

Management lesů a jeho význam pro vodu a klimatizaci krajiny

Jan Pokorný

Lesy působí na klima rozličnými procesy, které v kontinentálním měřítku ovlivňují toky sluneční energie, oběh vody (hydrologický cyklus) a ovlivňují též složení atmosféry.

Značná pozornost výzkumu, médií, tisku a politiků je věnována vlivu lesa na skleníkový efekt atmosféry. Lesy ve své biomase váží uhlík. Stromy stejně jako všechny zelené autotrofní organismy vytvářejí svoji biomasu fotosyntézou: přijímají oxid uhličitý a redukuje ho vodíkem, který získávají fotolytickým štěpením vody, a do atmosféry uvolňují kyslík. Zdůrazňuje se tedy schopnost lesa zmiřovat klimatickou změnu snižováním koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Zalesňování vede ke snižování obsahu oxidu uhličitého v atmosféře nebo alespoň snižuje nárůst koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, protože oxid uhličitý se váže do dřeva (biomasy) rostoucích stromů. Tento zúžený pohled na funkci lesa v utváření klimatu vede ovšem k absurdním závěrům, které jsou publikovány v uznávaných mezinárodních vědeckých časopisech a šířeny i reprezentanty Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (Intergovernmental Panel on Climate Change): nízké albedo (tmavý povrch) boreálního lesa údajně absorbuje velké množství sluneční energie a ohřívá planetu. Vypalování boreálního lesa by podle těchto autorů (např. [3]) nemělo vést ke zvýšení globální teploty, protože navýšení skleníkového efektu (působené kyslíčnickem uhličitým uvolněným ze spáleného dřeva) je kompenzováno zvýšeným albedem krajiny (zvýšeným odrazem přicházejícího slunečního záření). Někteří [1] jdou ještě dále a tvrdí, že odlesnění v globálním měřítku vede k celkovému ochlazení klimatu, protože oteplení způsobené uvolněným skleníkovým plynem oxidem uhličitým je nižší, nežli ochlazení způsobené zvýšeným albedem (zvýšeným odrazem slunečního záření). Tento zúžený pohled na funkci lesa je velice nebezpečný, je to téměř doslova hra s ohněm. Ukážeme, že les má zásadní význam v oběhu vody mezi kontinenty a oceány a že vyrovnává teplotní rozdíly.

Každý se může přesvědčit o chladícím efektu lesa v letních dnech, stačí přejít ze zemědělské krajiny do stínu lesa. Odlesnění na regionální úrovni vede k výrazně vyšším teplotám v krajině za jasného dne, kdy přichází vysoké množství sluneční energie. Od 80. let minulého století lze exaktně hodnotit změny teplot po odlesnění s využitím družicových snímků. Například družice Landsat snímá teploty krajiny pravidelně po 16 dnech. S využitím satelitních snímků Landsatu jsme vyhodnotili změny teploty způsobené vykácením lesa na rozsáhlé ploše v období 1986–2009 [6, 8]. Odlesnění 2000 km² v Mau Forest v Keni vedlo ke zvýšení teplot v krajině

až o 20 °C, vedlo k vysokým rozdílům teplot a k rozkolísanému průtoku vody v řekách – po několika letech sucha a nízkého průtoku vody přišlo období přívalových dešťů a nadměrného průtoku vody. Hydroelektrárna dokončená na řece Sondu Miriu v prvních letech po dostavění (2008) nemohla být uvedena do provozu pro nedostatek vody a po roce 2010 přišly naopak silné deště a povodně a s nimi spojená eroze.

Na úlohu lesa v hydrologickém cyklu jsou dlouhodobě rozdílné názory. Voda vydávaná (transpirovaná) rostlinou je považována často za vodu ztracenou. V tomto pojetí je transpirace považována za „nezbytné zlo“. Je pravdou, že ze zalesněných povodí odtéká menší podíl dešťových srážek nežli z povodí zatrávněného nebo částečně odvodněného. To bylo prokázáno opakovaně pokusy srovnávanými zalesněná a odlesněná povodí. Z tohoto pohledu, logicky, správce přehrady, která zásobuje obyvatele pitnou vodou, dává přednost odlesněnému povodí, protože do přehrady doteče vyšší podíl dešťových srážek. Opakovaně se publikují práce o negativním efektu rychle rostoucích dřevin na vodní zdroje, na odtok vody z povodí. Na druhé straně, z historie dávné i nedávné je známo, že velkoplošná odlesnění vedla ke změně dešťových srážek a k regionálnímu nedostatku vody [10, 4]. Odlesněná a odvodněná krajina se ve dne přehřívá, v noci rychle chladne a vytváří se nad ní vysoký tlak, který zabraňuje přístupu vlhkého vzduchu. U nás jsme tento jev zažili v srpnu 2015. Naopak návrat vody do krajiny a obnova trvalé vegetace a stromového patra vedou ke snížení lokálních klimatických extrémů, ke zvýšení dešťových srážek a zlepšení úrodnosti v re-

