**Význam mokřadů v zemědělské krajině**

Eiseltová, M.

**Úvod**

Pro obecné pojmenování biotopů s hladinou blízko povrchu půdy byl v 60. letech 20. století v anglicky mluvících zemích navržen termín *wetland*, jehož českým ekvivalentem je výraz *mokřad*. Mokřadům se v té době začala věnovat zvýšená pozornost jak v oblasti výzkumu, tak i v ochraně přírody, což souviselo s tím, že si člověk začal uvědomovat, že s narůstajícím odvodňováním krajiny a vysoušením mokřadů přicházíme o mnohé jejich funkce.

Mokřady v současnosti patří k nejvíce ohroženým ekosystémům na Zemi; dlouhodobé ztráty mokřadů jsou celosvětově odhadovány na 54-57 %, přičemž za posledních sto let byly ztráty mokřadů téměř čtyřikrát větší než za celou lidskou historii (Davidson 2014). Primární příčinou úbytku mokřadů je rozvoj zemědělství (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Z dostupných dat je zřejmé, že zejména v oblastech s nejdelší historií intenzivního zemědělského hospodaření byl tlak na mokřady největší. Přesto v mnohých oblastech světa byly mokřady po tisíciletí využívány k zemědělské produkci, ať se již jedná o produkci plodin, pastvu dobytka či rybolov a v mnohých částech světa jsou i dnes významným zdrojem obživy. V hospodářsky vyspělých zemích Evropy a Severní Ameriky byly však tradiční způsoby zemědělské produkce v mokřadech většinou vytlačeny průmyslovým zemědělstvím na odvodněných půdách.

Na území České republiky zaujímá zemědělská půda přibližně 53 % celkové rozlohy státu. Přitom více než 25 % zemědělské půdy bylo v minulosti odvodněno. Dokumentace k Programu revitalizace říčních systémů (MŽP 2001) uvádí, že intenzivní zemědělskou činností bylo na území ČR zcela nebo z větší části zničeno téměř 90 % všech pramenných oblastí; z 90.959 km vodních toků bylo 36.527 km (40,2 %) upraveno (napřímeno, často i vydlážděno a někdy i zatrubněno) a délka toků zkrácena o jednu třetinu. Zároveň byly mnohé toky zahloubeny, říční nivy odvodněny a převedeny na zemědělskou půdu nebo zastavěny. Hladina podzemní vody často klesla o 1 – 1,5 metru. Cílem všech těchto činností bylo odvést vodu z krajiny co nejúčinněji a nejrychleji. Ve sledovaných oblastech nížin a pahorkatin ČR (tj. v produkční zemědělské krajině) se od roku 1843 rozloha mokřadů snížila z přibližně 10 % rozlohy na 0,1 %, tedy zhruba stokrát (Richter & Skaloš 2016).

Rozsáhlým odvodněním a vysoušením mokřadů měníme toky energie a vody v krajině a přicházíme o mnohé ekosystémové služby, které nám mokřady poskytují. Jedná se jednak o služby zásobovací neboli produkční, tak i o služby regulační a podpůrné a také estetické neboli kulturní.

