díky evapotranspiraci.

Někteří čeští vědci, univerzitní profesori, opakovaně tvrdí, že les na horách nemá hydrologickou funkci a že funkci uschlého vzrostlého lesa nahradí přízemní vegetace. Ušchlý les prý nemůže být příčinou snížení stavu vody v toku, protože suchý strom vypaří méně vody než strom živý. Ušchlé lesy mají vysokou povrchovou teplotu. Živý les dříve krajinu ochlazoval a „vyčesával“ vodu z mraků, dnes vzduch ohřátý o suché plochy krajinu dále vysušuje a brání průniku vlhkého vzduchu, přispívá k vytvoření vysokého tlaku.

Jaká je vize udržitelné krajiny? Kapénková závaha, podmínka hned po sklizni a pole bez vegetace, volné odvodněné plochy, aby se voda nevypařovala? Šetření vodou a vodní stopa uplatňovaná i na stromy a další vegetaci? Nebo krajina s trvalou vegetací, meziplodinami po sklizni, s vodními plochami a litorály, zasakovacími pásy na velkých polích? Krajina s podporou trvalé vegetace i z kulturních rostlin a stromů, která funkčně napodobuje les, zadržuje dešťovou vodu, která se odpařuje přes rostliny, chladí a vrací se částečně v malém oběhu vody?

Vyschlé civilizace

Odlesnění, ztráta trvalé vegetace vede k vysychání krajiny, extrémům teplot, zrychluje se odtok vody. Zkušenost historických civilizací prokázala opakovaně pozitivní úlohu lesa a trvalé vegetace obecně v klimatu, proto je tato funkce zakotvena v lesním zákonu od počátku. Mnohé civilizace vyschly, výjimkou jsou ty, které udržují vodu v krajině, například pěstují ve velkém rýži.

Zapomíná se na přímý efekt vody a vegetace na teplotu, na klima. Voda vyrovnává teploty cyklem výpar–kondenzace, vodní pára tvoří mraky

**ODLESNĚNÍ, ZTRÁTA
TRVALÉ VEGETACE
VEDE K VYSYCHÁNÍ
KRAJINY, EXTRÉMŮM
TEPLOU, ZRYCHLUJE
SE ODTOK VODY.**

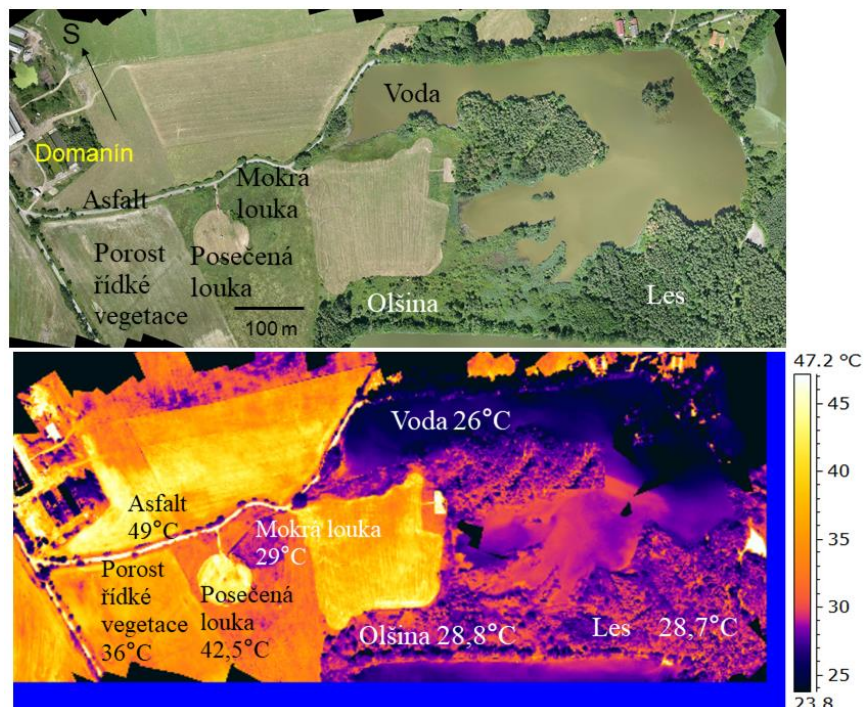
ANALÝZA

a mlhu a brání průniku slunečního záření. Voda je médium a rostliny jsou procesory ovládající výdej vodní páry a vyrovnávají tak extrémní tlaku a teplot. Sucho je nejvýraznější v odlesněných a odvodněných zemědělských oblastech. Zalesněné oblasti s trvalou vegetací jsou chladnější a udržuje se v nich krátký oběh vody. Les ovšem uživí nejvýše několik osob na km², proto rostoucí populace odlesňuje a na místě původních lesů rozvíjí zemědělství, využívá přitom organické látky, které se v půdě nashromáždily za tisíce let existence klimaxového lesa. V udržitelném hospodaření je principiální nápodoba funkce přirozeného lesa v kulturní krajině, kde hlavní plodinou jsou rostliny, které nesnášejí zatopení vodou. Pozitivní příklady obnovy aridní/vysušené krajiny ukazují, že je to možné zadržováním vody a podporou trvalé vegetace, která vytváří několik vertikálních pater (ovocné vysoké stromy, keře, plodiny). Zemědělec, lesník, tedy hospodáři v krajině, do značné míry určují množství i kvalitu vody, která z krajiny odtéká a kterou zadržujeme ve vodních nádržích. S tím je spojeno i ovlivnění míst-

ního klimatu. Tato funkce by hospodářům v krajině měla být přiznána a zohledněna v dotacích. Zatím vysycháme jako předchozí civilizace, činíme tak rychle, protože máme mechanizaci a většina z nás ztratila přímý vztah k půdě a vodě ve svém okolí.

Píši tento text v Jindřichově Hradci, kde bydlím. Město bralo nejprve vodu z malých příměstských rybníků zvaných Polívky, později z řeky Nežárky. Úpravna vody měla potíže se sinicemi i nízkým průtokem vody. Od 90. let 20. století máme vodu z Jihočeské vodárenské soustavy, tedy převážně z Říмова. Jinak by byl Hradec bez vody. Vodárenské přehrady jsou nezbytné, nepochybně. Pokud zachováme velké odvodněné plochy a budeme je dokonce rozšiřovat, horký vzduch bude krajinu dále vysušovat a přehrady se nenaplní, podobně jako se nyní nenaplnují rybníky. Mám osobní zkušenost z Austrálie, východní Afriky, Střední Asie, varovným příkladem je Kalifornie. Pokud zůstane klimatologie uvězněna v ideologii skleníkového efektu a bude ignorovat, co děláme na planetě s vodou, rostlinami a sluneční energií, vyschneme. ■

Obr. 1: Povrchové teploty v zemědělské krajině u obce Domanín na Třeboňsku okolo 14h slunečného letního dne, snímáné termovizní kamerou ze vzducholodi. Les, vodní hladina, olšina, mokrá louka mají teploty pod 30 °C. Posečená louka 42,5 °C, asfaltová vozovka 49 °C.



Obr. 2: Povrchové teploty a intenzitu slunečního záření lze snadno měřit cenově dostupnými přístroji. Intenzita slunečního záření na osluněném chodníku je $877\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ a povrchová teplota $51,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve stínu stromu je intenzita slunečního záření $82\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ a povrchová teplota $26,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při transpiračním toku 20 litrů za hodinu chladí strom sebe a své okolí výkonem 14kW. Sluneční energie uložená ve vodní páře se uvolní na chladných místech při srážení vodní páry zpět na vodu.



Obr. 3: Benešovsko 26. 8. 2017, okolo 15h SEČ: intenzita dopadajícího slunečního záření 650 W.m^{-2} . Srovnání povrchové teploty asfaltu ($49,1^\circ\text{C}$) a navazujícího sklizeného pole (48°C). Sklizené pole má podobnou povrchovou teplotu jako asfalt. Ohřátý vzduch stoupá vzhůru a na jeho místo proudí vzduch z okolí, tedy i z lesa, který tak ztrácí vodu.

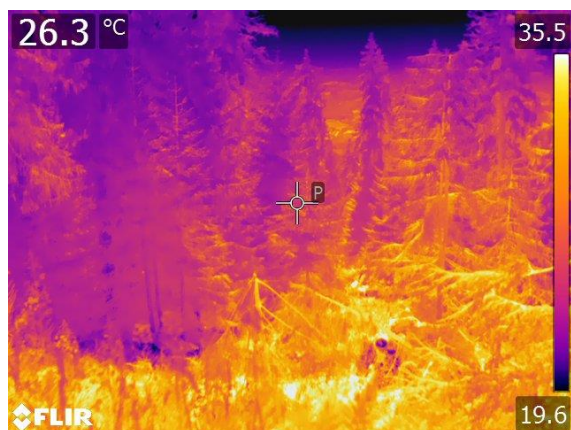


Obr. 4: Totálně odvodněné plochy hal a parkovišť se ohřívají až na 60°C , při dešti z nich voda rychle odtéká do kanalizace, dešťové odlehčovače se vyplachují do toků a zatěžují je nevyčištěnou splaškovou vodou.



Obr. 4 (1.8. 2018): Tristní ukázkou podcenění funkce lesa v klimatu a oběhu vody je naše počinání na Šumavě. Přes četné protesty NPŠ nezasahoval proti kůrovci a například jenom na hřebenu Třístoličnick – Trojmezná (1361m nad mořem) uschnul horský smrkový les, některé

stromy byly i několik set let staré. **Na ploše**.... zde stojí nebo leží nejméně 10 let suché kmeny a za slunných dnů dosahuje jejich povrchová teplota až 70 °C. V nedalekém živém lese na Bavorské straně stejné expozice vůči slunci je nejvyšší teplota kolem 35 °C. Živý les v těchto nadmořských výškách ochlazoval celý hřeben, vyčesával vodu ze vzduchu. Uchlýlý les je přehřátý a sluneční energie přeměněná na zjevné teplo vytlačuje ohřátý vzduch vysoko do atmosféry a vysušuje tak okolí. Vytvořili jsme bariéru ohřátého vzduchu bránící přísunu vzduchu vlhkého. Satelitní snímky dokumentují spolehlivě nárůst teplot v bezzásahových zónách Národního parku Šumava.



Stanovisko k argumentům o nevýznamném vlivu suchého lesa na hydrologii šumavských povodí (Jan Pokorný)

Rozšíření bezzásahové zóny NP Šumava povede nesporně ke kalamitnímu rozvoji kůrovce a uschnutí dalších částí lesa. Protagonisté rozšíření bezzásahové zóny tvrdí, že takové uschnutí lesa nemá „zásadní vliv na hydrologii šumavských povodí“. Doc. Jakub Hruška argumentuje studií uveřejněnou v časopise Ochrana přírody (2016) a ředitel České geologické služby v dopise adresovaném senátoru T. Jirsovi uvádí citace dalších prací, které údajně prokazují, že uschnutí lesa neovlivní podstatně hydrologii šumavských povodí.

