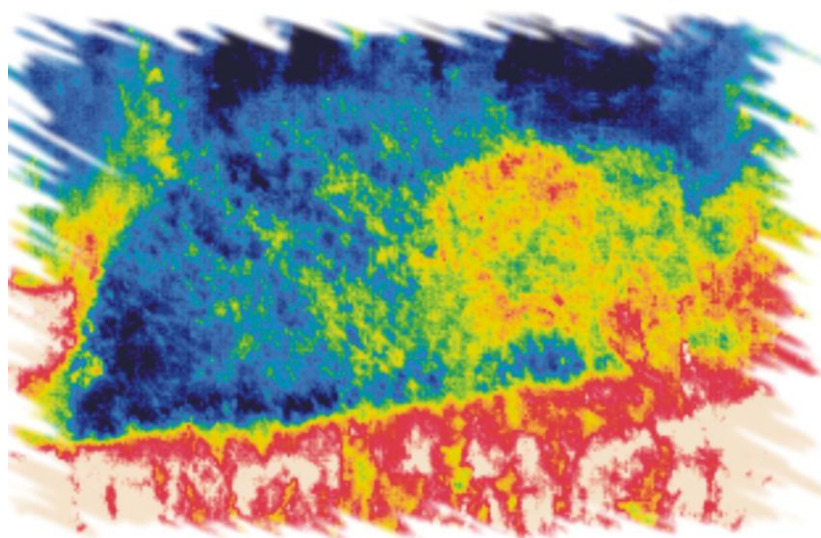


**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**



Disertační práce

**Úloha vegetace v kulturní krajině ve vztahu k disipaci
sluneční energie**



Ing. Jakub Brom

2008

Školitel: RNDr. Jan Pokorný, CSc.
Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR
ENKI o.p.s.

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně na základě vlastních výsledků s využitím řádně uvedené literatury.

V Českých Budějovicích v únoru 2008

.....

Souhrn

Voda se v přírodě vyskytuje ve třech skupenstvích, plynném, kapalném a pevném. Při fázové přeměně vody ze skupenství kapalného na plynné a naopak se spotřebovává značné množství energie, které označujeme jako latentní teplo výparu. Díky fázovým přeměnám vody dochází k jejímu pohybu v přírodě, vzniká tak hydrologický cyklus. Zdrojem pro pohyb vody je solární energie.

Otázka výdeje vody a jeho regulace je v globálním měřítku klíčová jako součást velkého vodního cyklu a jako klimatotvorný prvek. Výdejem vody rozumíme především výpar, který označujeme termínem evaporace, ten lze chápat jako výpar z rostlin (transpirace) nebo současně z půdy a vegetace (evapotranspirace). Při výparu dochází k odnímání energie (tepla) z prostředí, dochází k jeho ochlazení. Na chladnějších místech dochází k uvolnění energie a voda kondenzuje. Vodní pára a současně i energie je roznášena v plošném měřítku, říkáme, že se energie disipuje.

Úloha vegetace je v těchto procesech především ve schopnosti regulace výdeje vody ze svého povrchu. Vegetace se stává významnou součástí kontinua „půda-rostlina-atmosféra“ pro pohyb vody. Rostliny aktivně přijímají vodu kořeny a následně ji vydávají ve formě páry z asimilační plochy listů. Regulace výdeje vody rostlinou je složitým fyzikálně-biologickým procesem, uskutečněným zejména průduchy. Díky schopnosti aktivního výdeje vody a jeho regulace, je rostlinný kryt schopný ovlivňovat teplotně vlhkostní parametry povrchu. Teplota povrchu je v této souvislosti významným indikátorem stavu vegetačního krytu.

Předkládaná disertační práce se zaměřuje především na problematiku mikroklimatu porostů, zejména na jejich teplotně-vlhkostní režim, na toky energie a na otázky výparu. Práce se dotýká též vlivu člověka a jeho hospodaření na mikroklimatické parametry prostředí a hydrologický režim.

V průřezu vlastního předkládaného textu lze vysledovat dva tématické bloky.

První blok (kapitola I – II) je spíše literárním přehledem a kritickým zhodnocením problematiky významu vegetace v energetických tocích v ekosystémech. V práci je předložena řada příkladů z vlastních měření a současně stručný přehled metodických přístupů požívaných při studiu energetických toků a výparu.

Druhý blok (kapitola III - VII) je věnován analýze mikrometeorologických prvků v několika typech porostů a hodnocení jejich významu z hlediska vlivu na mikroklima (teplotně-vlhkostní režim) a disipaci energie ve vztahu ke krajinným funkcím.

Hlavní výsledky jsou shrnuty a diskutovány v souhrnných kapitolách.

Z přehledu výsledků lze vysledovat následující trendy:

- Průměrné hodnoty teplotních průběhů ve vegetační sezóně byly vyšší na stanovištích s dostatkem vody v půdě
- Rozkolísanost teplotního průběhu se zvyšovala se snižujícím se obsahem vody v půdě/ve vegetaci
- Na odvodněných stanovištích se vyskytovaly v průměru nižší noční a vyšší denní teploty, byla zde velká amplituda průběhu teplot mezi dnem a nocí
- Povrchová teplota vegetačního krytu byla v poledních hodnotách (doba přeletu družice Landsat) nižší na neodvodněných plochách.
- Vlhkost povrchu byla na odvodněných plochách menší než na plochách neodvodněných
- Relativní vlhkost vzduchu byla vyšší na neodvodněných plochách a méně zde kolísá
- Rozdělování energie na latentní a zjevné teplo se mezi dvěma mokřadními porosty (vrbovým a zrašelinělou loukou) nelišilo z hlediska úhrnu, lišilo se však z hlediska průběhu v denním cyklu
- Aktuální výpar, respektive tok latentního tepla byl větší z mokřadu než z odvodněné pastviny
- Referenční evapotranspirace byla větší na odvodněné pastvině než v mokřadu
- Průběh evaporativní frakce příliš nekořespondoval s většinou faktorů prostředí (rychlost větru, teplota a vlhkost vzduchu atd.), kořespondoval s průběhem srážek

Z analýzy výsledků v souladu se zpracováním literárních zdrojů vyplývá, že se vegetace významně uplatňuje v disipaci energie a v utváření klimatu na všech úrovních prostorové škály.

Summary

Water exists in nature in three basic states of aggregation – liquid, solid and gas. Conversion from liquid to gaseous state and vice versa is associated with consumption or release of energy which is called latent heat of evaporation. Thanks to the fact that water under natural conditions easily converts into its different phases, the water cycle is formed. The water cycle is driven by solar energy.

Regulation of water evaporation is crucial in establishing global water cycle and forming the climate. Evapotranspiration is a process of water release from vegetated surfaces. Through evaporation the environment is cooled due to energy consumption in the phase transition. Water vapour condensates later on a cooler place which is thus warmed by released energy. In the dynamic processes of evaporation and condensation water and energy are spread in time and space, i.e. they are dissipated in the system.

Plants regulate evaporation of water from their surfaces and therefore the vegetation plays an important role in establishing “soil-plant-atmosphere” water continuum. Plants actively take liquid water from the soil and release it in the gas form from the leaves to the atmosphere. Plants regulate water vapour mainly by manipulating stomata apertures; however, the regulation of transpiration is a complicated process, which is influenced by both physical and biological factors. Due to its active regulation of water release the vegetation influences the temperature and wetness parameters of the surface. Consequently, the surface temperature is an important indicator of the vegetation state.

The dissertation thesis is focused on the microclimate in the stands, in particular on temperature and humidity regimes and energy and evapotranspiration fluxes. It also deals with the human activities, which influence the microclimatic parameters of the environment and the hydrological cycle.

The text is divided into two parts. The first part (chapter I – II) is a literature overview and a critical insight into the complicated problem of evaluating the role of vegetation in energy fluxes within ecosystems. Examples of our own measurements are presented in form of scientific papers and at the same time a brief review of methods for measuring energy fluxes and evaporation is provided.

The second part (chapter III – VII) deals with the analysis of micrometeorological parameters in several types of stands and their influence on microclimate (humidity and temperature regimes), energy dissipation and consequently landscape functions.

Main results are summed up and discussed in concluding chapters.

From the results overview we may present following conclusions:

- During vegetation season mean values of temperature series were higher in the stands with sufficient supply of water in the soil
- Fluctuation of temperature courses increased with decreasing amount of water in the soil and in the vegetation
- Large amplitudes of daily temperatures (lower mean nocturnal temperature, higher mean diurnal temperature) were observed in the drained stands
- Around noon (i.e. time of the Landsat satellite scanning) surface temperature of the canopy was lower in stands which were not drained
- Surface humidity was lower in the drained stands than in the stands which were not drained
- Relative humidity of air was higher and more balanced in the stands which were not drained
- The distribution of energy between the latent and sensible heat fluxes in the two studied wetland stands (willow vs. peaty meadow) did not differ in total amounts; however, it differed in diurnal patterns
- Evaporation rates, as well as latent heat flux, were higher in the wetland than in the drained pasture
- Reference evapotranspiration was higher in the drained pasture than in the wetland
- The course of evaporative fraction did not correspond with the majority of studied environmental factors (wind speed, air temperature and relative humidity, etc.); however, it corresponded well with the precipitation rate

In accord with literature data our results show that vegetation plays an important role in dissipating solar energy and forming the climate on all levels of the spatial scale.

Poděkování

Velmi rád bych poděkoval obětavému školiteli RNDr. Janu Pokornému, CSc. za vedení práce a za spoustu podnětů, rad a pomoci, které mi v průběhu mého studia věnoval.

Chtěl bych poděkovat doc. RNDr. Liboru Pecharovi, CSc., který se jako vedoucí laboratoře aplikované ekologie významně zasloužil nejen o průběh mého studia. Dík patří všem kolegům a spolupracovníkům, se kterými jsem měl tu čest spolupracovat, jmenovitě Ing. Janu Procházkovi, Ph.D, doc. RNDr. Emilii Pecharové, CSc., doc. RNDr. Haně Čížkové, CSc., Mgr. Alžbětě Rejškové, Mgr. Martinu Haisovi, Aleši Váchovi, Ladislavu Havelkovi, Ing. Lubomíru Bodlákovi, Ing. Kateřině Wotavové-Novotné, Ing. Pavlíně Hakrové, Ph.D, Ing. Haně Broumové, RNDr. Markétě Slábové, Mgr. Lukáši Šmahelovi, Ing. Vladimíru Jirkovi, CSc. a dalším z kolektivu laboratoře aplikované ekologie, katedry agroekologie a katedry ekologie Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, kolektivu obecně prospěšné společnosti ENKI, kolektivu Ústavu systémové biologie a ekologie a Botanického ústavu AVČR, v.v.i.

Velký dík patří doc. Ing. Vladimíru Hanzalovi, CSc. za pomoc a vedení ve věcech studijních a Ing. Miladě Randýskové za péči, starostlivost a hlavně trpělivost. Velký dík patří též RNDr. Janu Květovi, CSc. za rady, konzultace a podporu. Díky patří též RNDr. Olze Votrubové, CSc. a jejímu kolektivu katedry fyziologie rostlin PřF UK a spolupracovníkům z The University of Dublin, Trinity College, Faculty of Science M. Saundersovi, Ph.D, G. Laniganovi, Ph.D a Prof. M. Jonesovi.

V neposlední řadě bych chtěl ze srdce poděkovat rodině a přátelům za podporu a trpělivost.

Předmluva

Předkládaná disertační práce vznikla na půdě laboratoře aplikované ekologie Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Aktivita spojené s vypracováním disertační práce byly financovány z řady zdrojů, jmenovitě z projektů Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy a Ministerstva životního prostředí: MSM 122200003/1 (Výzkumný záměr ZF JU), FRVŠ 1373/2002 Autekologie polykormonů porostů *Salix cinerea* v nivě pramenné oblasti Horského potoka, MSM 6007665806 (Výzkumný záměr ZF JU), VaV SL/640/8/03 Koncepce a metodologie komplexního studia dlouhodobých trendů vývoje krajiny v užším a širším zázemí JE Temelín, VaV 300/05/03 Modulární skleník s vysokou účinností přeměny sluneční energie a recyklací vody, využívající optické rastry, NPV II 2B06023 Vývoj metody stanovení toků energie a látek ve vybraných ekosystémech, návrh a ověření principů hodnocení hospodářských zásahů pro zajištění podmínek autoregulace a rozvoje biodiverzity, VaV SM /2/25/04 Posouzení míry antropogenního narušení vodního režimu lesních ekosystémů a jeho důsledků na změnu funkčních schopností lesů; návrh revitalizačního managementu. (Řešení pro modelová subpovodí Bonarova a Ferdinandova potoka), IG ZF JU 08/06 Energetická a chemická účinnost krajiny – metodický nástroj pro hodnocení krajinných funkcí a IG ZF JU 13/07 Srovnání radiační bilance stanovišť na Šumavě jako parametru hodnocení zemědělského hospodaření v horských a podhorských oblastech.