gionu. Jedním z takových příkladů úspěšné obnovy celého regionu je Rajastan v Indii. Zadržováním dešťové vody a podporou rozvoje trvalé vegetace se podařilo za dobu kratší než deset let zvýšit hladinu vody ve studních, obnovit úrodnost a postupně se zvyšují i dešťové srážky, protože přibývá drobných srážek. Lidé se do regionu vracejí, protože se tam užijí [2, 5]. Vůdčí osobnost tohoto projektu Rajendra Singh obdržel v roce 2015 Stockholmskou „vodní cenu“.

Vodní hospodáři a vodní politika se zabývají převážně vodou v potocích, řekách, jezerech, rybnících a jejím využitím. Nadměrné využívání vody zejména v zemědělství a průmyslu způsobilo nedostatek vody v tocích a vzbudilo zájem o podzemní vody, ty jsou ovšem vyčerpátné. Zásadní význam má pochopení funkce oběhu vody v krajině. Při plném slunečním svitu přichází na metr čtverečný až 1000W, pokud se spotřebovává na výpar vody (evapotranspiraci) 250 Wm⁻², vypařuje se z metru čtverečního 100 mg za sekundu, tedy 100 litrů za sekundu z 1 km². Vypařuje se tedy násobně vyšší množství vody ve srovnání s množstvím vody, která proudí v tekutém stavu v tocích. Zemědělské plodiny vypařují podobné množství vody,



Obydlená krajina s udržovaným horským lesem je charakteristická odpolední oblačností a drobnými dešťovými srážkami



Vpravo: Horský jehličnatý les (Východní Tyrolsko) utváří klima pro prameniště a další mokřady v nichž se tvoří půda bohatá na organické látky.

Nahore: V dolních patrech lesa je v letním slunném dnu nižší teplota než v korunách. Chladnější vzduch zůstává v porostu a les neztrácí vodu.