Na Veřejném slyšení k petici „Ne – ohrožení zdrojů vod pro Volarsko-Vimpersko-Strakonicko“ u Výboru pro vzdělání, vědu, kulturu a petice při Senátu Parlamentu ČR argumentoval doc. J. Hruška výsledky publikovanými ve zmiňovaném článku (21.4.2016)

Článek postrádá atributy vědecké práce. K dispozici nejsou zdrojová data. Autoři neuvádí současný stav znalostí, a proto nemohou být prezentované výsledky ani diskutovány. Abych mohl předložené výsledky a závěry diskutovat, napsal jsem stručný úvod o stavu poznání úlohy lesa v hydrologii povodí a o změnách hydrologie po odlesnění. Po tomto stručném přehledu literatury následuje vlastní kritický rozbor výsledků a závěrů publikovaného článku.

1. Literární přehled

Na hydrologickou funkci lesa jsou rozporné názory. Vodní pára vydávaná transpirací stromů je často považována za ztracenou (ztráta vody evapotranspirací = „evapotranspiration losses“). Transpirace je často nazývána nutným zlem, s tím, že vodní pára je obětována za příjem oxidu uhličitého přijímaného fotosyntézou. Tím samým průduchem totiž rostlina přijímá oxid uhličitý, vydává kyslík a odpařuje vodu. Počet molekul odpařené vody je o dva řády vyšší nežli počet molekul přijímaného oxidu uhličitého a vydávaného kyslíku. Z hlediska teorie otevřených systémů či nerovnovážné termodynamiky je transpirace zásadním životním projevem a zároveň účinným procesem vyrovnávání teplot (potenciálu).

Při srovnání malých povodí, menší podíl dešťových srážek odtéká z lesa nežli z nezalesněného (lučního) povodí nebo povodí odvodněného. To bylo demonstrováno mnohokrát v hydrologických experimentech srovnávajících párová povodí, tj. srovnávají se srážky a odtoky sousedících zalesněných a nezalesněných (případně odvodněných) povodí; Andreassian (2004) uvádí ve svém review v přehledné tabulce na 130 takových studií: **po odlesnění odtéká větší podíl srážek a odtok více kolísá**. Během opětné regenerace lesa odtok klesá i po dobu delší než 10 let. Většina sledovaných povodí měla ovšem poměrně malou plochu desítky hektarů, nejvýše několik km² a často šlo pouze o zásah v části povodí, jehož odtok se monitoruje. Největší sledovaná povodí měla rozlohu maximálně několik desítek km², byla to ovšem pouze tropických lesů.

Podobné výsledky poměru odtoku a srážek z malých povodí uvádějí i pracovníci České geologické služby v rámci dlouhodobého projektu Geomon: např. Oulehla et al. v povodí Červík v Beskydech (1206 mm srážek, 671 mm odtoku, 873 mm srážky podkorunové), Krám (2011), povodí Lysina průměrný odtok 46%, rozmezí 35 – 59%. **V NP Šumava uschlo za posledních 20 roků na 150 km² vzrostlého lesa a v případě rozšíření bezzásahové zóny na 50% rozlohy NP uschne dalších několik set km²**. O hydrologickém efektu tak rozsáhlého odlesnění hor mírného pásma jsem literární údaje nenašel.

Dlouhodobá srovnávací studie probíhá přes 20 let i na území CHKO Šumava. Měří se zde srážky a odtoky tří sousedících malých povodí (každé cca 200ha). 60 % srážek odtéká

z lučního (částečně odvodněného) povodí, přibližně třetina srážek z mokřadního a z lesního povodí. Odtok vody při velkých srážkách je nápadně vyšší z lučního povodí. Níže uvádím přehled v tabulce 1 A až C. Z lučního porostu odtéká více vody a voda obsahuje více rozpuštěných látek, půda se totiž provzdušní a probíhá mineralizace: v odtékající vodě se zvýší koncentrace dusičnanů a alkalických kationtů (vápník, hořčík, draslík, sodík), zvýší se elektrická vodivost vody. (Procházka et al., 2009; Hais, M. et al., 2006).

Tab. 1. A – C: Srážko – odtokové bilance z lučního (pastvina) povodí Mlýnského potoka, zalesněného povodí Bukového potoka a mokřadního povodí Horského potoka v letech 2008 - 2015.

1.A Srážko – odtoková bilance v povodí Mlýnského potoka (pastvina)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	průměr
Srážky (mm)	1023	945	1062	1018	1267	964	894	872	1006
Odtok (mm)	697	590	723	514	714	686	367	544	604
Odtok/Srážky	0,68	0,62	0,68	0,50	0,56	0,71	0,41	0,62	0,60

1.B Srážko – odtoková bilance v povodí Horského potoka (mokřad)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	průměr
Srážky (mm)	1204	1112	1175	994	1063	1036	992	798	1047
Odtok (mm)	488	429	466	345	423	415	245	333	393
Odtok/Srážky	0,41	0,39	0,40	0,35	0,40	0,40	0,25	0,42	0,37

1.C Srážko – odtoková bilance v povodí Bukového potoka (les)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	průměr
Srážky (mm)	1204	1112	1175	994	1063	1036	992	798	1047
Odtok (mm)	392	382	378	298	377	375	185	315	338
Odtok/Srážky	0,33	0,34	0,32	0,30	0,35	0,36	0,19	0,39	0,32

Puhlmann et al. 2007 publikovali obšírnou zprávu výsledků výzkumu a dlouholeté spolupráce mezi Státním hydrologickým ústavem Valdaj v Rusku a Německým národním komitétem pro International Hydrological Programme UNESCO (IHP) a Hydrology and Water Resources Programme (HWRB) World Meteorological Organisation (WHO).

Na stránce 49 a dále jsou shrnuty poznatky z výzkumu efektu kůrovcové kalamity v Bavorském lese na hydrologii povodí. Efekt je rozdělen na tři fáze:

Fáze 1: neovlivněný; referenční stav porostu do roku 1996 o ploše uschlého lesa menší než 20%

Fáze 2: šok; V průběhu několika let uhynou smrkové porosty na rozsáhlých plochách. Ušchlé porosty zaujímají až 80% plochy.

Fáze 3: začíná obnova náhradní (alternativní) vegetace v roce 2001; další usychání smrkového lesa pokračuje pomalu do podílu 85% z celkové plochy lesa.

Efekt rychlého uschnutí lesa v následku kůrovcové kalamity na vodní bilanci je následující:

Fáze 2: evapotranspirace (ETR) klesá na 39%, celkový odtok (R) stoupá na 135% oproti referenční Fázi 1.

- Celkový odtok se zrychluje, zejména stoupá měřený povrchový odtok (RD) na 162%. Rychlý podzemní (podpovrchový) odtok (RG1) se zvyšuje na 125%; pomalý podzemní (podpovrchový) odtok se zvyšuje na 132% oproti Fázi 1.

Fáze 3: Evapotranspirace se zvyšuje na 78% a celkový odtok klesá na 112% oproti Fázi 1.

- Avšak zrychlený odtok trvá a povrchový odtok dále stoupá
- Suma složek podzemního odtoku (RG1 + RG2) se vrátila k normálu, avšak RG1 (rychlý podzemní odtok klesl na 74% zatímco pomalý podzemní odtok (RG2) je 136% oproti Fázi 1.

Opakovaně bylo prokázáno, že po odlesnění stoupne podíl odtoku, který trvá nejméně několik let, než se začne obnovovat vegetace. Odtok podzemní vody ovšem může trvat deset a více let, zastaví se až po obnově hlubších kořenů. Na každý čtvereční metr dospělého smrkového porostu připadá cca 7 m skeletových kořenů, 1 km jemných absorpčních kořenů a tisíce km hyf mykorhizických hub. Vzrostlý smrk má na 10 milionů jehlic, jejichž okraje mají celkovou délku na 300 km (zdroj: Jan Čermák, Mendelova Univerzita Brno). Kdo dokáže domyslet, co znamená úhyn kořenů a opad jehlic na desítkách km²? Zvýšený odtok vody po odlesnění menších lesních ploch je způsoben nižší evapotranspirací (výparem vody), odtéká též půdní voda, jak odumírá kořenová zóna. Hruška et al. (2016) ani Bernsteinová et al. (2015) nekomentují svoje zjištění, že odtok po úhynu lesa nedoznal podstatných změn (dokonce mírně klesá). Nezměněný odtok považuje Hruška et al. (2016) za důkaz nepodstatného vlivu uhynutí lesa na hydrologii povodí. Jak si vysvětlit, že se odtok vody z povodí (93km²) po úhynu cca poloviny plochy lesa nezvýšil? **Obávám se, že les uhynul na velkých plochách ve vrcholových partiích a dochází ke změně místního klimatu, klesá množství srážek. Stoupá průměrná teplota a hlavně na velkých plochách jsou vysoké teploty za jasných slunečních dnů, ubývá mlhy, netvoří se mraky, přichází více sluneční energie, odpařená voda se nevrací zpět.**

Odlesnění větších ploch vede ke zvýšení povrchové teploty porostu a ke snížení celkových dešťových srážek, krajina vysychá. Odlesnění, odvodnění a degradaci půd jako příčinu vysychání historických civilizací popisuje Ponting 1993 i Diamond 2005. Stavba lodí v pokolumbovské éře 16. století vedla k odlesnění velké části Španělska, vegetace už se tam neobnovila, Španělské zemědělství je závislé na nákladném zavlažování. Austrálie vybudovala rozsáhlou soustavu přehrad a zavlažovacích kanálů, které sbírají vodu z Blue Mountains na východním pobřeží. Uplatnění tzv. „drainage paradigm“ (z odlesněného povodí oteče větší podíl srážek do přehrad a pro zavlažování vedlo k rozsáhlému odlesňování a následnému rozkolísání odtoků a celkovému poklesu srážek.

Odlesnění řádově 1000km² komplexu Mau Forest v Keni na přelomu 20. a 21. století vedlo k nárůstu teplot, rozkolísanému průtoku řek (sucha, povodně), poklesu četnosti malých srážek a mlh a objevily se ranní mrazy. Keňská vláda se rozhodla vystěhovat z oblasti několik stovek tisíc lidí a oblast opět zalesnit (Hesslerová, Pokorný 2011; Pokorný, Hesslerová 2011). Je

prokázáno, že pokud je kontinent převážně zalesněn od oceánu do vnitrozemí, tak dešťové srážky jsou vysoké i hluboko v kontinentu ve vzdálenosti i několik 1000 km. Naopak, pokud lesní komplexy chybí, dešťové srážky ubývají směrem do kontinentu už po 500km. Makarieva, Gorškov 2007, Makarieva et al. 2013 vysvětlili tento jev teorií tzv. biotické pumpy. Úlohu lesa v oběhu vody a místním klimatu s důrazem na zkušenosti s odlesněním shrnuje též Schwarz (2013).

Positivní příklady obnovy krajiny založené na zadržení dešťové vody a podpoře trvalé vegetace ukazují pozitivní efekt vegetace na zmírnění klimatických extrémů a obnově malého oběhu vody (Andrews 2006, Gupta, 2011).

Shrnutí

Vzestup teplot po uschnutí stromů na šumavském Třístoličnicku.