Disertační práce je sbírkou několika vybraných publikací, na jejichž vzniku jsem se do značné míry podílel, od sběru dat až po zpracování finální podoby textu předloženého k publikování. Je pochopitelné, že v případě některých prací předložených v této disertační práci jsem se podílel větším nebo naopak menším dílem, domnívám se však, že do všech jsem vnesl jistý intelektuální podíl. Zvládnutí práce v kolektivu v tomto směru považuji za součást jak studia, tak vlastní vědecké činnosti, zejména v tak komplikované problematice, jako je téma této disertační práce. Jsem přesvědčen, že v případě předložených prací nelze explicitně stanovit podíl práce jednotlivých autorů, přesto se však o jakýsi souhrn pokusím:

V kapitolách I a II jsem autorem nebo spoluautorem metodických částí a částí týkajících se otázky transpirace, evapotranspirace a energetických toků, ale i dalších částí. V kapitole I jsem autorem příkladů na obrázcích 6, 8, 9 a 10. V kapitole II jsem

autorem příkladů na obrázcích 5 a 6. Procentický podíl práce bych odhadoval v kapitole I na 20%, na kapitole II na 33%.

Kapitoly III a IV jsou z větší části mým vlastním autorským počinem, procentický podíl práce na kapitole III byl 100%, na kapitole IV bych odhadoval 80%.

V případě kapitoly V jsem se podílel na zpracování odhadem ze 70%, v případě zpracování textu jsem jeho autorem přibližně z 95%.

Na zpracování kapitoly VI jsem se podílel převážně z hlediska statistického vyhodnocení dat a jejich prezentace, vyjma dálkového průzkumu Země, a na zpracování části diskuse, která se týká ekofyziologických vztahů porostů ke svému prostředí. Svůj podíl práce zde odhaduji na 30%.

Zpracování kapitoly VII bylo především mou vlastní myšlenkou, ovšem za intenzivní podpory ostatních spoluautorů. Procenticky bych zde svůj podíl práce odhadl na 90%.

Tématem disertační práce je „Úloha vegetace v kulturní krajině ve vztahu k disipaci sluneční energie“. Je pochopitelné, že takto pojaté téma je značně široké a do jedné disertační práce nevtěšitelné jako celek. Zde se můj vlastní podíl práce zaměřuje především na problematiku mikroklimatu porostů, zejména z hlediska jejich teplotně-vlkostního režimu, z hlediska toků energie a na otázky výparu. V průřezu vlastního předkládaného textu lze vysledovat přibližně čtyři tematické bloky.

První blok (kapitola I – II) je spíše jakýmsi literárním přehledem a kritickým zhodnocením problematiky významu vegetace a potažmo mokřadních společenstev v energetických tocích v ekosystémech. Současně je zde předložen stručný přehled metodických přístupů požívaných při studiu energetických toků a výparu.

Druhý blok (kapitola III – VII) je věnován analýze mikrometeorologických prvků v několika typech porostů a hodnocení jejich mikroklimatu a je vlastním jádrem disertační práce.

Kromě prací týkajících se přímo tématu disertační práce cituji v přehledu vlastních prací i několik dalších publikací, které též navazují na téma disertační práce a týkají se chemismu odtékající vody a krajinných funkcí. Uvádím též práce, které se týkají vlivu jaderné elektrárny Temelín na mikroklima okolí, a práce týkající se květní ekologie a koevolučních vztahů mezi opylovači a rostlinami v afromontánních oblastech západní Afriky.

Obsah

Úvod	11
Cíle práce	17
Kapitola I. The role of vegetation in water cycling and energy dissipation	18
Kapitola II. Úloha makrofyt v energetické bilanci mokřadů	42
Kapitola III. Srovnání teplotních charakteristik porostů keřových vrb, zrašelinělé mezofylní louky a pastviny	61
Kapitola IV. Temperature and humidity characteristics of two willow stands, a peaty meadow and a drained pasture and their impact on landscape functioning	73
Kapitola V. Rozdíly v mikroklimatu a energetických tocích mezi mokřadem a odvodněnou pastvinou	104
Kapitola VI. Effect of water drainage on the forest microclimate; case study of two small catchments in the Šumava Mountains	110
Kapitola VII. Diurnal behaviour of evaporative fraction in herbaceous wetland	123
Souhrn hlavních výsledků	128
Diskuse	133
Závěr	152
Seznam publikovaných prací a rukopisů autora	153

***„Jak pošetilý se člověk jeví, ničíce lesní pokryv bez respektu k souvislostem
a okrádaje tak sebe sama o dřevo a vodu“***

Alexander von Humboldt, 1849.

Úvod

Vegetační kryt je jednou z velmi důležitých součástí biosféry, která se kromě řady dalších funkcí významně podílí na disipaci solární energie (Ripl 1995, Ripl 2003) a na tvorbě klimatu na všech úrovních (Hayden 1998).

Na Zemský povrch dopadá značné množství sluneční energie. To, jaký bude osud přicházející energie, závisí především na charakteru povrchu, na jeho tvaru, barvě, tepelné vodivosti, odrazivosti a obsahu vody. Pokud si pod takovým povrchem představíme vegetační kryt, můžeme přidat ještě autonomní biologickou regulaci řízení výdeje vody a změny tvaru.

Po dopadu sluneční energie na hranici atmosféry (zde množství energie označujeme jako solární konstantu, $1367 \pm 7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (Gates 1980, Eagleson 2002), je asi třetina zářivé energie odražena zpět do kosmického prostoru, zbývající část atmosférou proniká, je jí zeslabována a spektrální složení prodělává řadu změn (Gates 1980). Na Zemský povrch dopadá už jen asi 47% energie ze solární konstanty (Larcher 2003, Matejka & Huzulák 1987), přičemž spektrální složení záření je omezeno zejména na rozsah mezi 300 a 3000 nm (Gates 1980), viz graf 1, kapitola I.

Na vlastním povrchu dochází k částečnému odrazu energie ve formě krátkovlnného záření, část energie je pohlcena povrchem a dále zpětně vyzářena jako dlouhovlnné záření, zbytek energie označujeme jako celkovou čistou radiaci (Arya 2001, Geiger et al. 2003)

Celková čistá radiace nebo též čistá radiace je energií, která se dále uplatňuje v procesech probíhajících na povrchu Země, potažmo v biosféře. Čistá energie je v procesu energetické bilance stanoviště rozdělována na několik toků podle rovnice (Penman 1948):

$$R_n = P + J + G + H + L.E$$

kde R_n je celková čistá radiace, P je množství energie spotřebované ve fotosyntéze, J je energie spotřebovaná na ohřev povrchů, G je tok tepla do půdy, H je tok zjevného tepla

a LE je tok latentního tepla, kde L je skupenské teplo výparu a E je množství odpařené/kondenzované vody. Energetická bilance stanoviště je znázorněna na obr. 5, v kapitole I. Z hlediska úvah o disipaci^{*)} (rozumněj roznosu, distribuci) energie v krajině jsou členy P a J zanedbatelné a představují společně ca 1% z R_n , naopak zásadní z hlediska výměny energie na povrchu jsou toky zjevného tepla a latentního tepla výparu, jejichž poměr označujeme jako poměr Bowenův (Bowen 1926).

V energetické bilanci stanoviště hraje významnou roli vegetace, která je díky aktivní schopnosti regulace výdeje vody při transpiraci schopna ovlivnit množství odpařené vody ze stanoviště. Vegetační kryt zvyšuje množství odpařené vody v procesu evapotranspirace a vlhkost vzduchu v troposféře (Schwartz & Karl 1990). Zde je přímá vazba na teplotní režim stanoviště, kdy jsou ovlivněny minimální a maximální teploty (Hayden 1998). Se zvyšující se vlhkostí vzduchu dochází ke zvyšování minimální teploty a snižování teploty maximální (Schwartz & Karl 1990, Hayden 1998).

Omezení teplotní amplitudy úzce souvisí se schopností vody vázat nebo uvolňovat energii při fázových přechodech, zde při výparu a kondenzaci. Tuto energii označujeme jako skupenské teplo výparu. Jeho hodnota je přibližně 2500 J na gram odpařené nebo kondenzované vody. Při výparu je energie vázána, dochází k ochlazení, při kondenzaci je energie uvolňována a dochází k ohřevu okolí. Rostliny využívají této schopnosti vody k regulaci teploty svého povrchu a výdej vody aktivně regulují prostřednictvím průduchů (např. Šebánek 1983, Penka 1985, Larcher 1988, Jones 1992, Procházka et al. 1998, Lambers et al. 1998, Nobel et al. 1999, Fitter & Hay 2002).

Výpar z rostlin označujeme pojmem transpirace, výpar z půdy pojmem evaporace, společně evapotranspirace. Proces evapotranspirace je zásadním funkčním dějem, který je jedním z předpokladů vzniku koloběhu vody a významně se uplatňuje v jeho uzavírání (podrobnosti viz Ripl 1995, Ripl et al. 1996, Pokorný 2001, Ripl 2003). Uzavřený vodní cyklus je důležitý pro fungování krajiny a vyrovnanou hydrologickou bilanci. Uzavření vodního cyklu vyžaduje relativně chladnější plochu krajiny, nad níž může probíhat tvorba atmosférických srážek (Pokorný & Květ 2001). Takováto „propadliště“ tepla či relativně chladnější místa jsou často vázána na lokální zdroje vysoké evapotranspirace (lesy, mokřady). Krátký, uzavřený koloběh vody se

^{*)} Pojem disipace můžeme jednoduše chápat, jako roznos, rozptylování. Z hlediska energie pak můžeme uvažovat i přeměny jednotlivých energetických forem na jiné. Teorie disipativních struktur vychází z teorie samoorganizace a samoorganizujících se systémů vzdálených od termodynamické rovnováhy. Autorem teorie je Ilja Prigogine. Podrobnosti lze nalézt v publikacích Maršík a Dvořák 1998, Magnani a Grace 2000, Prigogine a Stengersová 2001, Zhang a Wu 2002, Ripl 2003, Capra 2004.

vyznačuje nepatrnými ztrátami ze systému (Ripl 1995, Pokorný 2001), naproti tomu, když v krajině chybí kondenzační místa s dostatečnou tepelnou kapacitou, mohou se objevovat velké teplotní extrémy a všechna vypařená voda kondenzuje až daleko odtud – nad mořem, pobřežími či vzdálenými pásmy hor (Ripl et al. 1996). Tento cyklus se nazývá dlouhý nebo otevřený koloběh vody (Ripl 1995). Většina vody v tomto případě není recyklována na místě a ztrácí se ze systému, srážky jsou málo časté a značně kolísají v rozsahu (Ripl et al. 1996).

Otevřený koloběh vody je výsledkem nefázované náhodné distribuce energie v krajině (Ripl 2003). Nedostatek kolující vody znamená menší ochlazování lokálního klimatu pomocí evapotranspirace a větší tok energie do zjevného tepla. Tato situace nastává v povodích s rozrušenou vegetací, kde lesy byly vykáceny a převažuje orná půda a tam, kde jsou soustředěna města (např. Pecharová et al. 2001). Hladina spodní vody je zpravidla nízká, půdy obvykle suché a ohříváné vysokými příkony energie, což zvyšuje oxidativní procesy a aktivitu mikroorganismů, které uvolňují rozpustnější ionty (Ripl 2003). Ty jsou díky nepravidelným dešťům vyplavovány pryč z území. Krajinu s otevřeným koloběhem vody charakterizuje vysoký nevratný odtok látek z vodou nenasycených půd, velký teplotní rozsah (extrémní denní i sezónní výkyvy) a nepravidelné a často snížené srážky (Ripl et al. 1996, Procházka et al. 2001, Procházka et al. 2001).

Systém s krátkým koloběhem vody je oproti otevřenému koloběhu vody mnohem výkonnější, s menšími energetickými ztrátami a pravidelnými toky energie s nízkou amplitudou (zmenšené potenciály), (Ripl 1995, Ripl 2003). V krajině s krátkým koloběhem vody jsou nutně přítomny mokřady a fungující rostlinný kryt; porosty utvářejí pomocí evapotranspirace ochlazovací plochy a následnou kondenzací zrychlují koloběh vody. Častější a pravidelnější srážky udržují vyšší hladinu spodní vody, což snižuje reaktivitu a mikrobiální aktivitu v půdě a odtok povrchové vody nezadržené vegetací působí jen malé nevratné ztráty látek. Vysoká hladina spodní vody znamená vodou nasycené půdy, kde jsou metabolické procesy pomalejší, tok energie je snížený a odtok látek z půdního systému je minimální (Ripl et al. 1996).

V předkládané disertační práci byly kladeny otázky týkající se zejména funkce některých typů vegetace, jak se liší při výměně energie a v teplotně-vlhkostním projevu, jak ovlivňují své okolí, jak se projevují zásahy člověka do vodního režimu biotopů vzhledem k mikroklimatu, ale i k vazbě na chemismus odtékajících vod.

