

Voda a transformace sluneční energie v krajině – uzavřené cykly v ekosystémech krajiny a povodí

Oběh vody a zadržení látek v krajině

Ekosystémy a krajina ve svém vývoji směřují k uzavírání cyklů vody a látek. Krajina ponechaná bez hospodářských zásahů člověka samovolně zarůstá lesem. Ještě na začátku středověku, tedy na konci prvního tisíciletí, byla většina území střední Evropy porostlá lesem. Římané toto území podle rozsáhlého lesa pojmenovali *Silva nortica*. Takové samovolně vyvinuté pralesní porosty se nazývají klimaxem. Na rozdíl od hospodářského lesa je klimax druhově pestrý, stromy jsou různého věku, a hlavně dřevo ani jiná biomasa se nesklízí. Do dneška se zachovalo jen velmi málo pralesních porostů, kde bychom mohli pozorovat fungování přirozeného ekosystému včetně oběhu vody a látek. Z pralesních porostů odtéká rovnoměrně velmi čistá voda, protože v nich převládá krátký (uzavřený) cyklus vody. Voda, která se odpařuje transpirací rostlinami a z půdy se vrací ve značné míře zpět ve formě mlhy, rosy nebo drobných dešťových srážek. W. Rippl (2004) sledoval pralesní porost Rothwald v Alpách a na základě měření průběhu teplot, vlhkosti vzduchu a složení srážkové a odtékající vody prokázal, že většina odpařené vody se vrací zpět v uzavřeném, krátkém cyklu. Tímto způsobem se udržují látky v kořenové zóně, postupně se váží do vznikající biomasy, bohatě prokořeněná půda látky neztrácí.

Odlesnění a odvodnění půdy vede ke zrychlenému odtoku vody, a současně se navozuje rozklad

organických látek v půdě (mineralizace), protože se půda střídavě provzdušňuje a při dešti zvlhčuje. Rozklad organických látek je spojen s uvolňováním protonů – půda se okyseluje a do půdního roztoku přecházejí kovy alkalických zemin (vápník, hořčík a draslík). Voda není zadržována v kořenové zóně, odtéká a odnáší sebou rozpuštěné látky, zejména alkálie – půda ztrácí vodu a okyseluje se. Voda s rozpuštěnými látkami odtéká řekami do moře. Jde tedy i z dlouhodobého hlediska o nevratné ztráty látek z krajiny. Voda se vrací zpět v dlouhém cyklu ve formě mraků tvořených nad mořem. Ztráty látek ze zemědělské odvodněné půdy dosahují hodnot několika set kilogramů z hektaru za rok. Tak vysoké ztráty nelze doplňovat hnojením (Rippl, 2003).

Oběh vody, disipace sluneční energie a zadržení látek v krajině jsou těsně propojeny. Laboratoř aplikované ekologie Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity sleduje již deset let odtoky látek ze třech malých povodí na Šumavě. Dlouhodobě jsou nejvyšší odtoky látek z odvodněné pastviny a zřetelně nižší z lesního porostu, mozaiky lesa a mokřadů. Přitom zásoby látek jsou nejnižší v půdě odvodněné pastviny. V srpnu 2002, kdy následkem přívalových dešťů na Šumavě došlo ke katastrofální povodni v celém povodí Vltavy, odtékalo z odvodněné pastviny řádově více vody, nežli z lesního porostu a mozaiky mokřadů. Měření teplot v terénu i pomocí satelitu ukazují zřetelně nejvyšší teplotu na odvodněné pastvině.

Nápadný je rozdíl v poměrném množství srážkové vody zadržené v povodí. V odvodněném povodí zůstává (odpaří se evapotranspirací) 10 % srážkových vod a 90 % odtече. V povodí lesnatém a v povodí s rašelinnými loukami a vrbinami se zadrží 51 %, resp. 41 % srážkových vod a odtече 49 %, resp. 59 %. Zadržení vody evapotranspirací je spojeno s vyšší primární produkcí, zpomalením dekompozice a retencí látek.

Zhodnotili jsme ztráty látek z povodí Labe v Čechách, přičemž jsme využili údaje o průtoku Labe ve Hřensku a chemických analýz. Z povodí Labe odtéká ročně na milion tun čistých alkálií (Ca, Mg, K, Na) – což je následek rozkladu organických látek v půdě na větší části území ČR.