Povrchové teploty uschlého lesa dosahují místy hodnot až 50 °C. Na hranách jehlic vzrostlého smrku se sráží vodní pára ze vzduchu s asistencí organických molekul a bakterií. Pod jedním m² půdy je několik metrů strukturních kořenů, desítky metrů drobných kořenů a tisíce km mykorhiz – vše žije ve spojení se stromem, médiem je voda.

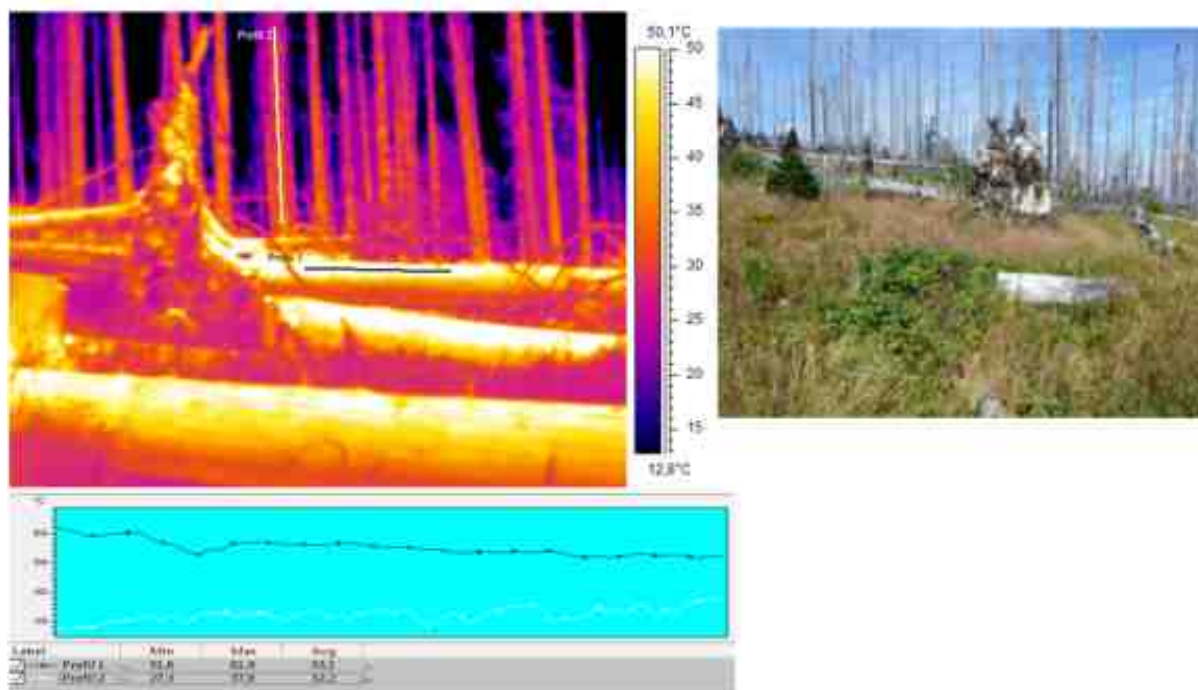
Dosavadní uschlé smrkové porosty na ploše 15 000 ha (150km²) uvolňují za slunného dne o 30 000 - 60 000MW zjevného tepla více než dřívější živé porosty. Vodní pára stoupá vysoko do atmosféry, netvoří se mlha ani mraky, na zem přichází více sluneční energie, krajina vysychá, "nevyčesává" se vodní pára ze vzduchu, který přichází z nížin.

Z území ČR posíláme vodu ve formě vodní páry do míst chladnějších a vysycháme.

V srpnu 2015 bylo v ČR sklizeny na 16 000km² řepky a obilnin. Ze sklizených polí stoupal ohřátý vzduch a bral sebou do vysokých vrstev atmosféry vodní páru. Vysoušení krajiny se urychluje teplým povrchem uschlého lesa na horách, **ničíme svévolně na horách účinný chladič. Území ČR je závislé na dešťových srážkách, svým počínáním jak v krajině, tak na horách se zbavujeme vody.** Přehřátá krajina se stává donorem vody pro chladnější regiony a vysychá. Opakujeme chybu předchozích civilizací, sledujeme pouze vodu v tekutém stavu. Z 1km² se v letním dnu vypařuje i 200litrů za sekundu, tedy mnohonásobně více nežli činí odtok vody z této plochy. Do chladného lesa se vypařená voda v noci vrací a les přitahuje vzduch s vodní párou z okolí (mezinárodní tým WeForest, 2015). Positivní příklady obnovy krajiny jsou založeny na zadržování dešťové vody a podpoře vysoké a členité vegetace, kdy kulturní rostliny napodobují strukturu a funkci lesa.

Zatím uhynulo v NP Šumava v bezzásahových zónách na 2 miliony smrků a milion stromů byl poražen v zásahových zónách. V rozšířené bezzásahové zóně se kůrovec rozmnoží, stromy uschnou a kůrovec se bude šířit do okolních hospodářských lesů. Rozšíření bezzásahové zóny = prohlubování sucha na Šumavě i v sousedním regionu.

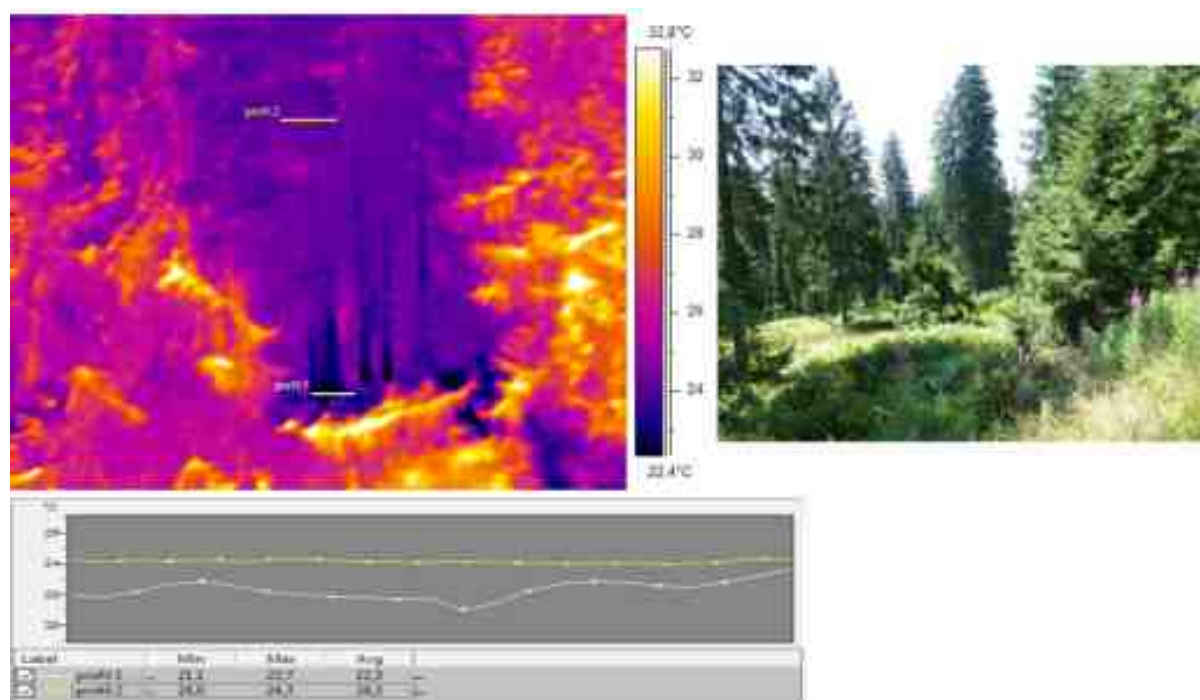
Lze se angažovat za ochranu jednotlivých stromů a alejí a současně souhlasit se záměrným zahubením řádově miliónů stromů ve stejném regionu?



Obr. 1: Termovizní snímek uschlého lesa a padlých stromů na Třístoličníku pořízený v srpnu 2015. Teploty uschlých kmenů přesahují místy 50°C, stojící uschlé kmeny mají teplotu kolem 32°C a traviny, kapradiny a sítiny mají teplotu přes 30°C.

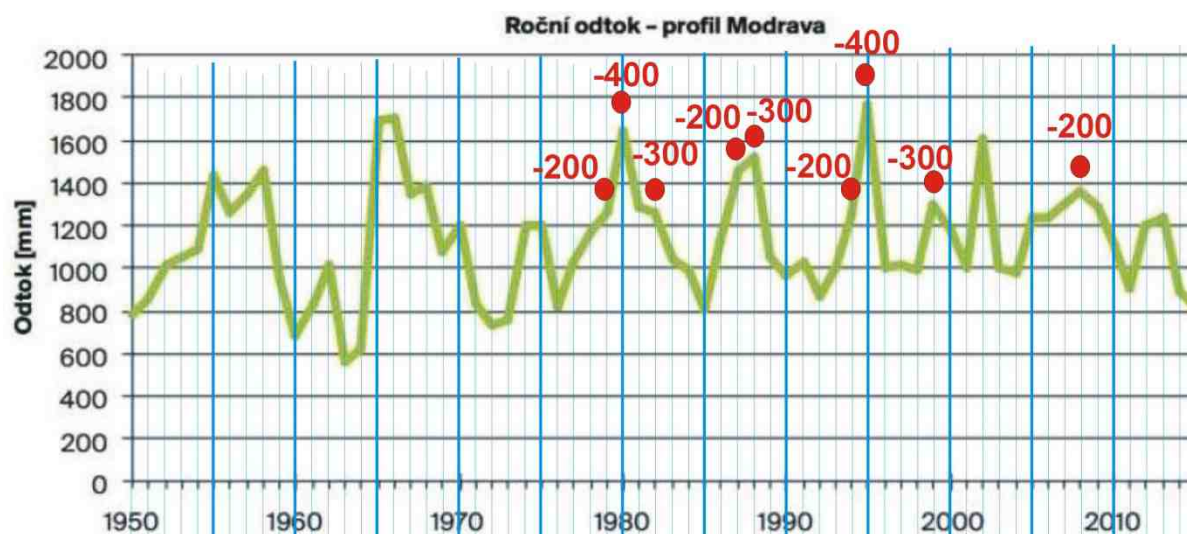


Obr. 2: Pohled na Třístoličník v roce 2011 a 2015. Termovizní snímky prokazují, že se teploty povrchu za slunného počasí od roku 2011 nesnížily (Pokorný et al. 2011).