Přehled literatury

- Arya, S. P. (2001): Introduction to Micrometeorology, 2nd edition, International Geophysics Series, Vol. 79, Academic Press, London.
- Bowen, I. S. (1926): The ratio of heat losses by conduction and by this magnitude and the diminution of the aerodynamic evaporation from any water surface. *Phys. Rev.*, 27, 779–787.
- Capra, F. (2004): *Tkáň života – nová syntéza mysli a hmoty*. Academia, Praha.
- Eagleson, P. S. (2002): *Ecohydrology: Darwinian Expression of Vegetation Forms and Function*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fitter, A. H., Hay, R. K. M. (2002): *Environmental physiology of plants*. 3rd edition. Academic Press, London.
- Gates, D. M. (1980): *Biophysical ecology*. Dover Publications, INC, Dover.
- Geiger, R., Aron, R. H., Todhunter, P. (2003): *The climate near the ground*. 6th edition. Rowman & Littlefield Publishers, Inc., Lanham, Maryland.
- Hayden, B. P. (1998): Ecosystems feedback on climate at the land scale. *Philosophical Transaction of the Royal Society London B353*: 5-18.
- Hildmann, Ch. (1999): *Temperaturen in Zönosen als Indikatoren zur Prozessanalyse und zur Bestimmung des Wirkungsgrades. Energiedissipation und beschleunigte Alterung der Landschaft*. Mensch-und-Buch-Verlag, Berlin.
- Jones, H. G. (1992): *Plants and microclimate*. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lambers, H., Chapin III., F. S., Pons, T. L. (1998): *Plant physiological ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Larcher, W. (2003): *Physiological Plant Ecology*, 4th Edition. Springer-Verlag, Berlin.
- Magnani, F., Grace, J. (2000): Plants as self-organising systems. In Marshall, B., Roberts, J. A. [eds]: *Leaf development and canopy growth*. Sheffield Academic Press, Sheffield. p. 37-58.
- Maršík, F., Dvořák, I. 1998: *Biotermodynamika*. 2 vydání. Academia, Praha.
- Matejka, F., Huzulák, J. (1987): *Analýza mikroklímy porastu*. Veda. SAV, Bratislava.
- Nobel, P. S. (1999): *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Academic Press. New York. 474 p.
- Pecharová, E., Hezina, T., Procházka, J., Přikryl, I., Pokorný, J. (2001): *Restoration of*

- spoil heaps in northwestern Bohemia using wetlands. In Vymazal, J. [ed.]: Transformation of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, 129 - 142.
- Penka, M. (1985): Transpirace a spotřeba vody rostlinami. Academia, Praha.
- Penman, H. L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London A193: 120-145.
- Pokorný, J., Květ, J. (2001): Úloha mokřadů v koloběhu energie, vody, živin, uhlíku a těžkých kovů v krajině. In Hák, T., Rynda, I. [eds]: Lidé a ekosystémy. Centrum pro otázku životního prostředí UK v Praze a Společnost pro trvale udržitelný život s podporou MŽP, Praha.
- Pokorný, J. (2001): Dissipation of solar energy in landscape - controlled by management of water and vegetation. Renewable Energy 24: 641-645.
- Prigogine, I., Stengersová, I. (2001): Řád z chaosu. Mladá fronta, Praha.
- Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. [eds.] (1998): Fyziologie rostlin. Academia, Praha.
- Procházka, J., Hakrová, P., Pokorný, J., Pecharová, E., Hezina, T., Wotavová, K., Šíma, M., Pechar, L. (2001): Effect of different management practices on vegetation development, losses of soluble matter and solar energy dissipation in three small sub-mountain catchments. In Vymazal, J. [ed.]: Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, 143-175.
- Procházka, J., Včelák, V., Wotavová, K., Štíhová, J., Pechar, L. (2006): Holistic concept of landscape assessment: case study of three small catchment in the Šumava mountains. Ekológia (Bratislava) 25 (Suppl. 3): 5-17.
- Ripl, W., Pokorný, J., Eiseltovej, M., Ridgill, S. (1996): Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich degradaci. In Eiseltovej, M. [eds]: Obnova jezerních ekosystémů. Wetlands international publ. č. 32: 16-35.
- 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. (2003): Water: the bloodstream of the biosphere. Philosophical Transaction. The Royal Society of London B358: 1921-1934.
- Ripl, W., Wolter, K. D. (2002): Ecosystem function and degradation. In Williams, P. J. B., Thomas, D. N., Reynolds, C. S. [eds.]: Phytoplankton Productivity: Carbon

Assimilation in Marine and Freshwater Ecology. Blackwell Science Ltd., Oxford, 291 – 317.

Schwartz, M. D., Karl, T. R. (1990): Spring phenology: nature's experiment to detect the effect of 'green-up' on surface maximum temperatures. *Monthly Weather Review* 118: 883-890.

Šebánek, J. (1983): *Fyziologie rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Zhang, H., Wu, J. (2002): A statistical thermodynamic model of the organizational order of vegetation. *Ecological Modelling* 153: 69-80.

Cíle práce

Základním cílem předkládané práce je pochopení problémů souvisejících s přeměnou sluneční energie na zemském povrchu. Vlastní studium je pak zaměřeno na hodnocení a zhodnocení energetické bilance vybraných porostů, typů vegetace a rostlinných orgánů především ve vztahu k energetickým tokům a k evapotranspiraci.

V zadání disertační práce byly cíle definovány především ve vztahu k otázce solární energie, charakteru jejího odrazu jak na kvantitativní, tak na kvalitativní úrovni ve vztahu k vodní bilanci vegetačního krytu a vlastní energetické výměně porostu. Dalším okruhem bylo řešení otázky metodického přístupu ke studiu odrazu solárního záření. Posledním bodem zadání bylo studium teplotních map vegetačního krytu ve vztahu k energetickému režimu stanovišť.

Vzhledem ke značnému tématickému rozsahu zadání a vzhledem k potřebám řešených výzkumných úkolů se vlastní práce zaměřila především na otázku:

- I. mikroklimatu, zejména teplotně-vlhkostních projevů vybraných typů porostů
- II. evapotranspirace, parametrů evapotranspirace (např. Bowenův poměr, evaporativní frakce atd.) a na otázku energetické výměny ve vybraných typech porostů z hlediska utváření malého vodního cyklu a disipace solární energie v krajinném kontextu

Pokorný, J., Šíma, M., Rejšková, A., Brom, J. (2008): The role of vegetation in water cycling and energy dissipation. Natural Sequence Farming Workshop, Defining the Science and Practice, Bungendore NSW, Australia 30 October - 1 November 2006, Australian Government, Southern Rivers, ABC, LandCare Australia, Proceedings (v tisku)

The role of vegetation in water cycling and energy dissipation

Jan Pokorný^{1,2}, Martin Šíma^{1,5}, Alžběta Rejšková^{1,3}, Jakub Brom^{1,4}

¹ENKI, not for profit organisation, Dukelská 145, Třeboň 379 01, CZ

²Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of System Biology and Ecology, Dukelská 145, Třeboň 379 01

³University of South Bohemia, Institute of Physical Biology, Zámek 136, Nové Hrady 373 33

⁴University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, Laboratory of Applied Ecology, Studentská 787/13, České Budějovice 370 05

⁵Orbitec Consulting, Otavská 12, České Budějovice, 370 01

Abstract

This paper deals with the distribution of solar energy in the landscape. It focuses on mankind's role in steering the solar energy fluxes by managing water and influencing vegetation. The key role of landscape managers in mitigating the local climate extremes and influencing water regime is stressed. The role of water and vegetation in the greenhouse effect and global change is discussed. The insufficient attention paid to water as a stabilizing influence in the global change theory is criticised. The complexity of dynamic processes of energy dissipation in water cycle does not allow us to forget the importance of water in preventing the climatic extremes and the aging of landscape. Methods of measurement and monitoring of energy and water fluxes are shown. Data from the Czech Republic and Australia are presented and compared. The paper was presented at the Natural Sequence Farming (NSF) Workshop in Bungendore, New South Wales (October 2006).

Zdroj, ze kterého lze příspěvek získat:

- U autora: jbrom@zf.jcu.cz

Pokorný, J., Rejšková, A., Brom, J. (2007): Úloha makrofyt v energetické bilanci mokřadů. Zprávy České botanické společnosti 42. Materiály 22: 47-60.

Úloha makrofyt v energetické bilanci mokřadů

The role of macrophytes in the energy balance of wetlands

Jan Pokorný^{1,2}, Alžběta Rejšková^{1,4}, Jakub Brom^{1,3}

¹ENKI o.p.s. Dukelská 145, 379 01 Třeboň

²Ústav systémové biologie a ekologie AVČR, Dukelská 145, 379 01 Třeboň

³Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 13, 370 01 České Budějovice

⁴Ústav fyzikální biologie, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zámek 136, 373 33 Nové Hradky

Abstract

Wetlands as ecosystems with sufficient supply of water play an important role in the landscape's energy budget due to their capability of shifting the energy fluxes in favour of latent heat. Common rates of evapotranspiration in wetlands as high as 6-15 mm (Larcher 2003) indicate that large amounts of energy are dissipated through this process. Wetland macrophytes influence substantially solar energy distribution by their high capacity of transpiration. Wetland ecosystems are also characterised by high primary production (Westlake et al. 1998) showing relatively high efficiency of use of solar energy in photosynthesis. Accumulation of biomass is however high only in wetlands with low decomposition, such as in marshes and peat bogs. An overview of methods of measuring primary production and transpiration and evapotranspiration rates is presented. An example of energy fluxes in a course of a day in a wetland habitat Mokré Louky near Třeboň is shown. Negative consequences of losing wetlands for local and regional climate are discussed.

Key words: energy fluxes, evapotranspiration, landscape management, methods, vegetation, water, wetland

Nomenklatura: Kubát et al. (2002)

Zdroj, ze kterého lze příspěvek získat:

- U autora: jbrom@zf.jcu.cz
- U vydavatele: Česká botanická společnost, <http://www.natur.cuni.cz/CBS/>

Brom, J. (2004): Srovnání teplotních charakteristik porostů keřových vrb, zrašelinělé mezofylní louky a pastviny. Konference studentů DSP s mezinárodní účastí. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 23-28.

Srovnání teplotních charakteristik porostů keřových vrb, zrašelinělé mezofylní louky a pastviny

A comparison of temperature characteristics shrub willow stands, peaty mesophyllic meadow and pasture

Jakub Brom

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Laboratoř aplikované ekologie, Studentská 13., České Budějovice, 370 05.

Abstract

Wetlands are very important for solar energy dissipation, because of considerable amount of incoming solar energy is depleted in evapotranspiration processes. The proportion between energy which is used for evaporation and the energy changed into sensible heat, gives us the temperature characteristics of stand. There were chosen two wetland willow shrubs, a peaty meadow and a pasture at the right side of Lipno dam for this study.

The temperature on the stands was measured in four levels of vertical profiles – 1,5 m over the growth, on the growth surface, on the soil surface and 0,15 m under soil surface (June 6 – July 16, 2002). Our presumption was that willow growths will better stabilize temperature values and decrease extreme expressions. This presumption was confirmed on every monitored level. At the pasture was the ambivalence the biggest. Significant difference from other localities was registered on the soil surface of peaty meadow because of character of upper soil layer. The pictures, made by IR-camera, show us, that the peaty meadow has bigger ambivalence of surface temperature with higher mean temperatures than the willow growth does.

Key Words: temperature rate, solar energy dissipation, evapotranspiration, sensible heat, infracamera

Zdroj, ze kterého lze příspěvek získat:

- U autora: jbrom@zf.jcu.cz
- U vydavatele: Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, <http://www.zf.jcu.cz/>

Brom, J., Pokorný, J.: Temperature and humidity characteristics of willow stands, peaty meadow and drained pasture and their impact on landscape functioning. Boreal Environment Research (přijato).

Temperature and humidity characteristics of two willow stands, a peaty meadow and a drained pasture and their impact on landscape functioning

Jakub Brom^{1,2}, Jan Pokorný^{2,3}

¹University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, Applied Ecology Laboratory, Studentská 13, České Budějovice, CZ-370 05, Czech Republic, e-mail: jbrom@zf.jcu.cz

²ENKI o.p.s., Dukelská 145, Třeboň, CZ-379 01, Czech Republic, e-mail: pokorny@enki.cz

³Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of System Biology and Ecology, Dukelská 145, Třeboň, CZ- 379 01, Czech Republic

Abstract

Shrubs and herbal wetland stands have a very important influence on microclimatic conditions and short water cycling. However, they have received very little attention. This study concerns with the role of willow and peaty meadow stands and a mesic pasture in their ability to affect both the temperature and energy regime.

Our results showed that the pattern of daily temperatures (diurnal variation and temperature amplitudes) were more balanced in the wetland stands than in the pasture. The most attenuated and stable temperatures were measured in the willow stands whereas the fastest warming of the soil substrate occurred in the peat meadow. Temperature amplitudes and differences in daily average temperatures on the stand surfaces increased with decreasing air humidity. Thermographic camera pictures showed that in the peaty meadow the means of stand surface temperatures as well as daily temperature oscillations were higher than in the willow stand. Although no significant statistical differences were found, daily time series of the Bowen ratio showed an increase towards midday in the willow stand. This was presumably the result

of a midday depression of transpiration. We determined that more solar energy was converted into latent heat than into sensible heat in both wetland stands. Therefore we suggest that these wetland stands function in the landscape as functional dissipative ecological units (DEU; Ripl & Wolter 2002).

Key words: temperature, Bowen ratio, heat balance, willow stands, peaty meadow, mesic pasture, infrared thermography, dissipative ecological unit (DEU)

Zdroj, ze kterého lze příspěvek získat:

- U autora: jbrom@zf.jcu.cz
- U vydavatele: the Finnish Environment Institute, the Finnish Game and Fisheries Research Institute, the Finnish Institute of Marine Research, the Finnish Meteorological Institute, Department of Physical Sciences, University of Helsinki, the Finnish Air Pollution Prevention Society, the Finnish Limnological Society and the Finnish Water Association; <http://www.borenv.net/> (práce je v současnosti přijatá k publikaci a na stránkách www.borenv.net bude zveřejněna následně)

Brom, J., Procházka, J. (2007): Rozdíly v mikroklimatu a energetických tocích mezi mokřadem a odvodněnou pastvinou. Aktuality Šumavského výzkumu III. Sborník příspěvků z konference, Srní 4. – 5. 10. 2007. p. 16-19.