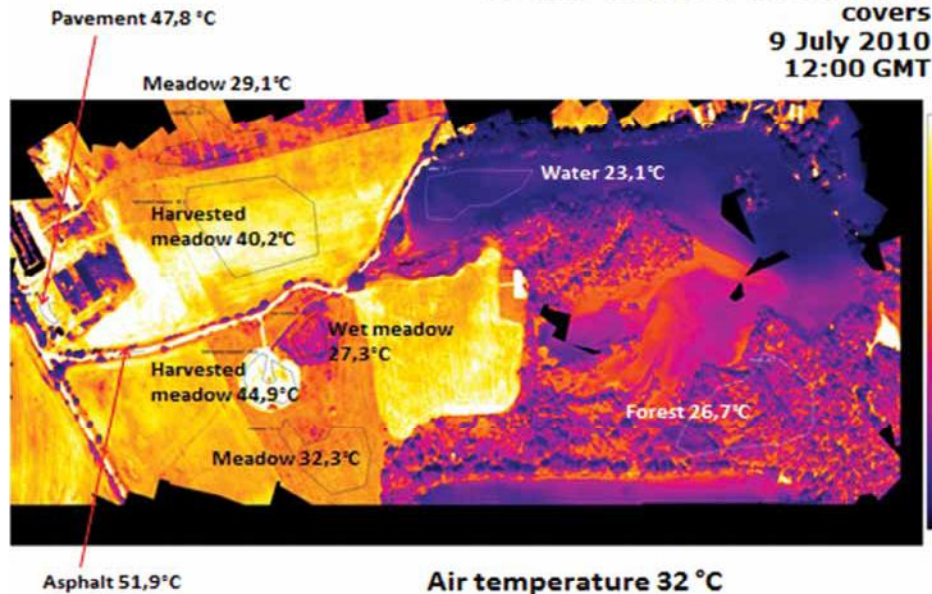


někdy i vyšší, nežli vypaří les. Zemědělské plodiny však vodu brzy ztratí, protože se nevrací zpět. V jakém případě se vypařená voda vrací zpět a kdy vodní pára z krajiny mizí? Důležité je rozložení teplot ve vertikálním profilu: vyvinutý les má nižší teplotu u země a vyšší teplotu v korunách stromů, zatímco plodiny zbavené plevelů mají vyšší teplotu u země a nižší teplotu na povrchu porostu. Z vyhřáté půdy stoupá teplý vzduch a unáší vodní páru vzhůru, zatímco v lese vzduch neproudí vzhůru, protože u země má nižší teplotu nežli v korunách. Vodní pára vypařovaná korunami zůstává blízko korun stromů a ty vypařují vodu do vzduchu o poměrně vysoké vlhkosti, transpirace není proto vysoká. V noci se potom vodní pára sráží na povrchu jehlic, vrací se částečně zpět, klesá tlak vzduchu, horizontálně se vzduch nasává z okolí a s ním se nasává i vzdušná vlhkost. Pro rozsáhlé lesní komplexy tento jev popsali [7] jako biotickou pumpu, zajišťující transport vody z oceánů na pevninu [11, 9].

Stromy a les zásadním způsobem tlumí rozdíly teplot v krajině. Vyrovnávají rozdíly teplot mezi dnem a nocí i mezi místy, tedy v prostoru a čase. Velké solitérní stromy v letním jasném dnu chladí intenzitou několika desítek kW. Zdravý les o rozloze 1 km² chladí intenzitou několika stovek MW. Pokud strom odstraníme, les vykácíme nebo necháme stromy uschnout, sluneční energie se nespotebovává na výpar vody, ale mění se na zjevné teplo, teplota povrchu stoupá i o 20 °C a horký vzduch vynáší vodní páru vzhůru. Teplý vzduch přicházející z nížiny ze zemědělských polí obsahuje vodní páru, která se však nesráží na teplém odlesněném povrchu a odchází z krajiny. Odlesnění kopců a hor, stejně tak jako uschnutí dospělého lesa, přispívá tedy k dlouhodobému vysušování krajiny.

Následuje překlad prohlášení o funkci lesa v klimatu a vodním režimu, které bylo prezentováno na nedávné Konferenci o klimatu v Paříži a v původní anglické verzi je uveřejněno na stránkách WeForest. Práce na textu byla zahájena v červnu 2015 na workshopu v Lovani (Belgie) a je dílem 30 vědeckých pracovníků z několika kontinentů. Jan Pokorný se podílel též na tomto textu. Stejný tým dokončuje též podrobný vědecký

Thermal images of different land covers
9 July 2010
12:00 GMT



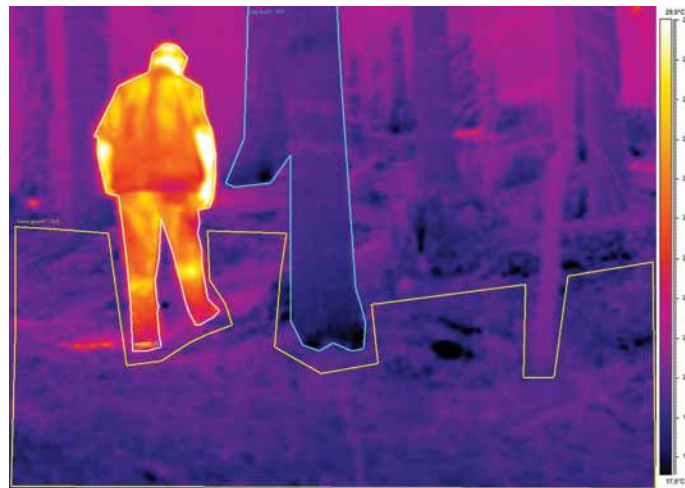
Porovnání teplot různých druhů povrchu během dne. Porovnání teplot různého krajinného pokryvu ve slunném letním dni. Snímek pořízený termovizní kamerou nesenou vzducholodí (archiv ENKI, o.p.s.)

článek na toto téma s konkrétními výsledky a citacemi.