**Klimatizační efekt mokřadů**

Schopnost mokřadů vypařovat značné množství vody má významný vliv na utváření klimatu. Mokřady, které jsou celoročně anebo po značnou část roku saturovány vodou, se výraznou měrou podílejí na utváření koloběhu vody a právě koloběh vody v krajině má rozhodující význam pro disipaci sluneční energie. Ripl (1992, 1995) popsal ve svém ETR (Energie – Transport – Reakce) modelu tři základní procesy, při nichž dochází k disipaci neboli distribuci sluneční energie. Tyto tři procesy jsou: (a) výpar a kondenzace vody; (b) rozpouštění a krystalizace solí; a (c) rozpad a rekombinace molekul vody v živé buňce. Voda se rozhodujícím způsobem účastní všech těchto tří procesů; díky svému značnému skupenskému teplu dokáže voda vázat a následně i uvolnit velká množství energie. Nejvíce sluneční energie je na Zemi vázáno při výparu vody a posléze uvolňováno při její kondenzaci. Zatímco v krajině s mokřady je za teplého slunečného dne 70-80 % dopadající sluneční energie využito na výpar vody a vázáno jako latentní teplo ve vodní páře a při kondenzaci se toto teplo opět uvolní, nad sklizeným polem dominuje tok zjevného tepla (Pokorný et al. 2010a,b; Eiseltová et al. 2012; Hesslerová et al. 2013). Proto se také výrazně liší teplota naměřená za slunného dne v mokřadu a na odvodněném poli, kdy rozdíl teplot mezi těmito dvěma odlišnými typy krajinného pokryvu může za slunného dne ve střední Evropě dosahovat 15°C i více (Brom & Pokorný 2017). Energie, která není vázána výparem ve vodní páře, se přeměňuje na teplo, což způsobuje ohřev atmosféry a za slunných letních dnů přehřívání krajiny. Mokřady a další biotopy s vysokým výparem můžeme chápat jako klimatizační zařízení a jejich schopnost vypařit velké množství vody pak považovat za schopnost klimatotvornou. Jedná se o významnou regulační ekosystémovou službu, kterou s odvodněním a vysušením mokřadů ztrácíme. Mokřady působí vyrovnávání teploty mezi dnem a nocí. Za slunného dne se energie při výparu vody ukryje do vodní páry a tato energie se uvolní při kondenzaci vody na chladnějším místě. Pokud je ve vzduchu obsažena vodní pára při poklesu teploty, například ráno před svítáním, dochází ke kondenzaci vody na površích – vzniká tak rosa, jinovatka nebo ranní mlhy – a teplo obsažené ve vodní páře se uvolní a prostředí se ohřívá. Pokud je obsah vodní páry ve vzduchu nízký nedojde k nasycení vzduchu vodní párou ani ke kondenzaci vody, a teplota vzduchu klesá. Nedostatek vody v ovzduší může být tak příčinou častějšího výskytu pozdních ranních mrazíků a například i častějšího poškození květů ovocných stromů.

Řada autorů (např. Pielke 2001; Makarieva & Gorshkov 2007, 2010) zdůrazňuje, že vegetační kryt, včetně mokřadů, výrazně ovlivňuje bilanci a rozložení srážek, výpar vody a její odtok z krajiny. Často se objevují také názory, že strom, les a mokřady připravují krajinu o vodu, neboť velké množství vody vypaří. Je pravda, že vzrostlý strom je za slunného dne schopen vypařit až 400 litrů vody, mokřady o velké ploše vypaří v našich podmínkách až 6,5 mm vody (Přibáň et al. 1992, Přibáň & Ondok 1980). Pokud je ovšem mokřad o malé rozloze obklopen odlesněnou a odvodněnou krajinou, může jeho denní výpar dosáhnout vlivem působení advekce suchého vzduchu až 20 mm za den (Kučerová et al. 2001). Tento vysoký rozdíl je způsoben rozdílem v nasycení okolního vzduchu vodní párou. Suchý vzduch je schopný pojmout větší množství vodní páry než vzduch, který je již vodní párou nasycen. Nad územím s vysokým obsahem vodní páry ve vzduchu se tvoří místní oblačnost a voda se se srážkami vrací zpět do krajiny. Hovoříme o tzv. krátkém koloběhu vody oproti dlouhému koloběhu vody, kdy k nám srážky přicházejí od oceánu. Paralelou k fungování mokřadů je fungování lesů, jejichž role v koloběhu vody je intenzivně studována. Na základě řady studií se ukazuje, že lokálně stromy a lesy mohou snížit odtok vody z povodí, ale globálně či na velké ploše lesy přispívají ke zvýšení srážek a dostupnosti vody ve vnitrozemí (Ellison et al. 2012, 2017, Makarieva & Gorshkov 2007, 2010).