Rozdíly v mikroklimatu a energetických tocích mezi mokřadem a odvodněnou pastvinou

The differences in microclimate and energy fluxes between wetland and drained pasture

Jakub Brom^{1,2}, Jan Procházka¹

¹Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 13, České Budějovice 370 05, e-mail: jrbrom@zf.jcu.cz

²ENKI o.p.s., Dukelská 145, Třeboň 379 01

Abstract

Meteorological characteristics and energy fluxes of a drained mesic pasture and a herbaceous wetland in Mlýnský and Horský catchment in Šumava Mountains were measured during two days in the summer 2006. The energy fluxes pattern differed substantially in the observed stands. More stable courses of temperature, relative humidity and wind speed values throughout the day were monitored in the wetland. A higher latent heat flux and lower sensible heat flux was measured in the wetland if compared with the pasture. Higher values of the reference evapotranspiration in the pasture pointed out that the loss of the available water is higher in the pasture. Forming of the dew may play important role in energy balance, because the condensation returns the heat during the night. The dew condensation stabilizes rate of the minimal temperatures. During clear night, condensation was higher in the wetland than in the pasture. We suppose that the microclimate is more effectively stabilised in the habitats with undisturbed vegetation cover and high water content in the soil.

Key Words: microclimate, energy fluxes, evapotranspiration, dew, wetland, pasture

Zdroj, ze kterého lze příspěvek získat:

- U autora: jbrom@zf.jcu.cz
- U vydavatele: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava,
<http://www.npsumava.cz/>

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)* 25 (Suppl. 3): 18-26.

Effect of water drainage on the forest microclimate; case study of two small catchments in the Šumava mountains

Martin Hais¹, Jakub Brom¹, Jan Procházka¹, Jan Pokorný^{2,3}

¹Applied Ecology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia in České Budějovice, Studentská 13, České Budějovice, 370 05

²ENKI o. p. s., Dukelská 145, Třeboň, 379 01

³Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of System Biology and Ecology, Dukelská 145, Třeboň, 379 01

Abstract

Changes in land cover temperatures as a result of anthropogenic intervention in the water regime in selected localities of the Šumava Mountains (the Czech Republic) were identified. The research was conducted in two subcatchments of similar size, altitude and relief. The subcatchment of the Bonarův stream was chosen as an area affected by water drainage. Subcatchment of the Ferdinandův stream, not affected by drainage, was chosen as a reference area. Distribution of land cover temperatures measured directly and obtained from Landsat TM satellite data was evaluated for both catchments. Temperature recording was performed in four locations of each of the catchments and in four levels of spruce forest between July 7 and November 4 of 2005. Comparison of the temperature values of both subcatchments showed that the temperature behaviour in both areas did not differ in average but was significantly different in its variance and mainly in daily amplitudes. Results show that in the drained area, the temperatures fluctuate more during the day. The processed satellite data show that the differences in temperature values between the subcatchments are significant and that the drained area shows higher temperatures. Results support an application of the Landsat TM data for evaluation of the land cover temperature as pattern of landscape functioning.

Key words: water drainage, surface temperature, remote sensing, spruce forest

Zdroj, ze kterého lze příspěvek získat:

- U autora: jbrom@zf.jcu.cz
- U vydavatele: AEPress Bratislava; <http://www.elis.sk/>

Brom, J., Čížková, H., Rejšková, A., Pechar, L., Pokorný, J. (2007):
Diurnal behaviour of evaporative fraction in herbaceous wetland.
In. Kröpfelová, L. (ed.): 2nd Annual Meeting of the Society
of Wetlands Scientists - Europe. Třeboň, May 30 – June 3, 2007.
Book of abstracts. 21-23.

Diurnal behaviour of evaporative fraction in herbaceous wetland

Jakub Brom^{1,2}, Hana Čížková^{3,4}, Alžběta Rejšková^{2,5}, Libor Pechar^{1,2,3} and Jan Pokorný^{2,3}

¹Laboratory of Applied Ecology, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, Studentská 13, České Budějovice, 370 05

²ENKI o.p.s., Dukelská 145, Třeboň, 379 01

³Institute of Landscape Ecology, Academy of Sciences of the Czech Republic, Dukelská 145, Třeboň, 379 01

⁴Department of Biological Disciplines, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, Studentská 13, České Budějovice, 370 05

⁵Institute of Physical Biology, University of South Bohemia, Zámek 136, Nové Hrady, 373 33

Zdroj, ze kterého lze příspěvek získat:

- U autora: jbrom@zf.jcu.cz
- U vydavatele: ENKI o.p.s., <http://www.enki.cz/>; SWS European chapter, <http://www.sws.org/regional/europe/>

Souhrn hlavních výsledků

Teplota vegetačního krytu a teplotně-vlhkostní charakteristiky porostu

V rámci disertační práce byly sledovány teplotní charakteristiky několika typů porostů; keřových vrb, rašelinné louky, odvodněné pastviny a odvodněného a neodvodněného smrkového lesa. Jako doplňující byla provedena řada dalších, převážně nesystematických měření.

V průběhu sezóny 2002 byla provedena detailní analýza teplotního režimu keřových vrb (*Salix cinerea* x *Salix aurita* L.), rašelinné louky a odvodněné pastviny. Z měření vyplývá, že se jednotlivá stanoviště statisticky významně liší, ovšem různě v rámci vertikálního profilu. Teploty měřené 1,5 metru nad porostem nevykazovaly příliš významné rozdíly.

Na úrovni povrchu porostu byly sledovány poměrně malé rozdíly v teplotních charakteristikách mezi stanovišti. Nižší průměrné teploty byly zjištěny ve vrbových porostech, poněkud vyšší na pastvině a nejvyšší na zrašelinělé louce. Rozdíly mezi stanovišti jsou z hlediska průměrných hodnot teploty na povrchu porostu velmi malé, ovšem je zde jasná odlišnost v kolísání teplot v průběhu dne. Největší cirkadiánní amplitudy byly zjištěny na odvodněné pastvině, nejmenší ve vrbových porostech. Ze sledování vrbového porostu a zrašelinělé louky za slunečného dne v odpoledních hodinách pomocí termokamery je patrný stabilnější průběh nižších teplot na povrchu vrbového porostu.

Teplotní průběhy měřené na úrovni povrchu půdy zde vykazovaly naprosto největší odlišnost mezi stanovišti. Největší kolísání hodnot při nejvyšší průměrné teplotě bylo zaznamenáno na zrašelinělé louce, nejmenší pak ve vrbových porostech. Pastvina vykazovala vyšší průměrnou teplotu povrchu než vrbový porost.

Půdní teploty měřené v 0,15 m byly nejnižší ve vrbových porostech, nejvyšší pak na zrašelinělé louce.

V případě výběru měření ze slunných letních dnů je patrné, že rozdíly jsou ve sledovaných charakteristikách větší.

Zajímavým zjištěním byla úzká vazba, respektive závislost rozdílu teplot povrchu porostu mezi vrbovým porostem, u kterého předpokládáme plnou intenzitu transpirace a

zrašelinělou loukou se zakleslou hladinou spodní vody na relativní vlhkosti vzduchu, kdy se snižující se relativní vlhkostí vzduchu se zvětšuje rozdíl v teplotě povrchu sledovaných porostů.

V průběhu vegetační sezóny 2006 byly kontinuálně měřeny meteorologické veličiny (teplota a relativní vlhkost vzduchu ve 2 m, globální radiace, rychlost a směr větru a úhrn srážek) na povodích Mlýnského a Horského potoka na Lipenském pravobřeží (podrobnosti v Procházka & Brom 2006 a kapitola V.). Povodí můžeme definovat jako odvodněnou pastvinu a jako mokřad. Z vyhodnocení kontinuálního měření teploty vzduchu ve 2 m na zrašelinělé louce a na odvodněné pastvině vyplývá zjištění, že je průměrná teplota nižší na pastvině než v mokřadu, naopak medián hodnot je v případě pastviny vyšší. Podíl nižších hodnot teploty je na pastvině posunut zejména do nočních hodin. V mokřadu je teplotní amplituda menší než na odvodněné pastvině. Na mokřadním stanovišti je patrná jistá teplotní setrvačnost.

Relativní vlhkost vzduchu byla v průběhu sezóny 2006 statisticky průkazně vyšší v mokřadu s menší rozkolísaností hodnot než na pastvině. Z hlediska srážkových úhrnů se povodí mezi sebou nelišila.

Sledování meteorologických parametrů probíhalo na těchto stanovištích i v průběhu sezóny 2007.

Na sledovaném území Lipenského pravobřeží byly pro povodí Mlýnského a Horského potoka vyhodnoceny snímky družice Landsat TM 5 (Procházka & Brom 2006) pro termíny 15. července a 10. září 2006. Byla hodnocena termální data a index wetness transformace tasseled cup (Dobrovolný 1998, Campbell 2002, Lillesand et al. 2004). V obou termínech je ze snímků a histogramů rozdělení četností hodnot teploty povrchu patrné, že je větší podíl vyšších teplot povrchu v povodí Mlýnského potoka, tedy na pastvině. Rozdíl mezi povodími byl statisticky průkazný. Index wetness naopak vykazoval nižší hodnoty na povodí Mlýnského potoka, tzn., že vlhkost povrchu byla v povodí Mlýnského potoka nižší. Rozdíl mezi povodími byl opět statisticky průkazný.

Během vegetační sezóny 2005 byly měřeny teplotní průběhy ve dvou smrkových porostech na odvodněném a neodvodněném povodí (podrobnosti v kapitole VI.). Výsledky průběhů teplot ukazují, že zatímco se průměrné hodnoty neliší, liší se významně rozkolísanost vlastního průběhu teplot a amplituda teplot mezi dnem a nocí. V odvodněném porostu dochází k většímu poklesu nočních hodnot, naopak denní maxima jsou zde vyšší. Amplituda teplot je plošší v neodvodněném porostu při vyšším

mediánu. Z rozboru družicového snímku je patrné, že nižší a méně rozkolísané hodnoty jsou na neodvodněném povodí.

Z přehledu výsledků o teplotně-vlhkostním režimu lze vysledovat následující trendy:

- Průměrné hodnoty teplotních průběhů ve vegetační sezóně jsou vyšší na stanovištích s dostatkem vody v půdě
- Rozkolísanost teplotního průběhu se zvyšuje se snižujícím se obsahem vody v půdě/ve vegetaci
- Na odvodněných stanovištích se vyskytují v průměru nižší noční a vyšší denní teploty, je zde velká amplituda průběhu teplot mezi dnem a nocí
- Povrchová teplota vegetačního krytu je v poledních hodnotách (doba přeletu družice Landsat) nižší na neodvodněných plochách.
- Vlhkost povrchu je na odvodněných plochách menší než na plochách neodvodněných
- Relativní vlhkost vzduchu je vyšší na neodvodněných plochách a méně zde kolísá

Toky energie, evapotranspirace a kondenzace vody v porostech

Významnou součástí disertační práce bylo studium energetických toků, evapotranspirace a parametrů evapotranspirace ve vybraných ekosystémech z hlediska utváření malého vodního cyklu. Byl studován charakter rozdělování solární energie ve vrbovém porostu a na zrašelinělé louce, charakter aktuálního výparu, kondenzace a referenční evapotranspirace v mokřadu a na odvodněné pastvině a průběh evaporativní frakce v ostřicovém mokřadním porostu.

Ve vrbovém porostu a na zrašelinělé louce bylo v průběhu sezóny 2002 sledováno rozdělování solární energie, respektive dynamika rozdělování zjevného tepla a latentního tepla výparu na základě výpočtu Bowenova poměru (podrobnosti v kapitole IV.). V denním průběhu hodnot Bowenova poměru na sledovaných stanovištích jsou patrné rozdíly v denních hodnotách, noční hodnoty jsou srovnatelné. V ranních hodinách dochází k postupnému poklesu hodnot až do mírně záporných, v poledních hodinách Bowenův poměr vzrůstá ve vrbovém porostu, zatímco v ladním porostu zůstává na stejné úrovni nebo dále klesá, v odpoledních hodinách ve vrbovém porostu hodnoty opět mírně klesají, na zrašelinělé louce se naopak postupně zvyšují. Ve

večerních hodinách se hodnoty Bowenova poměru na obou stanovištích zvyšují a dochází k nočnímu vyrovnání hodnot. Kolísání hodnot Bowenova poměru se v průběhu dne významně mění. Největší kolísání je patrné v ranních a podvečerních až večerních hodinách ve vrbovém porostu, na zrašelinělé louce je kolísání nejvýraznější především ráno a dopoledne, nejmenší kolísání hodnot je v noci. Z hlediska průměrných hodnot Bowenova poměru za sledované období nevykázala stanoviště žádný významný rozdíl.