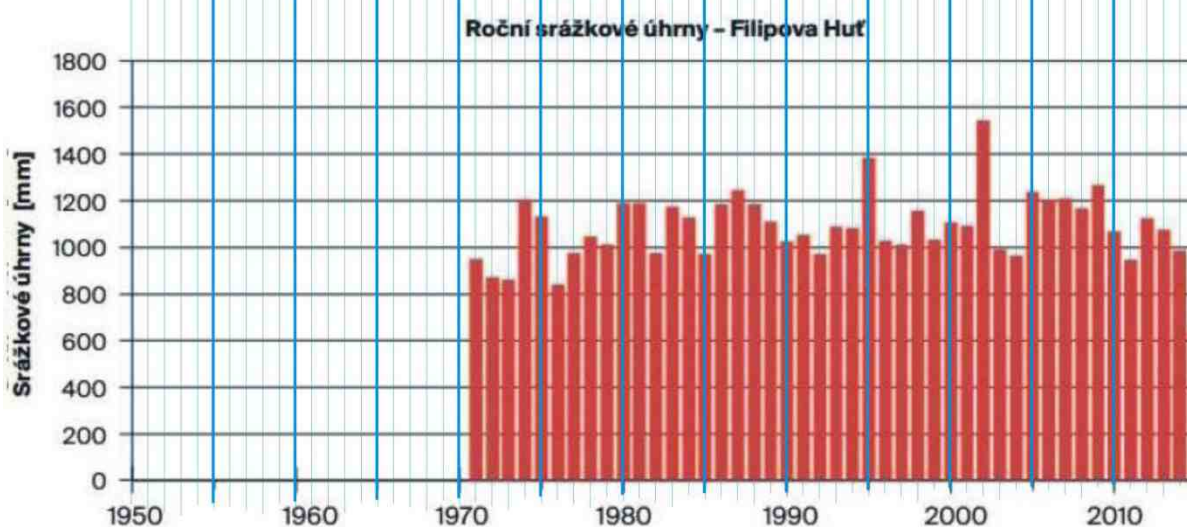


Obr. 3: Povrchové teploty zachovalého lesa na bavorské straně Třístoličníku (Dreisessel) v korunách stromů jsou okolo 24°C, teploty v dolním patře lesa 20 – 22°C. Snímek byl pořízen na osluněné jižní straně 100 – 200 m od lokality na předchozím obrázku.

2. Kritický rozbor článku Hrušky et al. (2016) – „Bezzásahový režim nemá vliv na hydrologii šumavských povodí“.



Graf 2 – A Roční odtoky (mm/rok) v Modravském potoce v letech 1950–2015.



Graf 2 – B Roční srážky (mm/rok) na Filipově Huti v letech 1971–2015.

Graf 2 A-B Hruška et al. (2016) upravený o rozdíly mezi úhrny srážek a odtoky – červené hodnoty.

Komentář:

- Grafy 2A, 2B srovnávají **roční úhrny srážek** (Filipova huť) a **odtoků vody** z povodí Modravského potoka (měřeno na Modravě, jde o Horní Vydru?). Z grafů je patrné, že v některých letech jsou odtoky vyšší nežli srážky (viz záporná čísla v grafu 2A). Autoři píší, že **v roce 2015 je roční odtok 817mm a suma ročních srážek 727mm** (viz str. 37). Autoři tento evidentní rozpor nekomentují. Pokud by tato data odpovídala realitě, potom v součtu hodnocených 40 let by chybělo v povodí na metru čtverečním cca 20 m³ vody. Je totiž známo, že **ze zalesněného povodí odtéká**

obvykle zhruba polovina dešťových srážek. Odtokům 1000mm by tedy měly odpovídat srážky cca 1800 – 2000mm. Původní data nejsou k dispozici, výsledky nelze ověřit. Vysvětlují si tento rozpor tím, že bezlesí Filipovy Hutí má podstatně nižší srážky nežli většina povodí. Vavruška (2011) uvádí dlouhodobý průměr srážek pro Filipovu Hut' 1152mm (nadmořská výška 1093m.n.m.); pro Březník, Hraniční slat' 1798mm (nadmořská v. 1175 m.n.m.) a pro Poledník 1732mm (nadmořská v. 1315 m.n.m.). Ve vzdálenosti cca 8km od Filipovy Huti jsou tedy naměřené srážky o 50% vyšší, Vavruška vysvětluje tento rozdíl hlavně anemo-orografií (změny směru větru podle tvaru hor). Domnívám se, že je nutné vzít v úvahu i pozitivní vliv lesa na srážky.

- Na grafu 2A je pozoruhodné, že odtoky od roku 2003 spíše klesají, měly by stoupat, jak ukázala zkušenost s odlesněním více než stovky menších povodí (Andreásson 2004). Bernsteinová et al. (2015) ukázali, že po úhynu smrkového lesa se v profilu Modrava („Upper Vydra“) odtok nezvýšil, naopak, mírně se snížil. Možná se projevuje pokles srážek a zejména pokles intercepce v důsledku úhynu lesa na velké ploše? Smrkový les chladí a má nad metrem čtverečným na 400 000 jehlic, které mají délku hran na 10km, na nich se „vyčesává“ vodní pára ze vzduchu. V povodí uschlo na 50 km² lesa! ■
- Str. 37 první sloupec; autoři píší: „*Nejspíše se ale projevuje prokazatelný nárůst teplot na území ČR, který vede k dřívějšímu tání sněhu a tím i k posunu jarních maxim průtoku v horských oblastech z dubna/května do března/dubna.*“ Bernsteinová et al. (2015) uvádějí nárůst teploty v dubnu o 3,3°C na Šumavě, což je více nežli na území ČR. Pro duben uvádějí nejvyšší nárůst teploty 4 °C. Toto navýšení teplot bych přičítal zejména odumření smrkového porostu, který v živém stavu chladí právě v dubnu, kdy ostatní stromy nejsou olistěny a travní porost je pod sněhem, nebo není ještě fotosynteticky aktivní a netranspiruje.
- Str. 38 (druhý sloupec dole): „*Přízemní vegetace rychle nahradí transpiraci dospělého lesa, a nejsou-li půdy mechanicky porušeny, dočasná změna vegetace nemá prakticky žádný vliv na hydrologii území.*“ Měření v terénu na Šumavě prokazují, že v jasných letních dnech jsou povrchové teploty v uschlém lese cca o 20°C vyšší nežli v živém lese. Tento rozdíl teplot nelze vysvětlit jinak než významným poklesem evapotranspirace (výparu vody). Upozorňuji, že odraz slunečního záření z travních přischlých porostů může být i o několik procent vyšší nežli z živého smrkového lesa, přesto mají travní porosty zřetelně vyšší teplotu. Evapotranspirace se v uschlém lese nahrazuje produkcí zjevného tepla, ohřátý vzduch stoupá vzhůru a odnáší vodní páru do vyšších vrstev atmosféry. Živý les je chladný, vodní pára stoupá pomalu vzhůru od korun stromů a vytváří se mlha, mraky, které stíní a voda se v noci vrací. Živý les má inverzní rozložení teplot: nižší teplota je u země, vyšší v korunách, vlhký vzduch se proto drží v živém lese. Chladný živý les „vyčesává“ vodní páru ze vzduchu, který stoupá z nížin vzhůru. Za slunného dne přichází na m² až 1000W sluneční energie. Vysoké teploty uschlého lesa prokazují, že poklesla evapotranspirace a více sluneční energie se přeměňuje na zjevné teplo. Produkce zjevného tepla v odumřelém lese stoupá o několik set wattů na m². Produkce zjevného tepla na 100ha uschlého lesa je o několik set MW vyšší nežli v živém lese. Na zvýšené teploty v uschlém lese Šumavy odkazují i další práce a jejich autoři varují před následky usychání lesa na větších plochách: Tesař et. (2004), Hais, Pokorný (2004), Hojďová et al. (2005), Pokorný et al.(2011).
- Mezinárodní tým WeForest vypracoval pro Pařížskou konferenci o klimatu COP21 tzv. PolicyBrief, v němž shrnuje důležité funkce lesa a zdůrazňuje pozitivní efekt

živého lesa na klima a hydrologii povodí (www.WeForest.org) Český překlad uveřejnil časopis Vodní hospodářství Gutierrez (2016).

- Prošel článek recenzí? Byly závěry projektu EHP-CZ02-OV-1-20-01-2014, jak jsou uveřejněny v článku Hruška et al. (2016) oponovány? **Lze na základě těchto výsledků činit strategická rozhodování v oblasti životního prostředí, tj. vyhlásit bezzásahové území na několika stovkách km² s tím, že na této ploše uschne les?**

Shrnutí: Na odlesněných plochách stejně jako v uschlém lese stoupá teplota povrchu travního porostu a odumřelých kmenů až o 20 °C. Ohřátý vzduch odnáší vodní páru vysoko do atmosféry a vodní pára se nevrací zpět. Na Šumavě stoupaly průměrné teploty více než na území ČR a nejvíce stoupla průměrná teplota v dubnu, je to způsobeno odlesněním. Zřetelně stoupaly maximální teploty v uschlém lese a na holinách ve srovnání s živým lesem. Úbytek vody a vodní páry vede k vyššímu příkonu slunečního záření a vysychání bude pokračovat. MLhy a oblačnost tlumily vyzařování tepla vůči chladné obloze. Lze proto očekávat častější výskyt ranních mrazů.

Rozšíření bezzásahové zóny spojené s úhynem dalších desítek až stovek km² lesa je hydrologickým hazardem. V literatuře neexistují hydrologické údaje o efektu odlesnění nebo úhynu lesa na tak velké rozloze mírného pásma. Protagonisté bezzásahovosti a nepodstatného efektu uschlého lesa na hydrologii povodí ignorují chladící výkon živého lesa. Vysoké teploty měřené v uschlém lese jsou projevem přeměny sluneční energie na zjevné teplo (teplý vzduch). Na 10 000ha uschlého lesa (100km²) se uvolňuje teplo minimálně 25 000MW (výkon elektráren v ČR je cca 12 000MW). Rozšíření bezzásahové zóny spojené s dalším usycháním lesa povede k prohlubování sucha a klimatické změny. Pro tlumení klimatické změny, pro tlumení extrémů počasí bychom měli podnikat kroky opačným směrem: vracet vodu a vegetaci do krajiny a v kulturní krajině se snažit napodobit strukturu a funkce lesa. Zadržování vody v krajině a podpora obnovy vegetace vede ke zmirňování extrémů klimatu a zvyšování produkce, dokazují to konkrétní příklady obnovy krajiny.

Záměrné ničení živých stromů ve jménu ochrany přírody je popřením současného pojetí termodynamické podstaty životních pochodů.

Použitá literatura:

Andréassian, V., 2004, Waters and forests: from historical controversy to scientific debate, Journal of Hydrology 291, 1–27

Andrews, P., 2006, Back from the Brink, ABC Books, Australia, 244 pp

Bernsteinová, J., Bäessler, C., Zimmermann, L., Langhammer, J., Beudert, B., 2015, Changes in runoff in two neighbouring catchments in the Bohemian Forest related to climate and land cover changes. J. Hydrol. Hydromech. 63, 342 – 352

Diamond, J., 2008, Kolaps, proč společnosti přežívají či zanikají. Academia, Praha

Gupta, S., 2011, Demystifying „tradition“: The politics of rain water harvesting in Rural Rajasthan, India. Water Alternatives 4(3): 347 - 364

Gutierrez, V., 2016, Management lesů a jeho význam pro vodu a klimatickou krajinu. Vodní hospodářství 2, 24 - 25

Hais, M., Pokorný, J., 2004, Změny teplotně-vlhkostních parametrů krajinného krytu jako důsledek rozpadu horských smrčín. Aktuality šumavského výzkumu II, 49 – 55 (Srní 4. – 7. Října 2004)

Hais M., Brom J., Procházka J., Pokorný J., 2006, Effect of water drainage on the forest microclimate; case study of two small catchments in the Šumava mountains. Ekológia (Bratislava), Vol. 25, Supplement 3/2006, 18 – 26.