Literatura

- [1] Bala, G.; Caldeira, K.; Wickett, M.; Phillips, T. J.; Lobell, D. B.; Delire, C.; Mirin, A. (2007): Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation, *PNAS*, Vol. 104, No. 16, pp.6550–6555.
- [2] Bhattacharya S (2015): Traditional water harvesting structures and sustainable water management in India: a socio-hydrological review. *Int. Lett Nat Sci* 37: 30–38.
- [3] Bonan, G.B. (2008): Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests, *Science*, Vol. 320, pp.1444–1449.
- [4] Diamond, J., 2008: Kolaps, proč společnosti přežívají či zanikají. Academia, Praha.
- [5] Gupta, S. (2011) Demystifying 'tradition': The politics of rainwater harvesting in rural Rajasthan, India. *Water Alternatives* 4(3): 347–364.
- [6] Hesslerová, P., Pokorný, J. 2010, Forest clearing, water loss and land surface heating as development costs. *Int. J. Water*, Vol 5, No 4, 401–418.
- [7] Makarieva, A. M.; Gorshkov, V. G.; Li, B.-L. (2009): Precipitation on land versus distance from the ocean: evidence for a forest pump of atmospheric moisture, *Ecological Complexity*, Vol. 6, No. 3, pp.302–307.
- [8] Pokorný, J.; Hesslerová, P., 2011: Odlesňování a klima, Klimatické změny v Mau Forest v západní Keni. *Vesmír* 90, pp 573–577.
- [9] Pokorný, J.; Hesslerová, P., 2011: Funkce lesa v oběhu vody a regionálním klimatu, *Vodní hospodářství* 8, pp. 325–327.
- [10] Ponting, C., 1991: A Green History of the World. The Environment and the Collapse of Great Civilizations, Penguin Books, 1991, 412 s.
- [11] Sheil, D.; Murdiyarso, D. (2009): How forests attract rain: an examination of a new hypothesis, *Bioscience*, Vol. 59, No. 4, pp.341–347.

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.
ENKI, o.p.s.
Dukelská 145
379 01 Třeboň
pokorny@enki.cz
www.enki.cz



V horkých srpnových dnech 2015 udržoval les na Šumavě teplotu kolem 20 °C a příjemně chladil povrch těla osob měřících transpirační proud smrků.



Management lesů a jeho význam pro vodu a klimatizaci krajiny

Victoria Gutierrez, PhD (editor)



Je dobře známo, že lesy čistí vodu a na úrovni povodí, regionů i kontinentů zásadně ovlivňují dostupnost vody a regulaci teploty v krajině. Nové vědecké závěry¹ ukázaly, že lesy mají větší funkční význam, než se dříve myslelo, a že jejich fungování lze ovlivnit způsobem hospodaření a dosáhnout tak krátkodobých i dlouhodobých zlepšení z hlediska dostatku vody v krajině i fungování klimatu v měřítku od jednotlivých povodí po celé kontinenty. Lesy jsou zásadně významné v pěti procesech:

1. Lesy podporují vznik srážek.
2. Stromy a lesy jsou přirozené chladicí systémy.
3. Lesy generují toky vzduchu a vlhkosti.
4. Stromy a lesy přispívají k zásobování podzemních vod.
5. Lesy zmírňují dopady záplav.

S rostoucím nedostatkem vody, změnami klimatu a narůstajícím tlakem na lesní zdroje je životně důležité prohloubit znalosti o základních vztazích mezi lesy, vodou a klimatem. Nedostatek těchto znalostí představuje zásadní překážku v hledání politických i praktických opatření, která by vedla k optimalizaci ekosystémových služeb a tedy k zlepšení socio-ekonomického využití lesů.

Cíle

- Poskytnout tvůrcům politik výstižné a jasné informace o důležitosti lesních porostů v systémových procesech celé planety a jejich klíčovém významu pro fungování koloběhu vody i zvyšování kvality lidského života.
- Zvýšit povědomí o novém pojetí významu lesa v hledání strategií pro zmírňování

¹ V červnu 2015 se v belgickém Leuvenu sešlo přes 30 odborníků z oborů rostlinných a zeměpisných věd, aby diskutovali o posledních poznatcích, které se týkají vztahů lesa, vody, půdy a atmosféry. Jejich konsolidovaný výzkum ukazuje, jak lesy regulují koloběh vody i klima nejen na úrovni lokální (povodí), ale i regionální, kontinentální a globální. Tento souhrnný dokument odráží závěry tohoto setkání.



a přizpůsobení se dopadům klimatických změn, pro vodní hospodářství a pro krajině plánování.

- Podpořit účast celé řady sektorů v prosazování udržitelného hospodaření v lesích jako součást širšího pojetí krajině plánování.