Klasická hydrologie a rostlinná fyziologie pracuje s termínem ztráta vody evapotranspirací – do toku přechází více vody z odvodněných povodí, protože se nestačí vypařovat. Odvodňováním rozsáhlých ploch se ovšem mění poměr mezi zjevným teplem a latentním teplem výparu, krajina se přehřívá, ubývá srážek.

Změny toků sluneční energie spojené s odvodněním

Klimatická změna je charakterizována zvýšenou četností cyklonů, vichřicemi, přívalovými srážkami, střídáním sucha a povodní. Energie vichřic a dalších extrémů počasí pochází z tepelných rozdílů v prostoru. Vegetace dostatečně zásobená vodou je schopna velmi účinně tlumit rozdíly teplot, a to jak v prostoru (mezi místy), tak v čase (mezi dnem a nocí) intenzitou několika set $W \cdot m^{-2}$.

Země obíhá kolem slunce po eliptické dráze, podle vzdálenosti od slunce přichází na hranice atmosféry během roku 1 345 $W \cdot m^{-2}$ až 1 438 $W \cdot m^{-2}$. Průměr těchto hodnot se nazývá solární konstanta. Při průchodu atmosférou se část sluneční

energie absorbuje a rozptýluje. Na povrch země v jasném dnu přichází až $1\,000\text{ W} \cdot \text{m}^2$.

Odvodňování krajiny vede bezprostředně k uvolnění překvapivě vysokého množství zjevného tepla do atmosféry. Pokles evapotranspirace o 1 l na m^2 (700 Wh) za den navodí tok zjevného tepla přibližně 40 x vyšší (70 W), nežli je efekt skleníkových plynů (radiální zesílení). Například pokles evapotranspirace za jediný den o 1 mm na území České republiky ($79\,000\text{ km}^2$) způsobí uvolnění množství citelného tepla, které je srovnatelné s celoroční produkcí elektrické energie ve všech elektrárnách v ČR ($60\,000\text{ GWh}$).

Kvantitativní údaje o desertifikaci, odvodnění a odlesnění

Podle údajů FAO (*Food Agriculture Organisation*) ztrácí planeta Země ročně na $200\,000\text{ km}^2$ produkční zemědělské půdy následkem prohlubujícího se nedostatku vody. Z toho $60\,000\text{ km}^2$ podléhá desertifikaci, tedy degradaci půdy na poušť. Podle údajů téhož zdroje $30 - 40\%$ plochy kontinentů trpí nedostatkem vody ($6,45 \times 10^7\text{ km}^2$). Přinejmenším třetina plochy kontinentů není schopna tlumit denní pulsy sluneční energie a tlumit tepelné potenciály mezi místy.

V rozvinutých ekonomikách pokračuje „betonování krajiny“, například v Německu mizí pod betonem, asfaltem a nepropustnou dlažbou denně 1 km^2 . Likvidace malých mokřadů vede k vysychání krajiny, plochy vedené jako les ztrácejí ekosystémové funkce pro nedostatek vody. Ztráta hlavních ekosystémových funkcí se neevduje. Nejvhodnějším nástrojem pro monitoring ekosystémových funkcí se jeví techniky dálkového průzkumu Země. Využitelné satelitní snímky existují od osmdesátých let a umožňují tedy hodnotit vývoj v čase.

Ztráta trvalé funkční vegetační pokrývky je zásadním problémem rovníkové Afriky, Austrálie, střední Asie a dalších zemí. Chování evropského skotu, ovcí a koz v těchto oblastech, odlesnění a odvodnění vedlo k likvidaci trvalé vegetační pokrývky a rozsáhlé erozi. V Austrálii jde zhruba o milion km^2 . Ve východní Africe zbylo ze souvislého pásu tropických deštných lesů několik zlomků o rozloze nejvýše několik set km^2 . V Keni a Etiopii tvoří les pouze 2% krajinné pokrývky.