Hesslerová, P., Pokorný, J., 2010, Forest clearing, water loss, and land surface heating - the cost of development in Kenya. International Journal of Water. Vol. 5, No. 4, 401 - 418

Hojdová, M., Hais, M., Pokorný, J., 2005, Microclimate of a peat bog and of the forest in different states of damage in the Šumava National Park. Silva Gabreta, vol. 11, 13 – 24.

Hruška J., Lamačová, A., Chuman, T., 2016, Bezzásahový režim nemá zásadní vliv na hydrologii šumavských povodí. Ochrana přírody, 35 - 38

Krám, P., 2011, Hydrologická bilance dlouhodobě monitorovaného povodí Lysina. Česká geologická služba, Praha, 259 - 265.

Makarieva, A., Gorshkov, V., 2007, Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. Hydrology and Earth System Sciences, Vol. 11, No 2, 1013 - 1033

Makarieva, A., Gorshkov, V., Sheil, D., Nobre, A. Li, B.-L., 2013, Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics. Atmos. Chem. Phys 13, 1039-1056

Ondok, J.P., 1998, Důkaz nebo hypotéza Boha, Trinitas, 155 pp

Pokorný, J., Hesslerová, P. Odlesňování a klima. Klimatické změny v Mau Forest v západní Keni. Vesmír roč. 90, č. 10, 573 - 578.

Pokorný, J., Hesslerová, P., Jirka, V., 2011, Změny povrchové teploty les jako následek ztráty vody a poklesu evapotranspirace. Lesnická práce 12, 26/819 – 29/822.

Ponting C., 1991, A Green History of the World. The Environment and the Collapse of Great Civilizations, Penguin Books, 412 s.

Puhlmann, H., Schwarze, R., Fedorov, S.F., Marunich, S.V., (eds.) 2007, Forest hydrology –results of research in Germany and Russia, IHP, HWRP, BfG, Koblenz, Germany, 300 pp.

Procházka, J., Brom, J., Pechar, L., 2009, The Comparison of Water and Matter Flows in Three Small Catchments in the Šumava Mountains, Soil & Water Res., 4, 2009 (Special Issue 2): S75–S82

Rosen, K., 1984, Effect of clear-felling on runoff in the two small watersheds in central Sweden, Forest Ecology and Management, 9 (1984) 267--281, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam

Schwarz J., 2013, Clearing forest may transform local and global climate (Vykácej les a změni se klima) Scientific American, March 4

Tesař, M., Šír, M., Zelenková, E., 2004, Vliv vegetace na vodní a teplotní režim tří povodí ve vrcholovém pásmu Šumavy. Aktuality šumavského výzkumu II, str. 84 – 88, Srní 4. – 7. Října 2004

Vavruška, F., 2011, Měření srážek totalitátory na Šumavě. Šumava, str. 16 – 17 CHKO Šumava a NP Šumava

Poděkování:

Děkuji J. P. Ondokovi (1998), že sepsal první principy, které v intuici poznáváme jako evidentní a se kterými se setkáváme již u Platona a Aristotela. Při studiu kauzy Šumava jsem se k nim několikrát vrátil:

- Nelze něco tvrdit a současně to popírat. Zákon sporu (neprotivořečivosti). „Je nemožné, aby tentýž usuzující měl o témže opačné názory“ (v témže čase).
- Je nutné, aby vše pravdivé bylo průběžně ve shodě se sebou samým.
- Zákon důvodu a nutnosti. Poznání, které nachází důvody nějaké skutečnosti nebo jevů, je hodnotnější nežli poznání, jež konstatuje, že něco jest. Nejvyšší vědění je znát důvod.

Sepsal: doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.

11.5. 2016

pokorny@enki.cz

ENKI, o.p.s.

Dukelská 145

379 01

Třeboň

Jan Pokorný (doc. RNDr. CSc.), pracoval v Botanickém ústav AVČR, od roku 1998 ředitel ENKI, o.p.s., přednáší od 1992 na Přírodovědecké fakultě UK Praha ekofyziologii rostlin, Water Quality Management pro University of Applied Sciences Turku/Finsko 2007 – 2013, Wetlands and Climate pro UNESCO IHE Delft atd. Zvolený člen Scientific Technical Review Panel Ramsarské dohody za Střední Evropu v letech 1999 – 2002, člen Scientific Review Panel of Natural Sequence Farming Australia, člen výzkumné rady Technologické agentury ČR, přeložil se spolupracovníky knihu Web of Life (Fritjof Capra, Non-equilibrium thermodynamic). Člen komise „Sucho“ jmenované ministrem R. Brabcem. Zabývá se aktivní úlohou rostlin v přeměně sluneční energie a klimatu. Na 120 původních recenzovaných vědeckých publikací

Nedivme se, že je sucho

Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc., ENKI o.p.s.

22.6.2017

Historické civilizace zanikly převážně tím, že jejich území vyschlo a tak archeologové je dnes nacházejí pod nánosy písku. Nejstarší velká civilizace byla v Mezopotámii na území dnešní Sýrie mezi řekami Eufrat a Tygris. Záběry ze Sýrie můžeme vidět každý den – je to vyschlá země bez stromů, bez vegetace, bez vody. Jakou chybu udělaly historické civilizace, že vyschly, poučili jsme se?

Nepoučili jsme se, opakujeme jejich chyby v globálním měřítku a za pomoci mnoha mechanismů. Lidé kolonizují lesnatou krajinu s močály, vypalují lesy a zakládají pole a pastviny. Les totiž uživí pouze 1 – 2 osoby na km². Jak populace roste, dochází k přeměňování lesů na zemědělské půdy. Hlavní zemědělské plodiny jsou obilniny a ty vznikly ze stepních rostlin, takže nesnesou zatopení vodou. Zemědělec proto odvodňuje pole, odvodňuje mokřady, odvodňujeme i města abychom se zbavili komárů, malárie a nenosili na botách domů bláto. Ideálem pořádku je vydlážděná plocha a krátce sekaný trávník. Krajina postupně vysychá, přehřívá se sluncem, přestávají ranní mlhy, netvoří se rosa, ubývá drobných odpoledních srážek. Jak výpar převládá nad srážkami, člověk přivádí vodu z kopců, racionálně zavlažuje, tj. dává vodu jen plodinám, holá půda se přehřívá, ohřátý vzduch odnáší vodu z krajiny, půda se postupně zasoluje. „Voda, které bylo kdysi nadbytek, se nedostává, zemědělství upadá, hlas zemědělců není ve městě vyslyšen, nastává nedostatek a rozklad impéria“ - tak popisuje rozvoj a úpadek civilizací archeolog Clive Ponting ve své knize „Green History of the World, The Environment and the Collapse of Great Civilizations„.

Na území České republiky bylo od roku 1948 do konce 80. let minulého století rozoráno 270 000 ha luk a pastvin, 145 000 ha mezí (což odpovídá délce 800 000 km!), 120 000 km polních cest, 35 000 ha hájků, lesíků, remízků a bylo odstraněno 30 000 km liniové zeleně, dále více než milion hektarů polí odvodněno trubkovou drenáží, 14 000 km malých toků bylo napřímeno, zahloubeno a z toho 4500 km toků bylo zatrubněno. Z naší krajiny zcela zmizela síť drobných toků. Na rozlehlých půdních blocích jezdí dnes vysokou rychlostí velké zemědělské stroje. Půda postupně ztrácí organické látky, nedrží vodu. Města se rozrostla a voda je svedena do kanalizace.

Za jasného dne ve vegetační sezóně od března do října přichází na metr čtverečný až 1000 W sluneční energie, na 1km² tedy přichází 1GW, což je množství energie srovnatelné s produkcí jednoho bloku jaderné elektrárny Temelín. Pokud slunce svítí na odvodněné plochy bez vody a vegetace, tak se tyto plochy ohřívají na 50 – 60 °C, od nich se ohřívá vzduch, který unáší vysoko do atmosféry vodní páru a vysouší okolní stromy, vodní plochy. Na radaru ČHMÚ může každý sledovat působnost tepelných ostrovů na chod oblačnosti (příkladné je to např. nad Plzní).

Lesní vegetace umožňuje potřebný vitalitní koloběh vody: v parném létě je v lese chládek, protože se stromy ochlazují výparem vody. Z lesa stoupá vodní pára jen pomalu vzhůru a voda se může vracet zpět jako drobný déšť, poté, co vodní pára se kondenzuje odpoledne, pak v noci kondenzuje zpět na vodu kapalnou. Nic takového se nemůže dít nad rozsáhlým odvodněným polem, betonovými povrchy parkovišť a rozsáhlými halami o povrchové teplotě 50 °C. Když v červenci v ČR sklídíme řepku a obilí, obnaží se na 18 000 km² ploch bez vody a vegetace, které se ohřívají a teplý vzduch, který z nich stoupá, představuje energii 4000 – 6000 GW. Taková sloupec horkého vzduchu brání přísunu vlhkosti od Atlantiku a rozpouští případnou oblačnost. Sedláci říkali „na suché pole neprší“, sedláci téměř vymřeli a o klimatu a o vodě se jedná v klimatizovaných místnostech, přičemž se více dá na modely nežli na zkušenost hospodáře v krajině.

Nejednání poradního sboru „Koncepce na ochranu před následky sucha České republiky“ prosazovali přítomní odborníci protichůdné názory, například: „*rybníky nebudeme stavět, protože se z nich odpařuje mnoho vody v teplém letním počasí, z mokřadů se také odpařuje mnoho vody, a proto je nebudeme obnovovat. Z polí bez vegetace se voda nemůže odpařovat, protože tam není. Jiní tvrdí, že úhyn lesa na Šumavě nemohl snížit vodnost pramene Vltavy, protože je přece zřejmé, že suchý les odpaří méně vody nežli les živý. Jiní vědci kategoricky tvrdí, že les je tmavý a otepluje planetu, protože absorbuje více sluneční energie nežli světlé pole.*“ Na vysvětlenou dodávám: z rybníků a mokřadů se vypařuje více vody proto, že jí odeberá suchý vzduch z odvodněných přehřátých ploch. Mokřady, podobně jako lesy si udržují nízkou teplotu pod 30 °C, vzduch nasycený vodou z nich stoupá pomalu vzhůru a voda se může vracet v podobě drobného deště, rosy a mlhy. Mlha a oblačnost tlumí příkon sluneční energie a zabraňuje vzniku ranních mrazů. Ještě v 70. letech minulého století bývala brzy ráno i v létě hustá mlha od Veselí nad Lužnicí do Sezimova Ústí, srážela se nad blaty, nad mokřadmi, nad mokřadmi. Vzrostlý les na Šumavě vyčesával několik set mm horizontálních srážek ročně, uschlý les to nedokáže, naopak urychluje ztráty vody.