1. Lesy podporují vznik srážek

- Kontinentální výpar přispívá přibližně 40 % ke srážkám nad pevninou.
- V tropických oblastech poskytuje vzduch, který přešel přes zalesněné oblasti, dvakrát více deště, než vzduch, který se pohyboval nad řídkou vegetací.
- Odlesnění způsobuje v důsledku poklesu evapotranspirace, a tedy snížení dostupnosti atmosférické vlhkosti pokles srážek ve vzdálenostech až 1000 km po směru větru.
- Stromy uvolňují z povrchu listů do atmosféry biologické částice, z nichž některé aktivně podporují dešťové a sněhové srážky v procesu nazývaném *bioprecipitace*. Tyto biologické částice jsou z hlediska podpory vzniku srážek účinnější než jiné atmosférické částice. Mohou tedy zvýšit pravděpodobnost výskytu srážek.

Potřebné opatření: Podpořit integrovaný udržitelný krajině management, který zahrnuje také druhové složení (od mikroflóry po stromy) a prostorové uspořádání lesů na úrovni států, regionů i kontinentů.

2. Stromy a lesy jsou přirozené chladicí systémy

- Teplota pod stromy a v lesech rostoucích v tropickém a mírném pásmu je průkazně nižší než teplota na zemědělsky využívaných plochách, v otevřené krajině nebo v městských oblastech.
- Stromy využívají sluneční energii pro transpiraci. Sluneční energie pohání také výpar vody z lesních porostů a z půdy. Podobně jako se lidská kůže ochlazuje pocením, vedou tyto procesy k ochlazení zemského povrchu. Kupříkladu zalesněné povrchy ve venkovské krajině mohou být až o 20 °C chladnější než otevřená místa a zemědělské plochy.
- Chladicí výkon jediného stromu se vyrovná množství energie, kterou na klimatizaci spotřebují za den dvě domácnosti. Chlazení krajiny stromy má vyčísitelný ekonomicky návratný charakter, protože vede ke snížení výdajů za klimatizaci a dalších přídužených výloh.

Potřebné opatření: Podporovat rozšíření stromů a lesních porostů v oblastech náchylných k vysokým teplotám, jako jsou například města.

3. Lesy generují toky vzduchu a vlhkosti

- Stromy a lesy jsou hybateli atmosférických vzdušných proudů.
- Rozsáhlé lesní plochy se souvislým porostem stromů od pobřeží po vnitrozemí mohou vytvářet tok atmosférické vlhkosti od oceánů až daleko do vnitřních částí kontinentů.
- Příbřežní lesy přitahují v procesu evapotranspirace vzdušnou vlhkost z oceánů, a spouštějí tak koloběh vody, v jehož rámci je vlhký vzduch unášen dále do sušších vnitrozemských oblastí.

Potřebné opatření: Podpořit zalesňování a chránit a rozšiřovat lesy v oblastech rozhodujících pro vznik transkontinentálního proudění vzdušné vlhkosti.

4. Stromy a lesy přispívají k zásobování podzemních vod

- Stromy a lesní porosty zlepšují infiltraci vody do půdy. Po vykácení lesa dochází k degradaci půd (tzn. snižuje se obsah organického uhlíku a živin, zhoršuje se struktura půdy, dochází k ztuhnutí), čímž se zhoršuje kapacita půdy zadržovat vodu a narůstá povrchový odtok a eroze.
- Stromy vytvářejí svými kořeny a pomocí přidružené půdní fauny makropóry v půdě, kterými se může voda přednostně a velmi rychle pohybovat půdním profilem.
- Stín pod stromy a vrstvy opadu také napomáhají absorpci vody, redukuje výpar vody z půdy a podporují rozvoj půdní fauny.
- Zalesňování degradovaných půd může zlepšit zásobování podzemních vod, pokud množství vody získané lepší infiltrací, preferenčním vsakováním vody do půdy a poklesem evaporace převyšuje množství vody spotřebované na transpiraci.

Potřebné opatření: Podpořit obnovování lesních porostů a zalesňování degradovaných ploch při zvažování hustoty stromů vhodné pro zlepšení dosycování podzemních vod co nejintenzivnější infiltrací, preferenčním prouděním vody a omezenými ztrátami vody výparem z půdy.