V průběhu sezóny 2006 byly měřeny charakteristiky výparu a energetických toků na mokřadním stanovišti a na odvodněné pastvině (podrobnosti v kapitole V. a v práci Procházka & Brom 2006). Ze sledování referenční evapotranspirace vyplývá, že větší potenciální výpar byl na odvodněné pastvině oproti mokřadu. Energetické toky měřené ve dvou termínech, 13. června a 11. července 2006, vykazovaly na sledovaných plochách rozdílný charakter. V obou termínech měření byl větší podíl latentního tepla z čisté radiace v mokřadu oproti pastvině. Bowenův poměr byl na pastvině přibližně dvakrát vyšší než v mokřadu. Významná byla z hlediska energetického režimu též kondenzace, která byla mírně vyšší v mokřadu než na pastvině.

V mokřadním ostrícovém porostu byla v průběhu vegetační sezóny 2005 sledována evaporativní frakce a její charakter v závislosti na řadě parametrů, např. profil teplot vzduchu a půdy, vlhkost vzduchu, rychlost větru, hladina spodní vody, tok tepla do půdy apod. (podrobnosti v kapitole VII.). Z výsledků vyplývá, že senzitivita evaporativní frakce k faktorům prostředí je zpravidla poměrně malá. Užší korelace byla zjištěna mezi evaporativní frakcí a teplotou půdy, respektive její horní vrstvy do 5 cm. Na základě literárních údajů byla předpokládána závislost mezi evaporativní frakcí a vlhkostí půdy (Lhome & Elguero 1999, Gentine et al. 2007). Zkoumaná data oproti předpokladu vykazovala pouze slabou závislost evaporativní frakce na kolísání hladiny spodní vody. Poměrně lépe se ukázal trend, kdy průběh evaporativní frakce sleduje srážkové události a následné vysychání půdy. V průběhu dní, kdy došlo k dešti postupně průměrná denní evaporativní frakce vzrůstala. S pokračujícími srážkami v průběhu více dní však došlo k postupnému poklesu hodnoty evaporativní frakce. V období po srážkových událostech docházelo k postupnému zvyšování hodnoty evaporativní frakce, ovšem pouze do jisté doby, kdy následoval prudký pokles.

Z přehledu výsledků o tocích energie, evapotranspiraci a jejich parametrech lze vysledovat následující trendy:

- Rozdělování energie na latentní a zjevné teplo se mezi dvěma mokřadními porosty (vrbovým a zrašelinělou loukou) neliší z hlediska úhrnu, liší se však z hlediska průběhu v denním cyklu
- Aktuální výpar, respektive tok latentního tepla je větší z mokřadu než z odvodněné pastviny
- Referenční evapotranspirace je větší na odvodněné pastvině než v mokřadu
- Průběh evaporativní frakce příliš nekoresponduje s většinou faktorů prostředí, koresponduje s průběhem srážek

Použitá literatura

- Campbell, J. B. (2002): Introduction to Remote Sensing. The Guildford Press. New York.
- Dobrovolný, P. (1998): Dálkový průzkum Země, digitální zpracování obrazu. Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, katedra geografie, Brno.
- Gentine, P., Entekhabi, D., Chehbouni, A., Boulet, G. and Duchemin, B. (2007): Analysis of evaporative fraction diurnal behaviour. *Agricultural and Forest Meteorology* 143: 13-29.
- Lhomme, J. P., Elguero, E. (1999): Examination of evaporative fraction diurnal behaviour using a soil-vegetation model coupled with a mixed-layer model. *Hydrology and Earth System Sciences* 3 (2): 259-270.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W. (2004): Remote sensing and image interpretation, 5th edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Procházka, J., Brom, J. (2006): Energetická a chemická účinnost krajiny - metodický nástroj pro hodnocení krajinných funkcí. Výzkumná zpráva GA ZF JU, IG 08/06, 2006, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice.

Diskuse

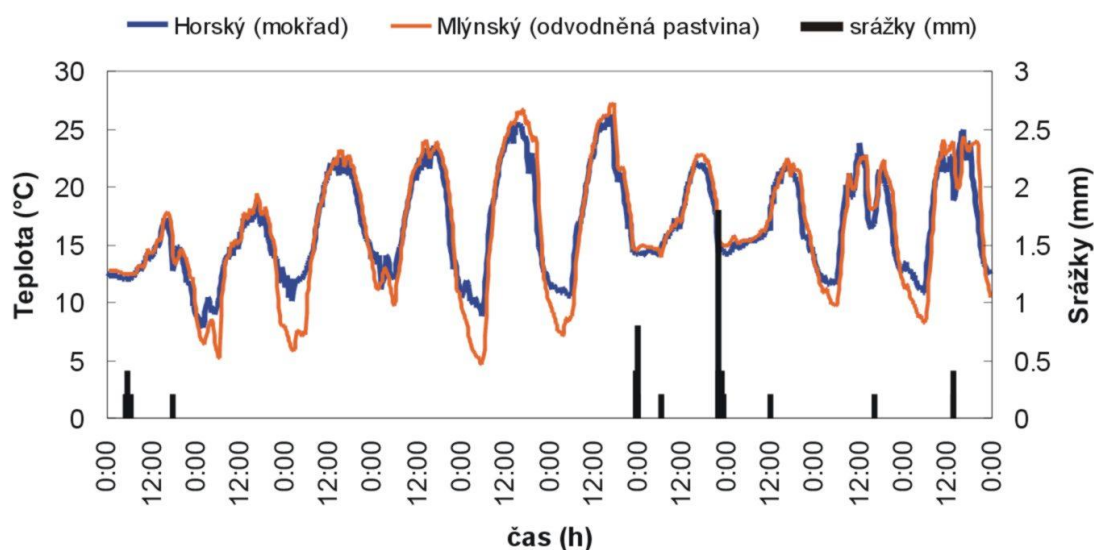
Teplota povrchu a energetické toky jsou integrálním projevem procesů v krajině a odezev těchto procesů (Quattrochi & Luvall 1999). Teplota funguje jako indikátor, respektive je koncovým produktem procesů spojených s dynamikou přeměny energie, jako jsou vstupy radiace, evapotranspirace a konvektivní ztráty energie v krajině (Saunders et al. 1998). Teplota povrchu, respektive teplota vrstvy vzduchu těsně nad povrchem je, na rozdíl od vlastních energetických toků, poměrně snadno a levně měřitelná.

Disertační práce se zaměřila na hodnocení teplotních a vlhkostních vlastností a projevů různých typů vegetace a na hodnocení energetické výměny v různých typech vegetace.

Teplotní režim byl sledován na stanovištích, které se lišily vegetačním krytem a vodním režimem. Jednalo se o stanoviště mokřadní, neodvodněná a odvodněná. Důležitými sledovanými prvky teplotního chování stanoviště během dne byly střední hodnoty a rozkolísanost průběhu.

Z výsledků měření teploty vzduchu ve 2 m, respektive nad porostem a v úrovni povrchu vyplývá, že na stanovištích s trvalým dostatkem vody, kde lze očekávat a kde byla zjištěna významná úroveň výparu, tedy výrazný chladicí efekt snižující teplotu, byly průměrné hodnoty denní teploty vyšší než na plochách odvodněných. Na odvodněných plochách, kde bychom očekávali spíše vyšší teploty, vzhledem k ohřívání povrchu během dne, byly průměrné denní teploty nižší. Toto, na první pohled paradoxní chování lze vysvětlit rozdílným utvářením denního a nočního průběhu teploty.

V nočních hodinách se pravděpodobně uplatňuje kondenzace vody, kdy postupně dochází k poklesu teploty, dokud není dosaženo rosného bodu. Vzhledem k vyšší relativní vlhkosti vzduchu v mokřadech a na neodvodněných plochách je zde rosného bodu dosaženo dříve. Při dosažení rosného bodu voda kondenzuje na povrchu vegetace a půdy, uvolňuje se zjevné teplo a další pokles teploty je brzděn, dokud je ve vzduchu dostatek vody ke kondenzaci (Hayden 1998). Na odvodněných plochách je zpravidla menší množství vodní páry ke kondenzaci, je zde menší relativní vlhkost, a tak teplota v průběhu noci poklesá více než na plochách neodvodněných. Názorný příklad ukazuje obr. 1.



Obr. 1. Průběh teploty ve 2 m na mokřadním stanovišti v povodí Horského potoka a na odvodněné pastvině v povodí Mlýnského potoka 1. až 10. 7. 2006. Z průběhu teploty je patrné, že na odvodněné pastvině dochází k výraznému poklesu teploty v nočních hodinách oproti mokřadu. V denních, zejména odpoledních hodinách jsou teploty zpravidla vyšší na pastvině. Po srážkové události dochází zpravidla k vyrovnávání teplot na obou stanovištích.

Jako další možný vliv na průběh nočních teplot může být na sledovaných lokalitách údolní efekt katabatického proudění při stabilním stavu atmosféry, kdy dochází k postupnému stékání chladnějšího vzduchu po svazích směrem do údolí (Geiger et al. 2003, Vozobule 2004). To se týká především ploch sledovaných na lipenském pravobřeží, ovšem tento efekt zde nebyl sledován.

Třetím faktorem, který může mít vliv na teplotní průběh v nočních hodinách je výměna dlouhovlnné radiace, která úzce souvisí s gradientem teplot mezi povrchem a atmosférou, tepelnou vodivostí a tepelnou kapacitou radiačního povrchu a pohybem větru (Jones et al. 2004). Otázka vztahu výměny dlouhovlnné radiace ve vztahu k teplotním projevům povrchu nebyla v rámci disertační práce vzhledem k technické náročnosti hodnocena.

Denní (diurnální) průběh teploty se na sledovaných stanovištích významně odlišuje od nočních průběhů. Na odvodněných stanovištích dochází k většímu nárůstu teploty v odpoledních hodinách, tedy v době největšího příkonu solární energie, než na plochách neodvodněných. Rozdíl mezi odvodněnými a neodvodněnými plochami se zvyšuje významně s trvajícím slunečným počasím, lze tedy předpokládat, že i s poklesem dostupné vody pro transpiraci v půdním profilu.

Přes výše popsané rozdílné chování mezi stanovišti s různým hydrologickým režimem nejsou, v případě teploty vzduchu nad porostem (ve 2 m), rozdíly příliš výrazné. Teplota vzduchu je kromě působení aktivního povrchu dána též prouděním a promícháváním vzduchu v mezní vrstvě atmosféry, kdy se uplatňuje též klimatické působení širšího území. Vlastní mozaika jednotlivých biotopů na dané ploše dává dohromady jednotnou informaci o teplotě vzduchu. Jak uvádí literatura, vzdálenost na které vzniká informace o měřené teplotě, se ve zjednodušeném modelu rovná přibližně stonásobku výšky, ve které je teplota měřena (Stannard et al. 2004). V případě, že by byl pohyb větru všesměrný a výška měření by byla 2 m, pak plocha (stopa) měření by představovala kruh o poloměru 200 m. Je třeba poznamenat, že tento přístup je pouze orientační a že existují matematické modely pro zjištění stopy měření, které berou v potaz proudění vzduchu a jeho charakter, drsnost povrchu, stabilitu atmosféry a podobně (viz např. Kaimal & Finnigan 1994, Gödecke et al. 2004, Kljun et al. 2004, Lee et al. 2004, Rebman et al. 2005). V rámci disertační práce byly studovány především prostorově menší biotopy, kde informace o teplotě vzduchu byla často mixem projevu komplexu sousedních ploch.

O fungování sledovaných porostů vypovídá lépe než teplota vzduchu teplota povrchu porostu, respektive teplota vrstvy vzduchu ve vrstvě porostu.

Na povrch porostu a půdy přichází postupně od ranních hodin množství solární energie, které kulminuje v odpoledních hodinách. Na plochách různého charakteru je tato energie různě disipována do hlavních energetických toků a výsledným efektem je teplotní projev. V principu lze předpokládat, že maximální denní teploty budeme nacházet na stanovištích, která jsou odvodněná, na stanovištích, kde je omezena funkční složka vegetace (Pokorný 2001, Rippl 2003). Z vlastních předložených výsledků měření teplot na povrchu porostů vyplývá, že je možné vysledovat již významnější rozdíly mezi stanovišti, než v případě měření teplot nad porostem, kde se uplatňuje turbulentní proudění vzduchu a jeho promíchávání. V případě měření teplot vzduchu na úrovni porostu vrbin, rašelinné louky a pastviny nebyly zaznamenány příliš významné rozdíly mezi teplotními průměry, rozdíly mezi denními amplitudami byly naopak markantní. Zde se jako chladnější, s menší cirkadiánní teplotní amplitudou jevíly porosty, které měly dostatek vody pro transpiraci, případně měly k dispozici dostatek vody v půdě, tedy vrbové porosty a rašelinná louka. V případě lesních porostů (kapitola VI.) již byly rozdíly mezi stanovišti patrné jak v průběhu teplot, tak v denních teplotních

amplitudách. Podobnost, případně shodu teplotních projevů vegetačního krytu na sledovaných stanovištích je možné vysvětlit jednoduše tak, že přestože se jedná o rozdílné typy porostů, měly všechny k dispozici relativně dostatek vody k transpiraci. Kromě vlastního ochlazování transpirací se na teplotě vzduchu ve vrstvě porostu podílí též další vlivy (proudění vzduchu atd.), nelze tudíž hodnotit tuto veličinu pouze na základě funkce rostlinného krytu.