**Retenční schopnost mokřadů**

Retenční schopnost krajiny je dána schopností krajiny dočasně zadržovat vodu, a tím zpomalovat odtok srážkových vod. Retence vody v krajině je významně ovlivněna vegetačním krytem a schopností půdy vsakovat vodu a zadržovat ji ve svém půdním profilu. Významný vliv na retenční schopnost krajiny mají krajinné prvky, jako jsou lesní ekosystémy, přirozené vodní toky, a zejména mokřadní biotopy jako jsou říční nivy, tůně, rašeliniště, podmáčené smrčiny, či rybníky a jejich pobřežní pásma (litorály). Retence vody v české krajině byla postupně od pozdního středověku výrazně omezena odlesněním horských oblastí a horních částí povodí, kde spadne nejvíce srážek. Ty však nyní v důsledku odlesnění rychle odtékají do nižších poloh, kde způsobují záplavy. Kromě odlesňování vedlo k významnému omezení retenční schopnosti krajiny scelování pozemků, vysušování mokřadů a velkoplošné odvodňování zemědělské půdy (včetně původně nezemědělské půdy v nivách řek), doprovázené prohlubováním a napřimováním říčních toků. To vše způsobilo, že voda z naší krajiny rychle odtéká. Odvodnění s sebou navíc přináší zvýšené provzdušnění půdy, za vyššího přístupu vzduchu se rychleji rozkládá půdní organická hmota, mění se struktura půdy a klesá její pórovitost. Tím se dále zmenšuje retenční schopnost půdy, tj. schopnost zadržet a udržet vodu v půdním profilu.

Obecně lze říci, že zadržení vody mokřady, případně zmírnění velkých vod, do velké míry závisí na konfiguraci terénu, kde se mokřady nacházejí. V každém případě jsou mokřady k retenci vody uzpůsobeny z našich ekosystémů nejlépe a nasycení vodou jim neškodí. Díky značné evapotranspiraci mokřadní vegetace se hladina vody v mokřadech snižuje a přirozeně se tak uvolňuje prostor pro retenci srážkové vody anebo vody přitékající z povodí v podobě vody povrchové či infiltrační. Pozitivní uplatnění v retenci vody v zemědělské krajině mají i louky, meze a remízky, jež zejména na svazích omezují povrchový odtok vody. Gallayová & Gallay (2006) uvádějí, že zapojený travní porost má průměrně o 10 % vyšší půdní pórovitost než orná půda a má lepší půdní strukturu, což umožňuje plynulý vsak srážek.

O tom, jaký vliv má hospodaření v povodí na průtoky vody v tocích v období vysokých srážek, svědčí průběhy průtoků měřené v povodích s různým zastoupením mokřadů a lesů vůči zemědělské půdě (obr. 1).



Obr. 1. Průměrné denní průtoky měřené ve třech dílčích povodích v podhorské oblasti Šumavy. Plná šedá čára – odvodněné povodí Mlýnského potoka s pastvinami a loukami, plná černá čára – neobhospodařované povodí Horského potoka s lesy a podmáčenými loukami, šedá čárkovaná čára – zalesněné povodí Bukového potoka. Upraveno podle Procházky et al. (2009)

**Retence látek v mokřadech**

Detailní studie toku látek a energie v převážně zemědělsky využívaném povodí řeky Stör v severozápadním Německu ukázala, k jak velkým ztrátám rozpuštěných látek může docházet v zemědělsky využívané krajině. Řeka Stör s sebou každoročně odnáší v průměru 1 až 1,5 t rozpuštěných látek (zejména vápníku, hořčíku, méně pak dusíku a fosforu) z 1 ha zemědělské půdy Tyto látky jsou nenávratně odnášeny z povodí do moře. Největší ztráty látek jsou v místech s nejnižší evapotranspirací, tedy na místech, která jsou nedostatečně zásobená vodou a přehřívají se (Ripl & Hildmann 2000; Ripl & Eiseltová 2009).



Obr. 2. Tok rozpuštěných látek a odtok vody v závislosti na vegetačním krytu a nasycenosti půdy vodou. (Ripl et al. 1996).

Souvislost mezi rozkolísaným průtokem vody v tocích, způsobeným nedostatečným vegetačním krytem a sníženou retenční schopností půdy ukazuje i studie z podhorské oblasti Šumavy. Ztráty rozpuštěných látek z povodí, které bylo odvodněno a je využíváno jako pastviny a kosené louky (povodí Mlýnského potoka), jsou 3-5x vyšší (60 kg ha-1 Ca2+ a 60 kg ha-1 NO3 ročně) než odtok látek z dalších dvou povodí (povodí Bukového a Horského potoka), která odvodněna nebyla (Procházka et al. 2009).