5. Lesy regulují vodní toky

- Vodní toky jsou závislé na srážkách. Lesy pufrují výkyvy toku pomocí půdní infiltrace a převáděním povrchové vody do spodních vod. Doplňování zásobáren spodních vod přispívá k udržování bazálního odtoku, k zajištění dostupnosti vody v suchých obdobích a může také sytit prameny v nižších polohách svahů.
- Ztráta lesních porostů často vede k poklesu infiltrace vody. To má za následek nárůst povrchového odtoku, a tedy zintenzivnění erozivních procesů a následné zanášení vodních toků. Ačkoliv odlesnění může vést ke snížení ztrát vody evapotranspirací, a tedy k navýšení průtoku vody v řece, dostupnost vody je méně stabilní. Stromy a lesy jsou totiž v procesech transpirace, evaporace a infiltrace vody do půdy zásadním faktorem ovlivňujícím koloběh vody v krajině.
- Horší prediktabilita vodních průtoků vede ke zvýšení rizika záplav a sucha.

Potřebné opatření: Krajinné plánování musí brát do úvahy pozitiva a negativa vyšších odtoků versus zadržování přívalových srážek a pokles sedimentace, zlepšení kvality vody a zachování bazálního odtoku.

Doporučení

- **Integrované udržitelné krajinné plánování**
Management lesů musí probíhat v měřítku přesahujícím povodí. Je třeba uvažovat o lesech v kontextu větších krajinných celků, které zahrnují mozaiku různých typů land use. Tento integrovaný krajinný přístup by měl zahrnovat druhové složení (od stromových druhů až po mikroflóru) a mikrofaunu, stejně jako prostorové rozmístění lesů na státní, regionální i kontinentální úrovni.

• Funkční obnovování lesních porostů a zalesňování

Strategické obnovování lesních porostů a/nebo zalesňování může přinášet mnoho výhod včetně snížení místních teplotních extrémů, zvýšení dostupnosti vody, omezení degradace půdy a zmírňování dopadů záplav. Pro minimalizaci negativních dopadů a maximalizaci pozitivních synergií je nutné zvolit vhodný výběr lesních ploch, příhodnou kombinaci druhů a vhodný způsob lesního hospodaření.

• Obnovování a ochrana existujících lesních porostů

Prevence dalšího odlesňování a degradace lesních porostů je ta nejučinnější a nejpříhodnější cesta, jak zajistit zachování lesními porosty poskytovaných ekosystémových služeb (například zajištění dostatku vody a regulace povrchových i podzemních vod). Obnova lesů může zvrátit proces degradace půd, zlepšit zásobování podzemních vod pomocí usnadněné infiltrace a zabránit zbytečným ztrátám vody povrchovým výparem, odtokem a erozí.

• Management lesů pro co nejprínosnější fungování krajiny

Hospodaření v lesích a krajinné plánování by mělo vycházet z plného porozumění přírodním a nákladům, které vyplývají z managementu na různých geografických úrovních v krátkodobém i dlouhodobém měřítku.

• Politiky a praxe vycházející z vědeckých znalostí a porozumění

Politika i praxe týkající se lesa, vody a klimatu by měly vycházet z lepšího porozumění vědeckým znalostem. Pro zajištění udržitelného hospodaření v lesích i krajině je třeba užší spolupráce a komunikace mezi vědci (ekology i lesními inženýry), tvůrci politik a lidmi z praxe. Zároveň je třeba větších investic do

výzkumu vztahů mezi lesy, vodou a klimatem a dopadů politických opatření a managementu na tyto vztahy.

Literatura

Ke kapitole: **Lesy podporují vznik srážek**

- [1] On the forest cover-water yield debate: from demand- to supply-side thinking (Ellison et al., 2012) <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x>
- [2] Bioprecipitation: a feedback cycle linking Earth history, ecosystem dynamics and land use through biological ice nucleators in the atmosphere (Morris et al., 2014) <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12447>

Ke kapitole: **Stromy a lesy generují vzdušné proudění**

- [3] Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land (Makarieva and Gorshkov, 2007) <http://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1013-2007>
- [4] How Forests Attract Rain: An Examination of a New Hypothesis (Sheil and Murdiyarso, 2009) <http://dx.doi.org/10.1525/bio.2009.59.4.12>

Ke kapitole: **Lesy jsou přirozené chladicí systémy**

- [5] Solar energy dissipation and temperature control by water and plants (Pokorný et al., 2010) <http://dx.doi.org/10.1504/IJW.2010.038726>

Ke kapitole: **Stromy a lesy přispívají k zásobování podzemních vod**

- [6] The effect of trees on preferential flow and soil infiltrability in an agroforestry parkland in semiarid Burkina Faso (Bargués Tobella et al., 2014) <http://dx.doi.org/10.1002/2013WR015197>