Současná klimatická věda se soustředila na zabránění vzrůstu průměrné globální teploty, které je údajně způsobeno zvýšenou koncentrací skleníkových plynů, jako je oxid uhličitý, metan a oxidy dusíku. Obáváme se vzrůstu průměrné teploty a přitom často zmrznou meruňky, broskve a u nás na jihu Čech i borůvky. Problém je v odvodnění a nedostatku vody, způsobeném dlouholetým špatným hospodařením v krajině. Ve východní Africe klesla za posledních 50 let plocha lesa z 60% na 2%. Z lesů stoupal vlhký vzduch do vysokých hor a tam přirůstal ledovec na vrcholech Afriky. Dnes ledovce odtávají následkem přísunu ohřátého vzduchu z odvodněných a odlesněných nížin. Podobně je tomu ve Středozeří. Španělsko ztratilo vodu poté, co byly vykáceny lesy na stavbu lodí. Kolumbus, když připlul k Jamajce, zapsal: každý den odpoledne zde prší, tak tomu bývalo i na ostrovech u Španělska, než jsme vykáceli lesy. V Americe, na území USA bylo od příchodu Evropanů odvodněno na 46 milionů hektarů mokřadů a nahrazeno zemědělskými plodinami, vzduch se na takové ploše ohřívá energií 175 000 GW, vytváří se velké tepelné rozdíly, kterými

jsou poháněna tornáda a teplý vzduch se přesouvá i nad oceán. Dnes má již 40 států USA problémy se zásobováním vodou, nejvíce Kalifornie.

Pod každým čtverečným metrem půdy chybí v ČR dnes několik set litrů vody, ta je v oceánu. Náprava je možná jedině soustavným zadržováním vody v krajině na vhodných plochách, v půdě na půdních blocích a podporou trvalé vegetace. Zemědělská produkce klesnout nemusí, zemědělská produkce klesá následkem sucha. Nejsušší oblasti jsou právě tam, kde je odvodněná zemědělská půda, to platí i pro Slovensko a území východního Německa. Potřebujeme zadržet dešťovou vodu a ochladit území výparem vody přes vegetaci, potom se bude do chladné krajiny vracet. Suchá území vysychají dále a krajina ochlazovaná vegetací přitahuje dešťové srážky. Veřejnost musí žádat od vědců jasná vysvětlení a vědci by se měli zodpovídat z toho, co hlásají.

Začátkem června jsme byli v Turkmenistánu na konferenci států Střední Asie o vodě a klimatu. Aralské jezero vyschlo a prohlubuje se nedostatek vody v celé oblasti. Obloha je zde bez mraků mírně zastíněna všude přítomným drobným prachem z písku. Naměřili jsme příkon slunečního záření do 800 W.m^{-2} , tedy méně nežli u nás za jasného dne. Teplota v Ašchabádu a okolí byla ovšem nad 35°C tedy vyšší než u nás. Teplotu zvedají odlesněné okolní svahy kopců a hor vyhřáté na 60°C , z nichž přichází horký vzduch a přehřáté plochy pak sálají dále do svého okolí. V okolí Ašchabádu vysazují stromy na úctyhodné ploše 2500 km^2 ve snaze vrátit vodu a snížit prašnost. Ke každému stromku přivedena hadička přivádějící závlahovou vodu. U nás zatím necháváme les schnout s tím, že to nemá vliv na hydrologii území a tak vysycháme a opakujeme chyby starých civilizací.

poznámky z knihy Schneider, Sagan „In the Cool“ (z této knihy jsou stránky uvedené v textu), F.Capra „Web of Life“(přeložili jsme: Tkáň života)

Rostliny v pojetí termodynamiky otevřených systémů

Klasická termodynamika zkoumá přeměny energie v uzavřených a tepelně izolovaných nádobách, známých jako adiabatické boxy. Probíhají v nich adiabatické procesy, tedy pochody bez příjmu či výdeje tepla s okolím. Uvnitř takových energeticky uzavřených systémů se vyrovnávají postupně teploty, případně proběhnou chemické reakce, až se dosáhne nejpravděpodobnějšího stavu. Neuspořádanost (náhodnost/randomness) těchto energeticky uzavřených systémů se zvyšuje, až dosáhnou termodynamické rovnováhy neboli maximální entropie: vyrovnají se teploty a chemické reakce doběhnou do konce.

Entropie je mírou pravděpodobnosti stavu systému. Toto vyjádření je exaktnější než obvyklé konstatování že „entropie je mírou uspořádanosti systému“. Neuspořádanost či uspořádanost jsou subjektivní projevy, zatímco pravděpodobnost je přesně vyjádřitelná. (Kodíček, Karpenko 2000).

Na začátku 19. století se vědci a konstruktéři snažili zvýšit účinnost parního stroje pro jeho lepší praktické použití. Francouzský fyzik Nicolas Léonard Sadi Carnot přičítal porážku Francie nedostatečnému využití technologie, a proto se rozhodl práci parního stroje studovat a zlepšit. Carnot pozoroval, že teplo se vždy pohybuje od vyšších teplot k nižším od horka k chladu a nikdy směrem opačným a že tento tok tepla může generovat výkon. Carnot tak položil základy termodynamiky a ukázal význam přeměny tepla na práci. Ve věku 26 let (1822, Schn, Sagan) vysvětlil, jak by pracoval ideální parní stroj v reversibilním (Carnotově) cyklu. Carnot zdůraznil, že k práci stroje nestačí pouze kotlem produkovaná horká pára, ale nutný je i chladič, **nutný je rozdíl teplot**. Teplo samotné nestačí, musí proudit do chladu. Rozdíl tepla na určité vzdálenosti (gradient) je podmínkou procesu. Čím je větší gradient tím vyšší je schopnost (síla) konat práci.

James Prescott Joule (1843) ukázal, že mícháním vody pádlem/lopatkou se zvýší teplota vody. Lopatky poháněl definovaným závažím, takže mohl vypočítat kolik práce (hmotnost závaží x vzdálenost) bylo nutno vykonat, aby se daný objem vody ohřál o jeden stupeň. Joule tak propojil Newtonovu mechaniku s termodynamikou. Joule ukázal, že energie se prací (mícháním) přeměňuje na teplo, neztrácí se. To je základ prvního principu termodynamiky: energie se neztrácí ale má různé formy = zákon zachování energie (conservation of energy).

Rudolf Julius Emanuel Clausius (1854) zavedl poměr mezi teplem (množství energie) a teplotou (intenzita energie). Tento poměr nevyhnutelně stoupal s časem. Clausius zavedl pro tento úkaz název „entropie“, jako míru jednosměrné přeměny energie ve tření a teplo.

přeměněný obsah (Verwandlungsinhalt).

V rámci druhého termodynamického zákona pak Clausius v šedesátých letech zavedl pojem entropie. Pomocí ní statisticky vyložil právě nezvratnost některých přírodních dějů. Entropie v

řečtině znamená „plynutí směrem k nějakému stavu“, tedy přeskupení energie. Každý uzavřený systém má tendenci dostat se do rovnovážného stavu, který je statisticky nejpravděpodobnější. V případě jeho dosažení pak už ale systém bez dodávek energie z vnějšku není schopen konat práci. Podle Clausia je tedy základní skutečností našeho světa, že entropie v každém takovém systému během času nutně stoupá, zatímco energie postupně degeneruje. To je důvod, proč se někdy entropie vysvětluje jako míra neuspořádanosti.

Pokud tento předpoklad spolu s Clausiem aplikujeme na samotný vesmír, musíme dojít k jednoznačnému závěru, že vesmír coby maximální možný uzavřený systém také jednou přemění všechnu svou energii a tím se veškerý pohyb, a tedy i vývoj, jednou provždy zastaví. Tuto poslední fázi nazval Clausius tepelnou smrtí vesmíru.

Clausius navázal na Carnotovu práci a formalizoval první a druhý zákon termodynamiky.

První zákon říká, že množství energie se v uzavřeném systému nemění, pouze se přeměňuje z jednoho druhu na jiný, zatímco druhý zákon se týká kvality energie v systému a říká, že energie degraduje a stává se nevyužitelná pro práci v daném systému. Entropie je stavovou veličinou, změna entropie závisí pouze na počátečním a konečném stavu. Při všech přeměnách energie dochází ke ztrátám a k postupné degeneraci energie a nárůstu entropie. Degeneraci lze chápat jako ubývání schopnosti konat práci. Na základě těchto ztrát, při přeměně vázané energie v použitelnou a pak rozptýlenou a již nepoužitelnou energii, se uvolňuje teplo a další emise, které řád v ekosféře mění na chaos a v konečném důsledku v tepelnou smrt.

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/925-co-to-je-entropie> Str 44 Druhý zákon říká, že energie plyne od teplejšího ke studenějšímu a nemůže plynout opačným směrem, chladnější nemůže předávat energii (teplo) teplejšímu tělesu.

47 Ludwig Boltzmann ve druhé polovině devatenáctého století zavedl do termodynamiky teorii pravděpodobnosti a propojil s ní tendenci systémů směřovat do rovnovážného stavu. Boltzman byl inspirován Darwinem a snažil se vysvětlit projevy života termodynamickou statistikou. Systémy směřující k termodynamické rovnováze (chaosu, náhodnosti) se ovšem chovaly právě opačně nežli Darwinem popsany evoluční rozvoj komplexity živých systémů. Život rozvíjí organizované struktury a chemické reakce, které se nemohou udržet v uzavřeném boxu a jestli něco minimalizují, potom je to jejich vnitřní entropie. Boltzman v roce 1886 jasnořivě prohlásil, že energetický gradient na Zemi vytvářený Sluncem, pohání životní procesy. Boltzman postuloval kompetici Darwinova stylu mezi živými systémy: (str.60) jako „zápas o entropii, která je dosažitelná skrze přeměnu energie slunce na chladnou zemi. Aby tuto přeměnu mohly provádět v co největší míře, rostliny rozkládají svoji rozsáhlou listovou plochu po zemi, aby zachytily energii slunce, než dopadne na zem a než její teplota klesne. Využívají ji k rozličným chemickým reakcím, o nichž naše laboratoře dosud nemají tušení.“

Kromě poněkud nevhodného termínu „entropie“, který by mohl být nahrazen termínem „Gibbsova volná energie“, je Boltzmanova analýza zcela moderní. (viz str. 60)

Gibbs rozšířil termodynamiku do **otevřených systémů**, které umožňují výměnu energie s vnějším světem. Jeho koncept volné energie (free energy) uvolnil systém z uzavřeného

prostředí. Volná energie systému je rovna množství užitečné práce, kterou tato energie může poskytnout. Systém je v rovnováze, když má minimum volné energie a maximum entropie, a všechny reakce, děje ustanou. Volná energie G systému je rovna celkovému množství energie H (*heat*) minus součin teploty a entropie a reprezentuje **balance** mezi entropií a energií systému: $G = H - TS$. (str 69)

Po Darwinovi a Boltzmanovi potřebovala termodynamika nové nástroje. Schroedingerova kritika vyžadovala odpověď. Jak je možné, že systémy se vyvíjejí do vyšší komplexnosti a vyšší organizace? Skutečný opak náhodné distribuce a energie a látek, který Boltzman a jeho kolegové razili, se projevoval všude v reálném světě. Otevřené systémy si užívají (enjoy) přísunu energie a látek. Jsou to systémy, které namísto, aby dosahovaly prederminovaný konec rovnováhy a vymizení, zrychlují ustavení rovnováhy ve svém okolí. Zatímco izolované systémy předvídatelně se měnící v ruiny jsou v reálném světě jen výjimečně. Téměř všechny reálné systémy kromě těch, které studovala termodynamika ve svém klasickém období, jsou otevřené.