Pro hodnocení funkce vegetačního krytu z hlediska chladicího efektu je možné s úspěchem použít snímkování pomocí termovizní kamery, případně termální dálkový průzkum Země. Termální snímky mohou jednoduše ukázat, které snímané plochy jsou chladnější a které se naopak přehřívají. Podrobnější analýza termálních snímků může navíc přiblížit i některé další charakteristiky vegetace, jako je např. průduchová vodivost nebo stresový stav (viz např. Jones 2004, Grant et al. 2006, Leinonen et al. 2006). Názorný příklad funkce rostlinného krytu ukazuje obrázek 8 v kapitole I.

Z obrázku je na první pohled patrné, že je chladnější rostlina, která transpiruje, naopak holá půda se na svém povrchu zahřívá mnohem intenzivněji.

Dostupnost vody v půdě pro rostliny je z hlediska dalšího fungování vegetace zásadní. Jak ukazují termální snímky sledovaných lokalit v kapitole IV. a termální družicové snímky v kapitole VI. a v práci Procházka & Brom (2006) a Brom & Procházka (2007), vyšší radiační teploty povrchu vykazují odvodněná stanoviště. V případě vlhkosti povrchu vyjádřené indexem wetness je tomu naopak (Procházka & Brom 2006, Brom & Procházka 2007).

Teplotu povrchu porostu můžeme chápat jako výsledek společného působení řady faktorů, které působí jako vnitřní (transpirace, produkční charakteristiky porostu, zdravotní stav rostlin) a vnější (půdní charakteristiky, teplota okolí, příkon solární energie, vodní sytostní doplněk atd.). Transpirace, díky uvolňování latentního tepla výparu ochlazuje povrch porostu (Penka 1985, Larcher 1988). Teplota povrchu porostu pak pozitivně koreluje s intenzitou solárního záření a negativně koreluje s transpirací, vodním sytostním doplňkem a obsahem půdní vody (Pallas et al. 1967). Názorný příklad významu transpirace v regulaci teploty porostu ukazuje obr. 9 v kapitole I.

Teplota půdního povrchu je opět výsledkem komplexního působení řady faktorů, jako je charakter a struktura vegetace, proudění vzduchu nad půdním povrchem, půdní vlastnosti atd. Z půdních vlastností mají největší vliv na teplotu půdního povrchu obsah vody v půdě a obsah organické složky v půdě. Z měření teploty povrchu půdy na

zrašelinělé mokřadní louce a na odvodněné pastvině v průběhu sezóny 2002 vyplývá, že při vyschnutí svrchní vrstvy organické hmoty zrašelinělé louky dochází k jejímu výraznému zahřívání. Nerozložená organická hmota zde působí jako izolant (Rouse 2000) a gradient teploty ve svrchní vrstvě půdy se s poklesem vody v půdě náhle prudce mění. Z měření teplot povrchu půdy zrašelinělé louky a pastviny během sezóny 2007 (Brom & Procházka 2007) vyplývá opačný trend. Vyšší průměrná teplota povrchu půdy s větší rozkolísaností byla zjištěna na pastvině. Zde se zřejmě výrazně uplatnil vliv ročníku, kdy sledované období v roce 2007 (od poloviny června do konce září) bylo značně humidní s častými mírnějšími srážkami, kdežto sledované období v roce 2002 bylo spíše sušší s přívalovým charakterem srážek, viz povodně 2002. V případě mokřadních biotopů je otázka ohřevu svrchní vrstvy půdy poměrně složitá díky heterogenitě porostu a tvorbě různých mikrotopografických struktur (Kellner 2001), např. bulvy, šlenky apod. (viz Dohnal et al. 1965).

Chod teplotních parametrů v půdě je podobně jako v předchozích případech též specifický pro sledovaná stanoviště. Zde se jako významné faktory uplatňují především obsah vody v půdě a vlastní komplexní struktura půdy, obsah humusu a nerozložená organická hmota. Významnou roli pravděpodobně hraje množství biomasy jak v půdě, tak i na povrchu. Od těchto vlastností půdy se odvíjí též otázka tepelné vodivosti a specifické tepelné kapacity půdy (Peters-Lidard et al. 1998, Geiger et al. 2003, Arya 2001). Vyšší tepelnou vodivost mají půdy s větším podílem anorganických částic, malá tepelná vodivost je naopak u organických půd (Peters-Lidard et al. 1998). S obsahem vody tepelná vodivost půdy roste (Peters-Lidard et al. 1998). Na sledovaných stanovištích, tedy na pastvině a na zrašelinělé louce se v průběhu sledovaného období sezóny 2002 a 2007 projevil efekt ročníku, kdy průměrné hodnoty v roce 2002 byly vyšší v mokřadu, kdežto v roce 2007 naopak na pastvině.

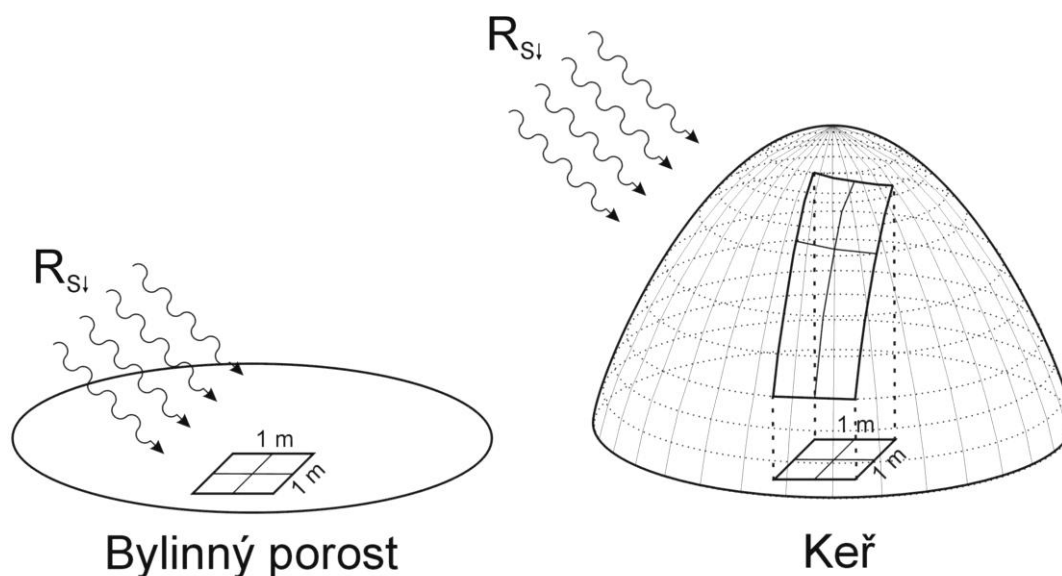
S teplotním gradientem v půdě je jasně spjatá otázka výměny dlouhovlnné radiace na půdním povrchu a otázka toku tepla do půdy. Vyzařování dlouhovlnné radiace je podle Stefan-Boltzmanova zákona jasně spojeno s teplotou tělesa, respektive jeho povrchu (Monteith & Unsworth 1990, Campbell 1998). Tok tepla do půdy je komplexní problematikou danou složitým půdním prostředím. Ve vlastní disertační práci nebyla otázce toku tepla do půdy věnována samostatná pozornost. Podrobnosti k tomuto tématu uvádějí např. Novák (1995), Geiger et al. (2003), Arya (2001), Liebenthal & Foken (2007).

Významná pozornost byla v rámci disertační práce věnována tokům tepla v porostu. Vzhledem k zákonům zachování hmoty a energie dochází na aktivním povrchu pouze k přeměnám forem energie a k její disipaci, roznosu (pro bližší informace viz Prigogine & Stengersová 2001, Coveney & Higfield 2003, Capra 2004). Můžeme zde mluvit o energetické bilanci, která zahrnuje všechny složky energetické výměny na povrchu (podrobnosti viz např. Gates 1980, Geiger et al. 2003, Arya 2001, Příbáň et al. 1992, Jones 1992, Pokorný et al. 2006). Dominantní jsou zde tři toky, tok zjevného tepla, tok latentního tepla výparu a tok tepla do půdy. Jednotlivé tepelné toky lze experimentálně stanovit a zkoumat na relativní škále (např. Bowenův poměr, evaporativní frakce, index povrchového výparu atd.) nebo jako absolutní množství spotřebované/přeměněné energie.

V průběhu disertační práce jsem se zaměřil na hodnocení funkce porostů na základě Bowenova poměru, evaporativní frakce, ale i vlastních tepelných toků.

Bowenův poměr lze definovat jako poměr mezi tokem zjevného tepla a tokem latentního tepla výparu, který lze jednoduše experimentálně stanovit jako součin psychrometrické konstanty a poměru mezi výškovým gradientem teploty a tlaku vodní páry (Bowen 1926; podrobnosti v kapitole IV).

Denní průběh Bowenova poměru byl studován na příkladu porostu keřové vrby a zrašelinělé louky. Oba porosty vykazovaly rozdílný trend v cirkadiánním chodu Bowenova poměru. Hodnoty byly podobné na obou stanovištích v nočních hodinách. Výraznější pokles hodnot ve vrbovém porostu v ranních hodinách svědčí o intenzivnějším nástupu výparu. To může být dáno efektem zvětšení plochy osluněného porostu vzhledem k tvaru vrbového porostu, efektem izolace půdního povrchu organickou hmotou a efektem proudění vzduchu. V průběhu dne se mění úhel přímé solární radiace a tím i osvit porostu. V ranních hodinách je vrbový porost lépe osvětlen přímým slunečním zářením díky polokulovitému tvaru koruny, může zde být tedy spotřebováno více energie na výpar na jeden čtvereční metr průmětu koruny než v bylinném porostu (viz obr. 2), ovšem tento efekt je omezen pouze na osluněnou část koruny. Problematika osvitů korun dřevin je značně složitá, řadu poznatků shrnuje např. Ross (1972).



Obr. 2. Porovnání osvitu bylinného a keřového porostu. Průmět čtverečního metru zabírá v případě keře rozdílnou plochu oproti bylinnému porostu na horizontální ploše. $R_{s\downarrow}$ je dopadající množství energie.

V případě bylinného mokřadního porostu se na tvaru průběhu Bowenova poměru zřejmě projeví též izolační schopnost svrchní vrstvy půdy, které je zde spíše charakteru hrubého detritu. Při vyschnutí svrchní vrstvy detritu na půdním povrchu dochází díky malé vodivosti detritu pro vodu k omezení výparu z půdy (Rose 2000).

Významným faktorem, který se zřejmě podílel na rozdílném průběhu Bowenova poměru na obou stanovištích během dne, byl pohyb větru. Ve světlé části dne dochází k intenzivnímu proudění větru a přízemní vrstva atmosféry přechází do neutrálního, případně nestabilního stavu a rychlost větru se s výškou zvětšuje logaritmicky (Novák 1995, Geiger et al. 2003, Oke 2006). Se zvětšující se rychlostí větru dochází ke ztenčování mezní vrstvy listů rostlin a tak k zintenzivnění odnímání molekul vody z povrchu listu (Procházka et al. 1998, Oke 2006). S výškou porostu se též mění koeficient dynamické drsnosti porostu a efektivní výška porostu, tedy parametry, které určují odpor porostu pro proudění větru a výšku, kde je proudění vzduchu prakticky nulové (Matejka & Huzulák 1987, Novák 1995, Allen et al. 1998). Výška bylinného mokřadního porostu byla několik decimetrů, zatímco výška vrbového porostu několik metrů, přičemž vrbový porost díky sférickému tvaru vlastně působí jako překážka proudění vzduchu. Lze tedy předpokládat, že z vrbového porostu bylo odnímáno větší množství vody než z porostu bylinného. Na druhou stranu, vrbové porosty díky svému tvaru snižují rychlost proudění vzduchu a tím ovlivňují proudění vzduchu a zároveň též

vlastní výměnu energie i na ostatních plochách. Hodnocení vztahu proudění větru k energetické bilanci stanoviště a zejména k energetické bilanci dřevin je nadmíru komplikované jak teoreticky, tak i technicky a značně přesahuje rámec předkládané práce.

Při úvahách o průběhu Bowenova poměru v daném biotopu nelze opominout biologickou regulaci výdeje vody, respektive regulaci energetické výměny v porostu. Rostliny regulují výdej vody prostřednictvím pohybu průduchů (Penka 1985, Larcher 1988, Procházka et al. 1998, Lambers et al. 1998, Nobel 1999). Ve chvíli, kdy dojde k poklesu turgoru, dochází k uzavírání průduchů a ke snížení intenzity transpirace (Penka 1985). Rostlina snižuje svou schopnost chlazení povrchu a dochází k zahřívání asimilační plochy (Jones 1992, Kjølgaard et al. 1996, Jones 1999, Cohen et al. 2005, González-Dugo et al. 2006, Payero & Irmak 2006, Wanjura et al. 2006). Jak ukazují výsledky průběhu Bowenova poměru ve vrbovém a bylinném mokřadním porostu, dochází v případě vrbového porostu k určitému nárůstu hodnot v poledních hodinách. To je zřejmě důsledkem poklesu turgoru vrbového porostu vzhledem k neschopnosti kompenzovat úbytek množství vody transpirací (Larcher 2003). Tento stav lze označit jako „polední depresi transpirace“ (Stocker 1956). Vzhledem ke složitosti celého problému výměny energie v porostu ve vztahu k jeho fyziologii a ve vztahu k fyzikálním faktorům prostředí, lze průběh Bowenova poměru během dne považovat pouze za indikativní prostředek k určení fyziologického stavu porostu.