Presvědčivý je případ lesa v západní Keni. Mau Forest byl postupně z politických důvodů přidělován obyvatelům Keni, aby se zde usadili, vymýtili les a zemědělsky hospodařili. V průběhu posledních patnácti roků byla vykácena větší část lesa (na $4\,000\text{ km}^2$). Po vykácení prokazatelně ubylo vody v řekách a to do té míry, že hrozí vysychání několika jezer. Keňská vláda se rozhodla les obnovit a vystěhovat na $200\,000$ lidí a oplotit $4\,000\text{ km}^2$ nově zalesněných ploch. Zásadním impulsem bylo selhání rozsáhlé investice japonské firmy, která postavila na řece Sondumiriu hydroelektrárnu, produkující velmi málo elektřiny, protože chybí voda. Japonská firma zastavila výstavbu druhé přehrady.

V této souvislosti je nutné zdůraznit synergický efekt vegetace. Evapotranspirace, fotosyntéza, akumulace tepla v biomase a půdě transformují sluneční energii a snižují přímé uvolňování zjevného tepla. Tlumí tak vytváření tepelných rozdílů, které se projevují jako indikovatelné rozdíly teplot. Obnovující se vegetace přímo tlumí důsledky klimatické změny, zabraňuje erozi, poskytuje biomasu jako zdroj potravy a nese sebou zároveň rozvoj biodiverzity.

Závěry:

- Podle materiálů IPCC stoupala od počátku průmyslové

revoluce radiální účinnost (*radiative forcing*) následkem zvýšené koncentrace skleníkových plynů o $1 - 3\text{ W} \cdot \text{m}^2$. Podle modelů klimatické změny stoupne radiální účinnost během deseti let o $0,2\text{ W} \cdot \text{m}^2$ neboli o $1\text{ W} \cdot \text{m}^2$ za 50 let. Toto jsou změny v rozsahu desetiny promile hodnoty solární konstanty, tudíž neměřitelné, ale vypočítávané modelem.

- Odlesnění, odstraňování trvalé vegetace a odvodňování pokračuje v globálním měřítku rychlostí řádově $100\,000\text{ km}^2$ ročně. Pevnina ztrácí schopnost tlumit rozdíly teplot a tlaku vzduchu. Následkem odvodnění krajiny se uvolňuje obrovské množství energie, která ohřívá povrch země a vzduch.
- Vegetace dostatečně zásobená vodou je schopna velmi účinně tlumit rozdíly teplot, a to jak v prostoru (mezi místy), tak v čase (mezi dnem a nocí) intenzitou několika set $\text{W} \cdot \text{m}^2$.
- Návrat vody do krajiny a obnova trvalé vegetace povedou efektivněji k disipaci sluneční energie přes procesy primární produkce (jednotky $\text{W} \cdot \text{m}^2$), tlumení rozdílů teplot a tlaku vzduchu (stovky $\text{W} \cdot \text{m}^2$), snížení rychlosti uvolňování tepla dekompozicí (jednotky až desítky $\text{W} \cdot \text{m}^2$) a ke zvýšení příjmu energie do ekosystémů a jejího využití k ekosystémovým procesům.
- Energetické procesy v biosféře svázané s životními pochody jsou propojeny koherentně zpětnými vazbami s příkonem slunečního záření a mezi sebou tak, že tlumí teplotní fluktuace ve smyslu fungování disipativních struktur.
- Klimatická změna je následkem odstraňování disipativních procesů živých systémů na rozsáhlých plochách kontinentů. Obnova těchto struktur je cestou ke tlumení klimatické

změny, zvýšení produktivity krajiny, zajištění vody, zvýšení biodiverzity a recyklace látek, což je v souladu se setrvalým užíváním krajiny. Změny toků spojené s funkcí vody a vegetace jsou exaktně měřitelné a dokumentovatelné.

Literatura

Ripl, W.: Water: the Bloodstream of the Biosphere. Philosophical

Transactions of the Royal Society London B Bio. Sci., 358, 2003, 1440, p. 1 921 – 1 934.

Ripl, W.: Funktionale Landschaftsanalyse im Albert Rothschild Wildnisgebiet Rothwald. Study. Berlin : System Institut Aqua Terra / TU, 2004.