Mikulecky (1993) studoval vyrovnávání teplot na modelovém systému dvou nádrží. (str 77) a ukázal, jak druhý zákon termodynamiky vysvětluje redukci gradientů v čase. Pokud je systém izolován a dosahuje rovnováhy, potom redukuje gradienty. V nerovnovážných ustálených stavech (steady states) tato tendence vyrovnávat gradienty trvá, systém ovšem dostává energii z vnějšku a tak je výsledkem proud energie – kontinuální disipace energie. Redukce gradientů je stejně důležitou principiální vlastností termodynamiky, jako samotná změna v entropii. Soustředění pozornosti na destrukci gradientů, nejenom na produkci entropie, umožňuje úplnější analýzu těchto systémů. Pohled na svět se změní a je úplnější, když ho sledujeme prismatickým nevratného zmenšení gradientu a nejenom jako snižování nebo zvyšování entropie.

Alfred Lotka (1922 in Sagan, Schneider 2005) předstihl své vrstevníky o generaci, když chápal život jako disipativní metastabilní proces. „I když je život stabilní a chybně chápán jako „věc“, ve skutečnosti je život procesem živeným sluneční energií“. Lotka zdůraznil, že život na Zemi je otevřený systém, je to bioenergetický, biofyzikální a termodynamický jev. Systémy nerovnovážné vypadají jako stálé, neměnné ale ve skutečnosti jsou „stálým stavem – steady state“ živeným z gradientu. I chemické složení Země je takovým metastabilním stavem, není stálé proto, že se dostalo do nejpravděpodobnějšího stavu, ale proto, že se neustále tvoří nové látky i organismy a staré mizí. Jednoduchým připodobněním je pingpongový míček vznášející se v proudu vzduchu vycházejícího z vysavače. Výška míčku závisí na síle proudu vzduchu, když vysavač vypneme, míček spadne. Podobné je to s organismy, „nespadnou“ do rovnováhy, protože dostávají stále novou a novou energii.

Prigogine rozpracoval termodynamiku systémů vzdálených rovnováze. Tyto systémy energii zachycují a přeměňují, rozdělují a pohánějí tak i toky látek. Prigogine popularizoval termín „disipativní struktura“ zavedený Lotkou. Disipativní struktury jsou nerovnovážné, otevřené a dynamické systémy a nalézají se uvnitř gradientu, ze kterého si berou energii, tím gradient

snižují a degradují energii gradientu. Prakticky to znamená, že snižují rozdíly teplot, rozdíly koncentrací. Disipativní systémy se přeměnou energie (snižováním gradientů) zdokonalují (sebe-organizují) a do okolí uvolňují entropii. Prigogine a kol dále popsali, jak tyto systémy „tlačené“ od rovnováhy procházejí náhlými přeměnami (bifurkace) z jednoho stavu do druhého.

Odkaz na F.Capra „Tkáň života“. Citovat F.Capra a Order out of Chaos, Prigogine

Organizovaný systém využívá energii gradientu rychleji, příkladem je vodní vír. Voda z lahve odtéká pomalu (odbublává), odtok vody úzkým hrdlem je zdržován vzduchem postupujícím „po bublinách“ do vyprazdňovaného prostoru láhve. Když lahvi zatočíme tak, aby se vytvořil vír, odtok se výrazně zrychlí, gravitační potenciál (gradient) tedy zmizí rychleji. „Tornádo“ v lahvi je efektivnější nežli lineární pohyb. Skutečná tornáda, bouře, hurikány jsou disipativními procesy a jsou poháněny gradienty tlaku, jde o vztah tlak – objem – teplota, popsán již v základech termodynamiky. Nikde jinde v přírodě se síla gradientu neprojeví tak mocně jako v tornádech a hurikánech. Ve středu tornáda stoupá vzduch prudce vzhůru a barometrický tlak klesá. Gradient tlaku napříč tornádem je tak obrovský, že když tornádo přechází obydlené oblasti, domy explodují. Dům má tendenci vyrovnávat svůj tlak s klesajícím tlakem vnějším a exploduje. Hurikány vznikají nad teplým oceánem. Gradient, který žene hurikán, tj. rozdíl teploty mezi povrchem oceánu a chladným vzduchem v atmosféře je 27 °C a více. Vzduch je nasáván vzhůru, vodní pára se zde sráží a uvolňuje se latentní teplo a nasává se vzduch ze spodu, a vytváří se tak nízký tlak na povrchu oceánu a gradient tlaku i teploty uvnitř a vně „bouře“? Neblaze proslulé oko hurikánu je v centru „bouře“ nad oceánem a je v něm nejnižší tlak – vertikální teplotní gradient tak pohání horizontální tlakový gradient, který je navíc posilovaný rotací Země (Coriolisova síla).

Na konci dát do vztahu vichřice, tornáda na pevnině vznikající z absence „vyrovnávačů gradientů“ stromů, vegetace a vody

Termodynamika života je disciplínou nerovnovážné termodynamiky, zůstává ovšem esoterickou, tedy veřejnosti neznámou disciplínou provozovanou úzkou skupinou zasvěcených. Věda, poznání a hlavně výuka je rozdělena na obory, které často nekomunikují. Navíc mnoho biologů tvrdí, že fyzika nepřispívá přímo k poznání života. Mnoho biologů, včetně evolučních biologů, ignoruje fyziku a termodynamiku. To, co nazýváme životem, není něco vzdáleného materii ani to není pouhá živá hmota, ale je to informační a energetický proces na povrchu Země.

Lindeman (str. 191) klasifikoval organizmy podle trofických hladin na autotrofy, herbivory, carnivory a ukázal, že jen určitý podíl energie přechází do dalšího patra potravního žebříku/pyramidy - je to biologický příklad druhého zákona termodynamiky. Na každé úrovni přechodu (například zooplankton živící se fytoplanktonem) jsou ztráty tepla – entropie. Potravní pyramida má spoustu uskladněné energie na dolní úrovni (rostliny) a málo energie

na vrcholu pyramidy. Ukázal, že energie se nikdy zcela nevyužije v dalším, vyšším patře potravní pyramidy. Taky proto neexistuje více pater trofické pyramidy než 5, 6.

Margalef (str 194) studoval ekologickou sukcesi vodních ekosystémů a poukázal na mezeru mezi pohlcením sluneční energie a jejím uvolněním později. **Margalef formuloval, že doba po kterou se energie zadržuje v ekosystému, se prodlužuje s vyspíváním ekosystému.** Margalef razil také myšlenku metabolického poměru mezi primární produkcí a standing biomass – jak vysoká primární produkce je nutná k udržení jednotky biomasy v ekosystému a je měřítkem účinnosti ekosystému. Rostoucí ekosystém je jako dítě a adolescent, spotřebovává hodně potravy ve svém raném vývoji, později biomasa nepřirůstá a systém je energeticky účinný, organizovaný, dospělý. Hutchinson a jeho následovníci nepohlíželi na život jako organismy nebo populace organismů, spíše život považovali za „tekutá společenstva“ vyměňující látky a energii, vytvářející funkční struktury, které jsou více než pouhé jednotlivé organismy. Podobně Margalef (str 195) tvrdil, že: populace musíme považovat spíše za proces nežli za stav.

James Lovelock dostal nabídku od NASA, aby se podílel na vývoji přístroje pro detekci života na Marsu. NASA plánovala vyslat vesmírnou loď na Mars, která tam bude hledat život v místě svého přistání, počítalo se s řadou experimentů prováděných s půdou přímo na místě. Lovelock si kladl obecnější otázku „Jak si můžeme být jisti, že odhalíme život na Marsu, pokud vůbec nějaký je, testy, které vycházejí z vlastností života na Zemi?“ Lovelock si uvědomil skutečnost, že všechny živé organismy přijímají energii a látky a zbavují se odpadních produktů, je tou nejobecnější charakteristikou života, kterou mohl zjistit. Pokud je na Marsu život, měla by atmosféra Marsu prokázat některé zvláštní kombinace plynů, zjistitelné též na Zemi. Složení atmosféry Země a Marsu se velmi liší. Zatímco na Marsu je velice málo kyslíku, mnoho oxidu uhličitého a žádný metan, je v atmosféře Země značné množství kyslíku, oxid uhličitý i metan. Metan a kyslík spolu ochotně reagují, jejich přítomnost obnovují právě živé organismy. V naší atmosféře je směs plynů vzdálených od chemické rovnováhy, zatímco na Marsu se ustavila dokonalá chemická rovnováha – reakce dobehly do konce.

(198 nahoře) Jedním z nejzřetelnějších rysů sukcese ekosystémů je vzestup množství biomasy v čase. Biomasa (B) se obvykle měří v gramech sušiny na m^2 , často se množství biomasy vyjadřuje jako množství vázaného uhlíku. Množství biomasy na m^2 počátečních fází lučního porostu je podstatně nižší nežli množství biomasy na m^2 v dospělém lese; rozdíl jsou **gramy vůči stovkám kg**. Čím vyšší biomasa ekosystému, tím více energie se v ekosystému pohltí, tím více entropie se produkuje v procesech jako je transpirace, fotosyntéza a reakce metabolismu. Růstová křivka biomasy se ustaluje z několika příčin: genetické predispozice, nedostatek světla, vody, živin v hustém porostu. Pokud uvažujeme ekosystém jako termodynamický disipativní systém, potom je takový systém v klimaxu ve quasi-steady state (jakoby stálém stavu), je uzpůsoben k degradaci dostupných energetických gradientů, jak autotrofním, tak heterotrofním způsobem. Ekosystém je obrovským reduktorem gradientů.

Odum (1969) a Schneider (1988) ukázali, jak v průběhu sukcese klesá poměr primární produkce/biomasy, s rozvojem ekosystému je potřeba poměrně méně energie k jeho udržování. Str 198, 201 *uprostřed*, str 214.

Děravé ekosystémy (str 202), časná stadia „r“ ekosystémů většinou ztrácejí živiny, zatímco vyvinuté/dospělé ekosystémy si udržují své zdroje uvnitř svých systémů. Deštný les recykluje většinu svých látek a energie a využívá endogenní (vlastní) zdroje vody a živin. Oběh, recyklace je všudypřítomný jev ekosystémů.

Lesy a stromy v nich jsou hlavní technologií biosféry na redukci gradientů. Úloha, jakou les a stromy hrají v přeměnách sluneční energie a zejména redukci gradientů nebyla dosud doceněna. Vztah mezi sluncem a stromem je asi tím nejlepším názorným příkladem našeho termodynamického paradigmatu. Stromy „sahají po slunci“ a optimálně pohlcují energii gradientu mezi sluncem a chladnou zemí.

Rostliny jsou snad tím dosud nejpokročilejším vyvinutým nástrojem pro degradaci přicházejícího slunečního záření. Rostliny puzeny svojí tendencí likvidovat (abhorrence) gradienty, když jsou takovému gradientu exponovány, vyvíjejí nejrůznější/roztodivné struktury pro jeho likvidaci. Vytvářené struktury udržují v chodu procesy toku látek a přeměn energie.