Na mokřadním stanovišti a na odvodněné pastvině byly v průběhu sezóny 2006 měřeny charakteristiky výparu a energetických toků (podrobnosti v kapitole V. a v práci Procházka & Brom 2006). Ze sledování referenční evapotranspirace (viz Allen et al. 1998, kapitola I.) vyplývá, že větší potenciální výpar byl na odvodněné pastvině oproti mokřadu. Zde se pravděpodobně projeví dva faktory, teplota a proudění vzduchu. Vlastní výpočet referenční (potenciální) evapotranspirace je v principu založen na bázi Priestley-Taylorova výpočtu výparu pro vlhké povrchy (Priestley & Taylor 1972), který je doplněn o faktor proudění větru jako dodatkové energie (Davis Instruments 2002). Výpočet podle Priestley-Taylor (1972) vychází z teplotního gradientu nasyceného vzduchu nad povrchem, to znamená, že čím je větší gradient teploty mezi povrchem a atmosférou, tím je větší přenos vodní páry a tedy výpar. Na odvodněné pastvině byla, kromě většího teplotního gradientu, též přibližně dvojnásobná rychlost proudění vzduchu, to znamená, že zde byla větší dodatková energie pro výpar. Dvojnásobná

průměrná rychlost větru na pastvině oproti mokřadu je výsledkem malé aerodynamické drsnosti povrchu. Pastvina je zde plošného charakteru s nízkým porostem v otevřené krajině bez překážek, mokřad je spíše mozaikou mikrobiotopů různé výšky, které snižují rychlost proudění vzduchu. Je potřeba poznamenat, že výsledky měření ze sezóny 2007 ukazují opačný trend potenciálního výparu, tedy větší úhrny v mokřadu. Rozdíl mezi výsledky je pravděpodobně výpočetního charakteru, přičemž bych se v případě potenciálního výparu přiklonil spíše k trendu výsledků ze sezóny 2007 (podrobnosti v práci Brom & Procházka 2007).

Aktuální toky energie měřené ve dvou termínech, 13. června a 11. července 2006, vykazovaly na sledovaných plochách rozdílný charakter. V obou termínech byl větší podíl latentního tepla z čisté radiace v mokřadu oproti odvodněné pastvině. Bowenův poměr byl na pastvině přibližně dvakrát vyšší než v mokřadu. Z výsledků je patrné, že větší výdej vody na výpar byl v mokřadu. Zde hraje roli zřejmě dostupnost vody v půdě. Zatímco v mokřadu je až na výjimky dostatek vody pro evapotranspiraci, na odvodněné pastvině dochází k rychlému odtoku vody (Procházka et al. 2006) a evapotranspirace tak může být limitována. Bohužel, pro zhodnocení vztahu vodního režimu půdy k energetické výměně nebyla do doby zpracování disertační práce získána dostatečná data.

Významná je z hlediska energetického režimu též kondenzace vody, která byla mírně vyšší v mokřadu než na pastvině. Toto zjištění koresponduje s hypotézou tlumení teplot uvolňovaným teplem, která byla nastíněna výše. Bohužel, pro sezónu 2006 byla provedena pouze dvě měření, na základě kterých nelze dělat bližší závěry. Z dat získaných v následující vegetační sezóně (Brom & Procházka 2007) vyplývá, že trend je spíše opačný, tedy, že vyšší hodnoty kondenzace byly zjištěny na pastvině, ovšem rozdíl mezi oběma biotopy je nepatrný. Z hlediska hodnocení údajů o množství kondenzované vody je potřeba brát v úvahu omezení daná metodou výpočtu a limity přístrojového vybavení (především stanovení vlhkosti vzduchu). V případě mokřadu i pastviny se navíc pohybujeme v humidní oblasti, kde lze předpokládat shodný vliv mezoklimatu a tedy podobné usazené srážky. Domnívám se, že v rámci srážkového gradientu bychom zjišťovali významnou pozitivní korelaci srážkového úhrnu a kondenzace vody. Bohužel, tuto hypotézu nelze konfrontovat s literaturou, protože až na několik výjimek neexistují literární zdroje, které by se kvantitativně zabývaly kondenzací vody v přírodním prostředí (např. Kidron 2000, Richards 2005).

V principu je možné usuzovat, že právě kondenzace může být článkem, který zkracuje krátký vodní cyklus. To znamená, že voda, která je v průběhu dne odpařena z aktivního povrchu se během krátké doby vrací ve formě rosy za současného uvolnění tepla. Dochází k přenosu energie na malou vzdálenost, energie je disipována rovnoměrně. V tomto pohledu je kondenzace vody významnou součástí energetické bilance stanoviště.

Jedním z dalších ukazatelů fungování aktivního povrchu, respektive ekosystému může být evaporativní frakce (viz Lhomme & Elguero 1999, Suleiman & Crago 2004, Gentine et al. 2007), kterou můžeme vyjádřit jako poměr toku latentního tepla a rozdílu mezi čistou radiací a tokem tepla do půdy. Jak ukazují Suleiman a Crago (2004), evaporativní frakce je funkcí gradientu teploty mezi povrchem a atmosférou. Významná je zde úzká korelace mezi evaporativní frakcí a vlhkostí půdy (Lhomme & Elguero 1999, Dirmeyer et al. 2000, Gentine et al. 2007). Vlastní význam vegetačního krytu zde můžeme chápat z hlediska schopnosti ochlazovat svůj povrch díky transpiraci a z hlediska ovlivnění půdních vlastností, zejména pohybu vody v půdě.

V případě mokřadního společenstva (ostřicový porost, viz kapitola VII.) se ukázalo, že je tato problematika poněkud složitější. Zkoumaný ostřicový porost je charakteristický svým uspořádáním, kdy rostliny vytvářejí vysoké bulty. Na základě porovnání úrovně evaporativní frakce a frekvence a intenzity srážek se ukazuje, že se zvyšující se vlhkostí půdy/obsahem vody v půdě dochází ke vzrůstu evaporativní frakce, ovšem ve chvíli, kdy dojde k zaplavení porostu, respektive rhizosféry, evaporativní frakce klesá. Pokles považují za důsledek zmenšené úrovně vodního sytostního doplňku a snížení intenzity transpirace vlivem stresu rostlin ze zaplavení. Po ukončení srážkové činnosti dochází postupně k vysychání půdního substrátu a intenzita transpirace, ale i evaporation je vysoká, evaporativní frakce vzrůstá. Ve chvíli, kdy dojde k vyschnutí tělesa bultu, který je převážně organického charakteru, dochází pravděpodobně k poklesu transpirace vlivem stresu způsobeného suchem, rostliny dosáhly bodu vadnutí. V tomto typu mokřadu může zřejmě dojít k vyschnutí bultů vzhledem ke špatné kapilaritě i v případě, že je hladina podzemní vody vysoká. Dochází zde tedy k disproporcii mezi evaporativní frakcí a vlhkostí půdy, stejně tak je i komplikované stanovení povrchové teploty, kdy se povrch bultů může významně přehřívat, zatímco na jejich patě je teplota výrazně nižší. Podobný vývoj lze předpokládat i např. na vrchovištích. Zde předložené schéma je v tuto chvíli spíše

hypotetickou představou, vzniklou na základě pilotní studie uvedené v kapitole VII., ale předpokládám, že může být impulzem k dalšímu výzkumu otázky energetické výměny v mokřadech.

Z předchozího přehledu vyplývá, že otázka mikroklimatu a energetické výměny v porostech je značně komplikovaná s řadou vazeb a vztahů. Doposud však nebyla zmíněna vazba funkčních složek vegetace v širším kontextu, tedy na širší území, na krajinu.

Působení vegetace na klima a vodní cyklus (a tedy na energetickou výměnu) je diskutováno již od poloviny devatenáctého století, kdy Alexander von Humboldt, jako jeden z prvních upozorňoval na vliv vegetace na klima (Scheffer et al. 2005). Podle přehledu Musila-Daňkovského (1924) byly na začátku dvacátého století názory na toto téma značně rozrůzněné. Autor uvádí příklady, kdy bylo zjištěno, že úbytek vegetace (zejména lesní) snižuje, ale i zvyšuje lokální srážkovou činnost a uzavírá, že vegetace je bez vlivu na srážkovou činnost. Poznámka redakce k textu však uvádí, že „...nezáleží na faktu, zda se přítomností lesů rozmnoží absolutní množství srážkové vody, jako spíše na tom, že les přispívá k pravidelnějšímu rozdělení srážek a zejména k pravidelnějšímu odtoku srážkových vod. A to jest nesporně dokázáno a všeobecně uznáváno jako zásluha lesa.“ Tímto tvrzením vrací vegetaci zpět do hry.

V současnosti je již role vegetace jako klimatotvorného faktoru uznávána. Řada klimatických modelů ukazuje, že vegetace je důležitá zejména z hlediska vlivu na bilanci srážek, výparu a odtoku, jak v globálním, tak i v lokálním pohledu (Gordon et al. 2003, Scheffer et al. 2004, Kabat et al. 2004, Gordon et al. 2005, Makarieva et al. 2006, Piao et al. 2007). Změny rozložení vegetačního krytu, zejména odlesňování vedou ke zmenšení toku vodní páry z prostoru (Gordon et al. 2005), ke snížení srážkové činnosti (Gordon et al. 2003, Scheffer et al. 2004, Gordon et al. 2005) a ke změnám odtokových poměrů (Piao et al. 2007). Navíc dochází i ke změně albeda povrchu (Ryszkowski a Kędziora 1987, Scheffer et al. 2005, Sivakumar 2007) a dalším důsledkům. Například z hlediska globálního toku vodní páry lze konstatovat, že úbytek toku vodní páry díky odlesnění je téměř úplně nahrazen tokem vodní páry ze zavlažování, ovšem prostorová distribuce se významně mění (Gordon et al. 2005). Vlivem této změny lze předpokládat významné ovlivnění globální cirkulace vzduchu a vliv na monzunovou činnost (Gordon et al. 2005).

Z hlediska lokálního působení vegetace na klima (v rámci krajiny) je významný vliv na konvektivní proudění vzduchu (Gochis et al. 2005). S klesajícím zastoupením vegetace dochází ke snížení výparu, zvyšování konvekce tepla a tím ke snižování regionálních srážek (Scheffer et al. 2005). Tento proces si můžeme představit jako, když bublina teplého vzduchu tlačí na okolní masu vzduchu a neumožňuje tvorbu kupovité oblačnosti v regionu. Naopak, funkční vegetační kryt zajišťuje vysokou intenzitu výparu, díky které se povrch ochlazuje a stabilizuje a dochází k vyrovnání srážkové bilance (Scheffer et al. 2005). Zde můžeme mluvit o zkracování vodního cyklu (Ripl 2003, Kravčík et al. 2007) s další řadou důsledků a návazností, jako je např. chemismus odtékající vody a podobně (Ripl 1995, Procházka et al. 2001, Ripl 2003, Procházka et al. 2006).

Zásadní pro distribuci vegetace v antropogenní krajině je využití půdy (land use). Z hlediska změn klimatu jsou na význam land use různé pohledy. V globálním měřítku se podle některých autorů land use uplatňuje na utváření klimatu velmi významně s řadou dopadů (Piao et al. 2007, Sivakumar 2007), podle jiných pouze minimálně (Hansen et al. 2005). V regionálním měřítku je vliv land use na klima a energetické toky zásadní (např. Pokorný 2001, Kabat et al. 2004, Kravčík et al. 2007). Jak ukázaly výsledky měření na lipenském pravobřežní z vegetační sezóny 2007 (Brom & Procházka 2007), je jasně patrná pozice různě obhospodařovaných ploch, tedy land use, jak z hlediska výparu, tak i z hlediska toků energie. Kosené louky vykazovaly vysoké povrchové teploty a nízkou vlhkost povrchu, vysokou úroveň odrazivosti, nízkou intenzitu aktuálního, ale i potenciálního toku latentního tepla, nízké hodnoty indexu povrchového výparu a evaporativní frakce a nejvyšší hodnoty vodního stresu. Lesní porosty byly ve všech vyjmenovaných charakteristikách na druhém konci škály. Pásevní porosty se přibližovaly spíše k charakteristice kosených luk, mokřady naopak k charakteristice lesních porostů. Z dlouhodobé řady sledování množství odtékající vody ze sledovaných povodí je zřejmé, že větší odtok vody je z lučně-pásevního povodí Mlýnského potoka (Procházka et al. 2006), včetně většího odnosu látek (Procházka et al. 2008). Tyto výsledky korespondují s výše uvedenými závěry, že vegetace, respektive land use má vliv jak na klima krajiny, tak i na hydrologický režim.

V souhrnu lze konstatovat, že vegetace se významně uplatňuje z hlediska disipace energie a z hlediska utváření klimatu na všech úrovních prostorové škály.