Ke kapitole: **Lesy zmírňují dopady záplav**

- [7] Negative trade-off between changes in vegetation water use and infiltration recovery after reforesting degraded pasture land in the Nepalese Lesser Himalaya (Ghimire et al., 2014) <http://dx.doi.org/10.5194/hess-18-4933-2014>

Popisky obrázků jsou převzaty z:

- [7] Gutierrez, V. (ed). 2015, Managing Forests for Water and for Climate Cooling. WeForest for COP21 2015 Paris, www.WeForest.org



**Dokument sepsal kolektiv autorů
pod vedením:
Victoria Gutierrez, PhD
Chief Science Officer
victoria.gutierrez@weforest.org**

COOL INSIGHTS FOR A HOT WORLD: TREES AND FORESTS RECYCLE WATER

<http://www.weforest.org/newsroom/cool-insights-hot-world-trees-and-forests-recycle-water>

CHLADIVÉ NADĚJE PRO PŘEHŘÁTÝ SVĚT: STROMY A LESY RECYKLUJÍ VODU

Každý, kdo se prochází venku za slunného dne, vnímá, že stromy a potažmo lesy ovlivňují teplotu a vlhkost vzduchu i rychlost větru. Neměli bychom tedy do úvah o změnách klimatu zahrnout také sázení stromů? Ty nejzásadnější aspekty provázanosti stromů a klimatu jsou doposud v politických diskusích o klimatu přehlížené. To alespoň vyplývá z nově publikovaného souhrnného vědeckého článku. Autoři textu vybízejí k tomu, aby veškeré diskuse o stromech, lesech a utváření klimatu byly zcela postaveny na hlavu. Jak se zdá, přímý vliv lesů na srážky a teplotní poměry totiž může mít na klima významnější dopad, než v současnosti intenzivně studovaný vliv lesů na rovnováhu CO₂. V tuto chvíli se politické diskuse v oblasti klimatických změn zabývají téměř výhradně jen procesy souvisejícími s dynamikou CO₂. Ačkoliv zemědělci vědí, že stromy chladí jejich obydlí, dobytek i úrodu, musejí se, pokud chtějí být součástí snah o zmírnění klimatických změn, učit složitý jazyk skleníkových plynů a úložišť CO₂. Nemuselo by tomu tak být, pokud zde představovaná stanoviska naleznou obecné uznání.

V přehledném článku, který byl publikován v časopise *Global Environmental Change*, 22 autorů uvádí příklady, jak stromy ochlazují naši planetu. Vědci navíc přinášejí důkazy pro všeobecně rozšířenou domněnku, že stromy a lesy ovlivňují distribuci srážek. Na základě těchto úvah se autoři domnívají, že by primární motivací pro výsadbu a péči o stromy v krajině měla být voda a nikoliv uhlík.

"Sekvestrace uhlíku je samozřejmě vítaný přínos vedle schopnosti stromů recyklovat srážky a klimatizovat prostředí. Tím, že stromy vstřebávají a redistribuují vodu, zajišťují simultánně ochlazování povrchu planety", říká David Ellison, první autor tohoto článku. "Některé detaily toho, jakým způsobem stromy ovlivňují srážky, jsou sice ještě stále předmětem diskuse odborníků různého zaměření a názorových směrů, ale přímý vliv stromů a lesů na ochranu a zvýšení efektivity koloběhu vody, přidružené chladicí účinky a zprostředkování oceánské vlhkosti pro oblasti ležící po směru větru ve vnitrozemí jsou mimo jakoukoliv pochybnost."

Stromy jsou obrovské chladicí systémy bez účtů za elektrickou energii. Využívají sluneční energii na přeměnu kapalné vody ve vodní páru, čímž chladí svoje okolí. Za horkého počasí je povrchová teplota lesa srovnatelná s teplotou vodní hladiny blízkého rybníka, zatímco nedaleká suchá louka a silnice s asfaltovým povrchem jsou

o více než 20 °C teplejší (podrobně viz článek). Energetický ekvivalent chlazení výparem je přibližně 70 KWh na každých 100 litrů transpirované vody, což je energie srovnatelná s výkonem klimatizačních zařízení pro dvě domácnosti.

"Z našich závěrů vyplývají důležité důsledky pro praxi, protože není možné, abychom se nadále při našem snažení o zmírňování klimatických změn a adaptaci k nim soustředili výhradně na ukládání uhlíku", říká Victoria Gutierrez, vedoucí vědecká pracovnice neziskové organizace WeForest, která podporuje snahy o obnovu lesa v tropických oblastech, a zároveň spoluautorka článku. "Pro organizace a agentury, které pracují na obnově lesních ekosystémů, ať už v kontextu ochrany klimatu nebo protože lesy jsou biotopy významné pro fungování lidské společnosti, je zásadní, abychom zviditelnili význam fungování stromů v koloběhu vody a v neposlední řadě také jejich chladicí schopnosti," říká Victoria Gutierrez.