Schlesinger (1997) uvádí, že u většiny půd dochází v prvních dvou desetiletích po přechodu na zemědělské využívání ke ztrátám 20 – 30 % půdní organické hmoty. Poté se další pokles organické půdní hmoty zastaví a vytvoří se nová rovnováha s nižší produkcí rostlinného detritu a vyšší rychlostí rozkladu organické hmoty než u původního přirozeného rostlinného krytu (Jenkinson. & Rayner 1977, cituje Schlesinger 1997). Úbytek půdní organické hmoty způsobuje sníženou retenci vody; zvýšený odtok vody pak také vyšší odnos živin uvolněných při rozkladu organické hmoty.

Ve funkčních mokřadech se naopak organické látky a v nich obsažené živiny hromadí. Schopnosti mokřadů zadržovat látky se využívá pro čištění komunálních odpadních vod, odpadních vod ze zemědělské produkce i k retenci živin z difúzních zdrojů ze zemědělské půdy. Například ve Švédsku byl v roce 1999 vyhlášen vládní program na obnovu 12 000 ha mokřadních biotopů na zemědělské půdě, jehož cílem bylo zadržet dusík a snížit jeho přísun do Baltskéhop moře. Průměrná retence N v mokřadech budovaných pro odstranění dusíku byla 298 – 336 kg/ha/rok (Tonderski et al. 2015).

**Závěr**

Ukázali jsme si, jak v současné době převažující způsob zemědělské produkce na odvodněných půdách a úbytek přirozené vegetace a mokřadů v krajině spouští celý řetězec reakcí, jako jsou přehřívání a další vysoušení krajiny, destabilizace koloběhu vody, zvýšené ztráty látek z půdy, včetně uvolňování CO2 při rozkladu organické hmoty při odvodňování mokřadů do ovzduší, což ve svém důsledku vede k výraznému poklesu přirozené půdní úrodnosti a ohrožuje i produkční schopnost krajiny. Vysoušením mokřadů jsme také přišli o mnohé jejich produkční, regulační a estetické funkce a služby. Některé tyto služby dnes již dokážeme kvantifikovat a vyjádřit i jejich finanční hodnotu, jiné však kvantifikovat a nacenit nedokážeme. Mnozí autoři varují, že současný způsob průmyslového zemědělského hospodaření je dlouhodobě ekologicky a ekonomicky neudržitelný (Ponting 1991; Foley et al. 2005; Kravčík et al. 2007). Přibližně 40 % orné půdy světa je ohroženo erozí a ztrácí svoji přirozenou úrodnost a posléze i hospodářské využití. Nedostatek vody v současnosti ovlivňuje 30- 40 % pevniny (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Je nejvyšší čas změnit zemědělskou dotační politiku a podporovat takové zemědělské hospodaření, které povede k posílení regulačních a kulturních služeb agroekosystémů namísto jednostranné snahy o získání co nejvyšších výnosů na úkor potlačení služeb regulačních a kulturních. Tyto služby je třeba chápat jako veřejné statky, které nám všem poskytují významné služby zcela bezplatně. Ukázali jsme si, že mokřady jsou nedílnou součástí funkční krajiny. Jejich údržba a obnova napomáhá retenci vody v krajině, posiluje malý koloběh vody a zlepšuje mezoklimatické podmínky. Tyto principy komplexně řeší ETR model, jehož principy je třeba respektovat při krajinném plánování. Je žádoucí osvěta vysvětlující pozitivní uplatnění mokřadů v zemědělské krajině a podpořit obnovu mokřadů v zemědělské krajině a zaměřit se i na možnosti jejich zemědělského využívání.

**Použitá literatura:**

Davidson N. C. 2014. How much wetlands has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. Marine and Freshwater Research 65:934-941.

Eiseltová M., Pokorný J., Hesslerová P. & Ripl W. 2012: Evapotranspiration – a driving force in landscape sustainability. In: Irmak, A. (ed.) Evapotranspiration – remote sensing and modeling. InTech: 305–328.

Ellison, D., Futter M. N. & Bishop, K. 2012. On the forest cover-water yield debate: from demand- to supply-side thinking. Global Change Biology 18:806-820.

Ellison, D. Morris, C. E. Locatelli, B. et al. 2017. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. Global Environmental Change 43:51-61.

Foley et al. 2005: Global Consequences of Land Use. Review. Science 309: 570-573.