Lze si představit, a musíme si to jen představit, protože tento proces nelze pozorovat pouhým okem, že náš strom uprostřed pole, je gigantickou disipativní strukturou pohlcující sluneční záření vysoké exergy a degradující většinu této energie do „low-grade“ latentního tepla transpirací. Je to jako obrovská vodní fontána, ze které prýští voda ve formě skupenského tepla. Je to jako svíčka spalující „high-exergy“ vosky a degradující toto high-exergy palivo (fuel) na „low-grade“ skupenské teplo, které nepociťujeme ani přes šířku jídelního stolu. Vypadá to, že 1% energie rostliny se využívá na vytvoření malého (titěrného, *tiny*) fotosyntetického motoru, který potom řídí obrovský disipativní proces.

Nejlépe je rozumět (vnímat) strom jako obrovský reduktor (tlumič) energie. Každý nový list, každé autotrofní nové uspořádání/přeskupení, je novou příležitostí k degradaci energie. Krátce řečeno, Karteziánské „myslím, tedy jsem“ se stává „jsem, protože disipuji“.

Přepsat a možná překreslit graf a obrázek ze strany 198, 199 a přidat obrázky Willyho Ripla o uzavřených cyklech.

Zmínit Capru/Tao, neustálé přeměny energie. Soulad východních filosofii zdůrazňujících vztahy a procesy s výsledky zkoumání podstaty hmoty – rychlost a energie. Nejsou částice ale přeměny energie.

Definice pojmů:

Uzavřený systém

Izolovaný systém

Otevřený systém

Děj adiabatický, izochorický, izobarický

Disipace, disipativní struktura

Enthalpie

Entropie

Gradient

Gibbsova volná energie

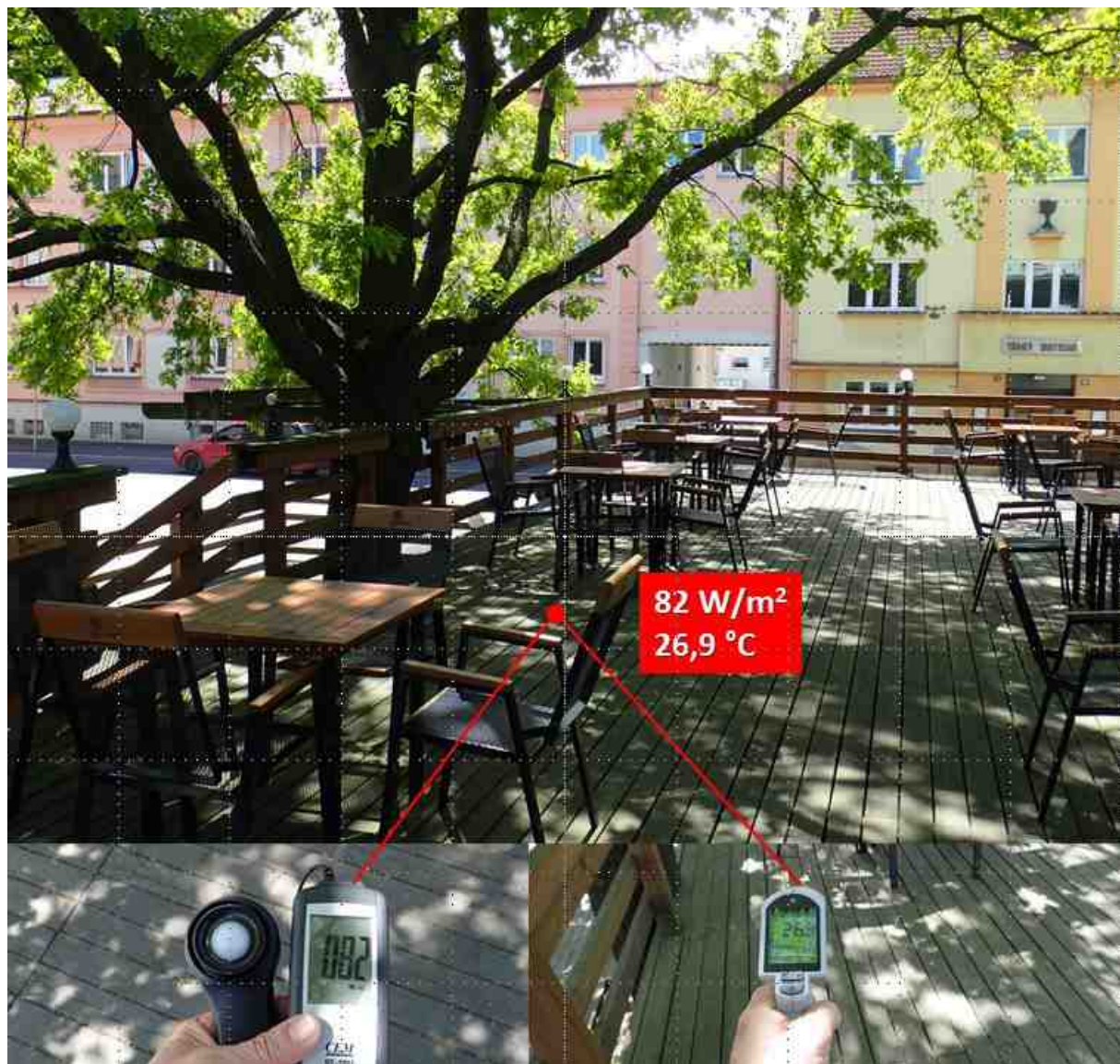
Capra, F.

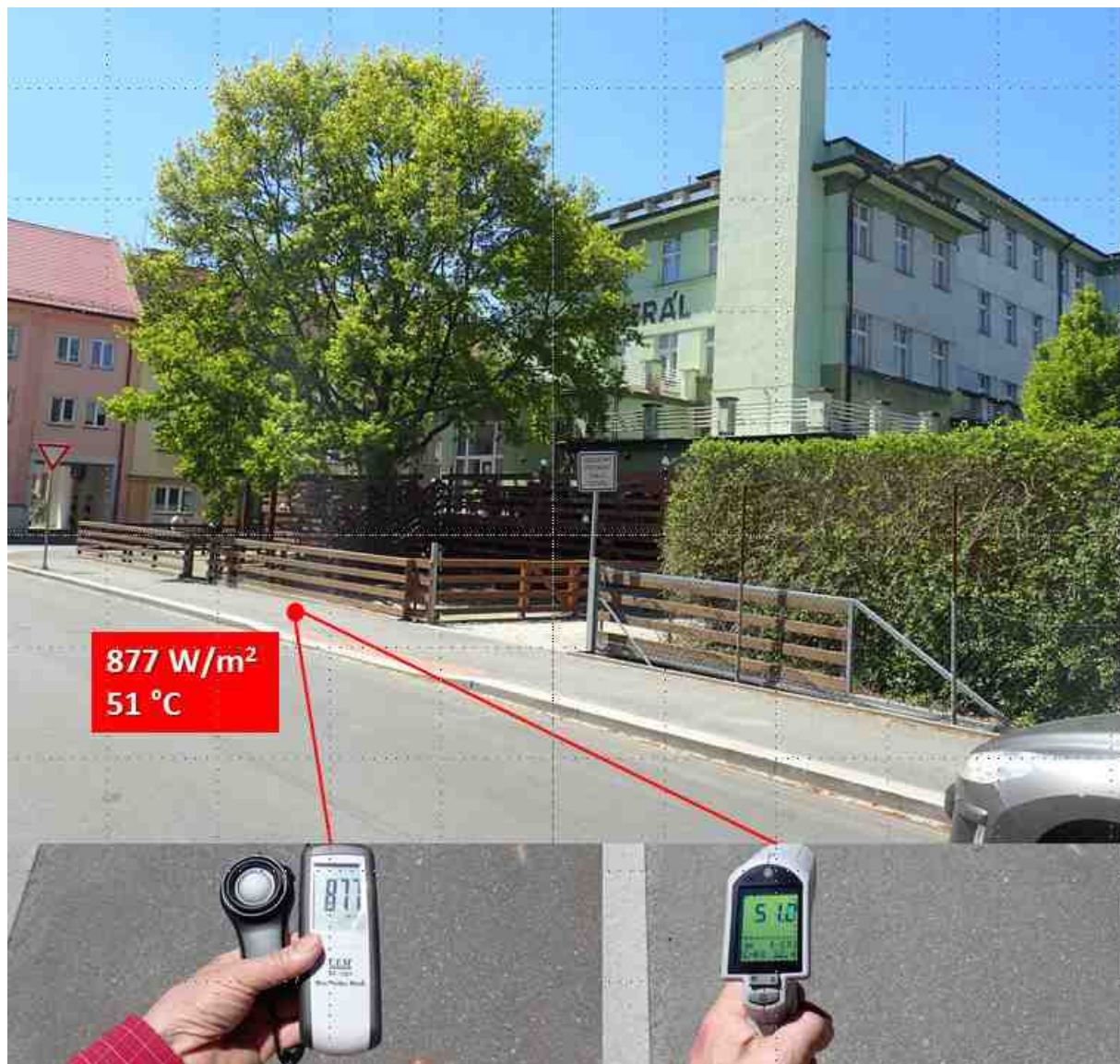
Kodíček M., Karpenko V., 2000, Biofyzikální chemie, Academia Praha, 337 pp

Lotka, A.J. 1922, Contribution to the energetics of the evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 8: 148 – 154

Prigogine, I.

*Schneider, E.D., Sagan, D. 2005, INTO THE COOL (Energy Flow, Thermodynamics and Life)
The University of Chicago Press*





Stín stromu

Chodník na plném slunečním svitu má povrchovou teplotu $51\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na metr čtverečný přichází 877 wattů . Ve stínu stromu je povrchová teplota $26,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a prochází tam pouze desetina plného slunečního svitu 82 W.m^{-2} .

Sluneční energie se při průchoduolistěnou korunou stromu spotřebuje na výpar vody a další životní pochody. Energie „uschovaná“ ve vodní páře se uvolní při kondenzaci vodní páry ve vyšší vrstvě atmosféry i v noci a ráno ve formě mlhy a rosy.

Koruna stromu má poloměr 4 m , povrch koruny je přibližně 100 m^2 , z jednoho m^2 se vypaří nejméně 2 litry vody za den. Strom vypaří za den 200 litrů vody a na výpar spotřebuje 140 kWh sluneční energie. Toto množství energie se neprojevuje jako zjevné teplo. Kolik autobaterií o kapacitě 100 Ah bychom potřebovali na uskladnění 140 kWh energie?

Strom vypařuje vodu podle množství přicházející sluneční energie, na výpar vody se reálně může spotřebovávat až 250 W.m^{-2} . Což představuje momentální chladící výkon 25 kW , ekvivalent 8 klimatizačních jednotek, každá o chladícím výkonu 3 kW . Technologická klimatizace ovšem na jedné straně chladí a na druhé vypouští teplo, v součtu takové zařízení svoje okolí otepluje. Strom „uschovává“ energii slunce do vodní páry a ve formě vodní páry přenáší tuto energii na chladná místa.