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

System otvoreného plánovania pri čistení komunálnych odpadových vôd

Udržateľná sanitácia (*sustainable sanitation*) predstavuje holistický prístup, rieši najmä odvádzanie a čistenie odpadových vôd, ale v kontexte s ostatnými ovplyvňujúcimi faktormi rešpektuje princípy integrovaného manažmentu vodných zdrojov (*Integrated Water Resource Management – IWRM*). Prispieva k riešeniu eutrofizácie na dolných tokoch riek a v moriach, chráni životné prostredie, zachováva prírodné zdroje (nutrienty a vodu) a pozitívne ovplyvňuje zdravie obyvateľstva, šetrí peniaze a celý systém je odolnejší proti negatívnym vplyvom (vrátane ekonomicko-finančných).

Udržateľná sanitácia predstavuje v porovnaní s tradičnými riešeniami komplexnejší prístup, ktorý vedie k environmentálne a ekonomicky vhodnejším riešeniam. Zahŕňa nakladanie a čistenie odpadových vôd so zameraním na prevenciu zdravotnej bezpečnosti. Udržateľná sanitácia je založená na troch pilieroch – environmentálnom, ekonomickom a sociálnom. Prístup je založený na zavádzaní recyklačných procesov, ktoré sú

orientované na tok materiálov, ako komplexná alternatíva bežných, tradičných riešení. V tomto zmysle sa v článku používajú termíny súvisiace s pojmom udržateľná sanitácia.

Vzhľadom na možnosť výberu z viacerých alternatív je tento systém prifazlivý najmä pre obce s menej ako 2 000 ekvivalentnými obyvateľmi – EO (1 EO je množstvo biologicky odstrániteľného organického znečistenia vyjadreného hodnotou biochemickej spotreby kyselika za 5 dní – BSK5, ktorá je ekvivalentná znečisteniu 60g BSK5 produkovanému jedným obyvateľom za deň), pretože ponúka riešenia, ktoré sa líšia nielen technológiou dosiahnutia požadovaného stupňa vyčistenia odpadových vôd, ale aj náročnosťou na investičné a prevádzkové náklady. Je obzvlášť zaujímavý pre malé obce, pretože ich finančné zdroje sú omnoho menšie, ako je to v prípade väčších obcí a miest.

Iniciatíva GWP CEE

GWP CEE (*Global Water Partnership for Central and Eastern Europe*)

je regionálnou jednotkou celosvetovej organizácie GWP, ktorej poslaním je pomáhať národným vládam v procese implementácie princípov integrovaného manažmentu vodných zdrojov. V európskych podmienkach ide o implementáciu Rámcovej smernice o vode. Hlavným poslaním GWP CEE je hľadať oblasti implementácie Smernice, ktoré nie sú pokryté oficiálnymi vládnymi programami. Jednou z nich je problém čistenia odpadových vôd v malých obciach (pod 2 000 EO). Preto GWP CEE zostavilo tím špičkových expertov z krajín, ktoré sú združené v GWP CEE (Maďarska, Slovenska a Slovinska) a zo „starých“ členských krajín EÚ (Nemecka a Švédska), kde sa problematike udržateľnej sanitácie venujú odborníci už desiatky rokov a majú už pozitívne skúsenosti z jej implementácie v praxi. Tím vypracoval metodickú príručku, v ktorej je uvedená analýza súčasného stavu čistenia odpadových vôd v malých obciach regiónu strednej a východnej Európy, možnosti alternatívnych riešení tejto problematiky a opis *Otvoreného plánovania čistenia odpadových vôd* s uvedením úspešných príkladov z praxe (Bodík, Ridderstolpe, 2007).

Čistenie odpadových vôd a systém otvoreného plánovania

System otvoreného plánovania aplikovaný na riešenie problémov súvisiacich s návrhom a realizáciou čistenia odpadových vôd je prepracovanou metódou, overenou švédskymi expertmi v etape prípravy (plánovania) a implementácie. Pri aplikácii tejto metódy sa významne zvyšuje environmentálne povedomie podnikateľského prostredia a ostatného obyvateľstva. V konečnej fáze rozhoduje celá zainteresovaná verejnosť o tom, aký systém sa bude budovať a financovať z rozpočtu mesta alebo obce. To znamená, že ho potom obyvatelia obce alebo mesta budú považovať za svoje duševné a hmotné vlastníctvo.