Hesslerová P., Pokorný J., Brom J. & Rejšková-Procházková A. 2013: Daily dynamics of radiation surface temperature of different land cover types in a temperate cultural landscape: consequences for the local climate. Ecological Engineering 54: 145–154.

Huryna H., Brom J. & Pokorný J. 2014: The importance of wetlands in the energy balance of an agricultural landscape. Wetlands Ecology and Management 22: 363–381.

Gallayová Z. & Gallay I. 2006. Príspevok k poznaniu infiltračnej schopnosti rôzne využívaných TTP BR Poľana. In: Sboník z mezinárodní mezioborové konference Venkovská krajina, 12. - 14. května 2006, Slavičín u Hoštětína. ZO ČSOP Veronica, Brno, s. 44 – 47.

Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J. Kováč M. & Tóth E. 2007: Voda pre ozdraveni klímy – Nová vodná paradigma. Ludia a voda, 93 str.

Jenkinson, D. S. & J. H. Rayner (1977). The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. Soil Science 123:298-305.

Kučerová A., Pokorný J., Radoux M., Němcová M., Cadelli D. & Dušek J. 2001: Evapotranspiration of small-scale constructed wetlands planted with lingeous species. In: Vymazal, J. (ed.), Transformations of nutrients in natural and constructed wetlands. Backhuys, Leiden: 413–428.

Makarieva A. M. & Gorshkov V. G. 2007: Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. Hydrology and Earth System Sciences 1: 1013–1033.

Makarieva A. M. & Gorshkov V. G. 2010: The Biotic Pump: condensation, atmospheric dynamics and climate. IJW 5: 365.

Millennium Ecosystem Assessment 2005. Ecosystems and human well-being. Synthesis. World Resources Institute. Washington DC.

Ministerstvo životního prostředí 2001. Dokumentace k programu revitalizace říčních systémů. Praha.

Pokorný J., Brom J.,Čermák J., Hesslerová P., Huryna H., Nadezhdina N. & Rejšková A. 2010a. Solar energy dissipation and temperature control by water and plants. Int. J. Water, Vol. 5, No. 4, pp. 311 – 336.

Pokorný J., Květ J., Rejšková A. & Brom, J. (2010b). Wetlands as energy-dissipating systems. J. Ind. Microbiol. Biotechnol., Vol. 37, No. 12, pp. 1299 – 1305.

Ponting C. 1991. A Green History of the World: The Environment and the Collapse of Great Civilizations, Penguin, London.

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, (Special Issue 2):75–82.

Přibáň K. & Ondok J. P. 1980: The daily and seasonal course of evapotranspiration from a central European sedge-grass marsh. Journal of Ecology 68: 547–559.

Přibáň K., Jeník J., Ondok J. P. & Popela P. 1992: Analysis and modelling of wetland microclimate. Study of Czech Academy of Science 2/1992. Academia, Praha.

Richter P. & Skaloš J. 2016. Sledování změn mokřadů v krajině nížin a pahorkatin České republiky 1843 – 2015. Vodní hospodářství 66(8):14-19.

Ripl W. 1995. Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: the energy-transport-reaction (ETR) model. Ecological Modelling. 78:61-76.

Ripl W. & Eiseltová M. 2009. Sustainable land management by restoration of short water cycles and prevention of irreversible matter losses from topsoils. Plant Soil Environ., Vol. 55, No. 9, pp. 404-410.

Ripl W. & Hildmann C. 2000. Dissolved load transported by rivers as an indicator of landscape sustainability. Ecological Engineering, 14: 373–387.

Ripl W., Pokorný J., Eiseltová M. & Ridgill S. 1996. Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich degradaci. In: Eiseltová, M. (ed.). Obnova jezerních ekosystémů – holistický přístup. Wetlands International publ. č. 32, str. 16-35.

Schlesinger, W. H. (1997). Biochemistry: An Analysis of Global Change. 2nd ed., Academic Press, San Diego, 588 pp.

Tonderski K. S., Geranmayeh P. Johannesson k. Ulén B. & Weisner S. E. B. 2015: In: Wetlands in Agricultural Landscapes: Present State and Perspectives in Europe, Book of Abstracts, International Conference, České Budějovice, Czech Republic, 11-16 October 2015

**Zpracoval:** Martina Eiseltová, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., eiseltova@vurv.cz