Srážky

Kromě toho že lesy ochlazují zemský povrch, mohou také přispívat ke vzniku srážek. Vznik srážek lze ovlivnit dvěma způsoby: i) zvyšováním množství vodní páry v atmosféře, k čemuž stromy a mokřady významně přispívají v míře, která je měřitelná, a ii) usnadněním kondenzace vodní páry do kapiček v mracích i přímo do dešťových kapek. Stromy jsou zdrojem těkavých organických látek, které se mohou stát v mracích kondenzačními jádry, a rovněž jsou zdrojem bakterií, které vytvářejí kondenzační jádra pro vznik ledových krystalků.

"V čistém vzduchu bez prachových částic vysoko v atmosféře se mohou kapičky vody podchládit až na - 40 °C než zmrznou, pokud zde nejsou přítomná nukleační jádra, která katalyzují proces mrznutí" říká Cindy Morris, jedna ze spoluautorek studie. "Ale stromy a lesy uvolňují do atmosféry kondenzační jádra, včetně spor některých hub, pylových zrn a bakterií, které způsobují vypadávání srážek při mnohem vyšších teplotách, někdy i při pouhých - 4 °C. To znamená, že vypadávání srážek z mraků probíhá v nižších nadmořských výškách."

V důsledku toho, že lesy mění toky vzdušné vlhkosti v atmosféře, ovlivňují vznik srážek v oblastech ležících dál po směru převažujících větrů. Zatímco oblasti poblíž pobřeží získávají většinu srážek z páry vypařené z mořské hladiny, vzdálenější vnitrozemské oblasti jsou se vzrůstající tendencí závislé na kontinentálních zdrojích atmosférické vlhkosti z oblastí situovaných výše proti směru větru. V průměru je přibližně 40 % srážek nad kontinenty recyklováno z evapotranspirace na pevnině. Důležité příklady vzájemné závislosti značně vzdálených území byly popsány například mezi Konžskou pánví a Východní Afrikou, které jsou zdrojem srážek pro oblast Etiopské vysočiny a Sahelu, mezi Amazonií a severozápadní Argentinou a mezi jihovýchodní pevninskou Asií a Čínou. Ve všech uvedených případech mohou vést změny v lesních porostech k narušení atmosférických vazeb a k poklesu srážek v oblastech dále po směru větru.

"Tam, kde dříve studie o vodě nazývaly vodu v řekách modrou vodou a vodu užívanou rostlinami vodou zelenou, je dnes voda v atmosféře vnímána jako voda duhová," říká Meine van Noordwijk, spoluautor a vedoucí vědecký pracovník World Agroforestry Centre (ICRAF). "Budeme se muset na politické úrovni přizpůsobit představě, že dešťové srážky nejsou jen výsledkem pohybu vzdušných mas na velkou vzdálenost, ale významně souvisejí s tím, jak naši sousedé na návětrné straně pečují o své lesy. Spolehlivost srážek v kontinentálních vnitrozemských oblastech Afriky a

Jižní Ameriky podobně jako i na jiných místech světa může záležet na relativní nedotčenosti a současně souvislosti lesních porostů od pobřeží dál po směru větru. Geopolitická jednání o těchto souvislostech se mohou stát zdrojem konfliktu, ale mohou také vést ke zcela novým typům spolupráce."

Autoři přinášejí tyto a mnohé další fascinující pohledy a vědecké závěry jako podklad pro hydroklimatické politické úvahy o lesních porostech a stromech vůbec. Naše uvažování by mělo být mnohem širší, než to utvářené dosavadním vědeckým vnímáním skleníkového efektu jako hlavního hybatele klimatických změn, a mělo by se stát součástí mezinárodních úmluv.

Text se uzavírá naléhavou výzvou k ochraně lesů, vody a klimatu. "Politická jednání o klimatu musí vzít na vědomí vliv stromů a lesů na procesy ovlivňující rozložení vody v krajině, chladicí kapacitu porostů i vznik srážek. Je nutné urychleně přehodnotit strategie pro zmírňování dopadů klimatických změn a adaptaci k nim na státní, regionální i kontinentální úrovni.