Přehled literatury

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998): Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Řím.
- Arya, S. P. (2001): Introduction to Micrometeorology, 2nd edition, International Geophysics Series, Vol. 79, Academic Press, London.
- Bowen, I. S. (1926): The ratio of heat losses by conduction and by this magnitude and the diminution of the aerodynamic evaporation from any water surface. *Physics Review* 27: 779–787.
- Brom, J., Procházka, J. (2007): Srovnání radiační bilance stanovišť na Šumavě jako parametru hodnocení zemědělského hospodaření v horských a podhorských oblastech. Závěrečná zpráva grantu IG ZF JU 13/08. Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.
- Campbell, G. S., Norman, J. M. 1998: An introduction to environmental biophysics. Springer Verlag, New York.
- Capra, F. (2004): Tkáň života – nová syntéza mysli a hmoty. Academia, Praha.
- Cohen Y., Alchanatis V., Meron M., Saranga Y., Tsipris J. (2005): Estimation of leaf water potential by thermal imagery and spatial analysis. *Jornal of Experimental Botany* 56 (417): 1843-1852.
- Coveney, P., Higfield, R. (2003): Mezi chaosem a řádem. Mladá fronta, Praha.
- Davis Instruments (2002): Calculations of derived variables. Davis Instruments, Diablo Ave, Hayward, USA.
- Dirmeyer, P. A., Zeng, F. J., Ducharne, A., Morrill, J. C., Koster, R. D. (2000): The sensitivity of surface fluxes to soil water content in three land surface schemes. *Journal of Hydrometeorology* 1: 121-134.
- Dohnal, Z., Kunst, M., Mejstřík, V., Raučina, Š., Vydra, V. (1965): Československá rašeliniště a slatiniště. Academia, Praha.
- Gates, D. M. (1980): Biophysical ecology. Dover Publications, INC, Dover.
- Geiger, R., Aron, R. H., Todhunter, P. (2003): The climate near the ground. 6th edition. Rowman & Littlefield Publishers, Inc., Lanham, Maryland.

- Gentine, P., Entekhabi, D., Chehbouni, A., Boulet, G. and Duchemin, B. (2007): Analysis of evaporative fraction diurnal behaviour. *Agricultural and Forest Meteorology* 143: 13-29.
- Gockede, M., Rebmann, C., Foken, T. (2004): A combination of quality assessment tools for eddy covariance measurements with footprint modelling for the characterisation of complex sites. *Agricultural and Forest Meteorology* 127 (3-4): 175-188.
- Gochis, D., Anderson, B., Barros, A., Gettelman, A., Wang, J. J., Braun, J., Cantrell, W., Chen, W. Q., Fox, N., Geerts, B., Han, W., Herzog, M., Kucera, P., Kursinski, R., Laing, A., Liu, C., Maloney, E. D., Margulis, S., Schultz, D., Sherwood, S., Sobel, A., Vömel, H., Wang, Z. (2005): The water cycle across scales. *Bulletin of the American Meteorological Society* 86 (12): 1743-1746.
- González-Dugo, M. P., Moran, M. S., Mateos, L., Bryant, R. (2006): Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity. *Irrigation Science* 24: 233-240.
- Gordon, L. J., Steffen, W., Jönsson, B. F., Folke, C., Falkenmark, M., Johannessen, Å. (2005): Human modification of global water vapor flows from the land surface. *Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America* 102 (21): 7612-7617.
- Gordon, L., Dunlop, M., Foran, B. (2003): Land cover change and water vapour flows: learning from Australia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 358 (1440): 1973-1984.
- Grant, O., Chaves, M.M. and Jones, H.G. (2006) Optimising thermal imaging as a technique for detecting stomatal closure induced by drought stress. *Physiologia Plantarum* 127, 507-518.
- Hansen, J., Nazarenko, L., Ruedy, R., Sato, M., Willis, J., Del Genio, A., Koch, D., Lacis, A., Lo, K., Menon, S., Novakov, T., Perlwitz, J., Russell, G., Schmidt, G. A., Tausnev, N. (2005): Earth's energy imbalance: Confirmation and implications. *Science* 308 (5727): 1431-1435.
- Hayden, B. P. (1998): Ecosystems feedback on climate at the land scale. *Philosophical Transaction of the Royal Society London B353*: 5-18.
- Jones H. G. 1992: *Plants and microclimate*. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge.

- Jones P., Jedlovec G. J., Suggs R, Haines S. L. 2004: Using MODIS LST to Estimate Minimum Air Temperatures at Night. 13th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography, Norfolk, P 4.13.
- Jones, H.G. (1999). Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. *Plant, Cell & Environment* 22, 1043-1055.
- Jones, H.G. (2004) Irrigation scheduling : advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany* 55: 1427-1236.
- Kabat, P., Claussen, M., Dirmeyer, P. A., Gash, J. H. C., de Guenni, L. B., Meybeck, M., Pielke sr., R. A., Vörösmarty, C. J., Hutjes, R. W. A., Lütkeimeier, S. [eds.] (2004): *Vegetation, water, humus and the climate. A new perspective on an interactive system.* Springer-Verlag. Berlin.
- Kaimal, J. C., Finnigan, J. J. (1994): *Atmospheric boundary layer flows: their structure and measurement.* Oxford University Press, Oxford.
- Kellner, E. (2001): Surface energy fluxes and control of evapotranspiration from a Swedish *Sphagnum* mire. *Agricultural and Forest Meteorology* 110: 101-123.
- Kidron, G. J. (2000): Analysis of dew precipitation in three habitats within a small arid drainage basin, Negev Highlands, Israel. *Atmospheric Research* 55 (3-4): 257-270.
- Kjelgaard, J. F., Stockle, C. O., Evans, R. G. (1996): Accuracy of canopy temperature energy balance for determining daily evapotranspiration. *Irrigation Science* 16: 149-157.
- Kljun, N., Calanca, P., Rotach, M. W., Schmid, H. P. (2004): A simple parametrisation for flux footprint predictions. *Boundary-Layer Meteorology* 112: 503-523.
- Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., Tóth, E. (2007): *Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma.* Municipalia, Bratislava.
- Lambers H., Chapin III F. S., Pons T. L. [eds.] (1998): *Plant physiological ecology.* Springer-Verlag, New York.
- Larcher W. (1988): *Fyziologická ekologie rostlin.* Academia, Praha.
- Larcher, W. (2003): *Physiological Plant Ecology*, 4th Edition. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Lee, X., Massmann, W., Law, B. [eds.] (2004): *Handbook of micrometeorology: A guide for surface flux measurement and analysis.* Atmospheric and Oceanographic Library, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Leinonen, I. , Grant, O.M., Tagliavia, C.P.P., Chaves, M.M., Jones, H.G. (2006): Estimating stomatal conductance with thermal imagery. *Plant, Cell & Environment* 29: 1508-1518.
- Lhomme, J. P., Elguero, E. (1999): Examination of evaporative fraction diurnal behaviour using a soil-vegetation model coupled with a mixed-layer model. *Hydrology and Earth System Sciences* 3 (2): 259-270.
- Liebenthal, C; Foken, T (2007): Evaluation of six parameterization approaches for the ground heat flux, *Theoretical and Applied Climatology* 88: 43-56
- Makarieva, A. M., Gorshkov, V. G., Li, B. L. (2006): Conservation of water cycle on land via restoration of natural closed-canopy forests: implications for regional landscape planning. *Ecological Research* 21 (6): 897-906.
- Matejka, F., Huzulák, J. (1987): *Analýza mikroklimy porastu*. VEDA, Nakladateľstvo SAV, Bratislava.
- Monteith, J. L., Unsworth, M. (1990): *Principles of environmental physics*. 2nd edition. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Musil-Daňkovský, E. (1924): Působivost lesů na srážky vodní. *Československý háj* 1: 330-333.
- Nobel, P. S. (1999): *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Academic Press. New York. 474 p.
- Novák V. 1995: *Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania*. Veda, SAV, Bratislava.
- Oke, T. R. (2006): *Boundary layer climate*. 2nd edition. Routledge, Taylor&Francis Group, London.
- Pallas J. E. Jr., Michel B. E., Harris D. G. 1967: Photosynthesis, Transpiration, Leaf Temperature, and Stomatal Activity of Cotton Plants under Varying Water Potentials. *Plant Physiology* 42:76-88.
- Payero, J. O., Irmak, S. (2006): Variable upper and lower crop water stress index baselines for corn and soybean. *Irrigation Science* 25: 21-32.
- Penka, M. (1985): *Transpirace a spotřeba vody rostlinami*. Academia, Praha.
- Peters-Lidard, C. D., Blackburn E., Liang, X., Wood, E. F. (1998): The effect of soil thermal conductivity parametrisation on surface energy fluxes and temperatures. *Journal of the Atmospheric Science* 55: 1209-1224.

- Piao, S., Friedlingstein, P., Ciais, P., de Noblet-Ducoudré, N., Labat, D., Zaehle, S. (2007): Changes in climate and land use have a larger direct impact than rising CO₂ on global river runoff trends. *Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America* 104 (39): 15242-15247.
- Pokorný, J. (2001). Dissipation of solar energy in landscape - controlled by management of water and vegetation. *Renewable Energy* 24: 641-645.
- Pokorný, J. Kučerová, A., Brom, J. et al. (2006): Evapotranspiration – solar energy dissipation through either open or closed water cycles. Text for International Postgraduate Course on Limnology (IPGL), Wetland Ecology, Třeboň.
- Priestley, C. H. B., Taylor, R. J. (1972): On the assessment of surface heat flux and evapotranspiration using large scale parameters. *Monthly Weather Review* 100: 81-92.
- Prigogine, I., Stengersová, I. (2001): *Řád z chaosu*. Mladá fronta, Praha.
- Procházka S. a kol. 1998: *Fyziologie rostlin*. Academia, Praha.
- Procházka, J., Brom, J. (2006): Energetická a chemická účinnost krajiny - metodický nástroj pro hodnocení krajinných funkcí. Výzkumná zpráva GA ZF JU, IG 08/06, 2006, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice.
- Procházka, J., Brom, J., Pechar, L., Štíhová, J., Pokorný, J. (2008): Changes in concentrations of dissolved solids in precipitation and discharge water from drained pasture, natural wetland and spruce forest during the years of 1999- 2006 in Šumava mountains, Czech Republic. *Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*. Springer Verlag (v tisku).
- Procházka, J., Hakrová, P., Pokorný, J., Pecharová, E., Hezina, T., Wotavová, K., Šíma, M., Pechar, L. (2001a): Effect of different management practices on vegetation development, losses of soluble matter and solar energy dissipation in three small sub-mountain catchments. In Vymazal, J. [ed.]: *Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands*. Backhuys Publishers, Leiden, 143-175.
- Procházka, J., Včelák, V. Wotavová, K., Štíhová, J., Pechar, L. (2006): Holistic concept of landscape assessment: case study of three small catchments in the Šumava Mountains. *Ekológia (Bratislava)*, 25 (Supplement 3/2006): 5–17.
- Příbáň, K., Jeník, J., Ondok, J. P., Popela, P. (1992): Analysis and modeling of wetland microclimate. *Studie ČSAV 2-92*, Academia, Praha.

- Quattrochi, D. A., Luvall, J. C. (1999): Thermal infrared remote sensing for analysis of landscape ecological processes: methods and applications. *Landscape Ecology* 14: 577–598.
- Rebmann, C., Gödecke, M., Foken, T., Aubinet, M., Aurela, M., Berbigier, P., Bernhofer, C., Buchmann, N., Carrara, A., Cescatti, A., Ceulemans, R., Clement, R., Elbers, J. A., Granier, A., Grünwald, T., Guyon, D., Havránková, K., Heinesch, B., Knohl, A., Laurila, T., Longdoz, B., Marcolla, B., Markkanen, T., Miglietta, F., Moncrieff, J., Montagnani, L., Moors, E., Nardino, M., Ourcival, J. M., Rambal, S., Rannik, Ü., Rotenberg, E., Sedláč, P., Unterhuber, G., Vesala, T., Yakir, D. (2005): Quality analysis applied on eddy covariance measurements at complex forest sites using footprint modelling. *Theoretical and Applied Climatology* 80 (2-4): 121-141.
- Richards, K. (2005): Urban and rural dewfall, surface moisture and associated canopy-level air temperature and humidity measurements for Vancouver, Canada. *Boundary-Layer Meteorology* 114: 143-163.
- 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. (2003): Water: the bloodstream of the biosphere. *Philosophical Transaction. The Royal Society of London B358*: 1921-1934.
- Ross, J. (1972): Radiative transfer in plant communities. In Monteith, J. L. [ed.]: *Vegetation and atmosphere. Vol. I. Academic Press, London*, 13-56.
- Rouse, W. R. (2000): The energy and water balance of high-latitude wetlands: controls and extrapolation. *Global Change Biology* 6 (Supplement 1): 59-68.
- Ryszkowski, L., Kędziora, A. (1987): Impact of agricultural landscape structure on energy flow and water cycling. *Landscape Ecology* 1: 85-94.
- Saunders, S. C., Chen, J., Crow, T. R., Brosofske, K. D. (1998): Hierarchical relationships between landscape structure and temperature in a managed forest landscape. *Landscape Ecology* 13: 381-395.
- Scheffer, M., Holmgren, M., Brovkin, V., Claussen, M. (2005): Synergy between small- and large-scale feedbacks of vegetation on the water cycle. *Global Change Biology* 11: 1003-1012.
- Sivakumar, M. V. K. (2007): Interaction between climate and desertification. *Agricultural and Forest Meteorology* 142: 143-155.

- Stannard, D. I., Rosenbery, D.O., Winter, T.C., Parkhurst, R. S. (2004): Estimates of fetch-induced errors in Bowen ratio energy-budget measurements of evapotranspiration from a prairie wetland, Cottonwood lake area, North Dakota, USA. *Wetlands* 24 (3): 498-513.
- Stocker, O. (1956): Die Abhängigkeit der Transpiration von den Umweltfaktoren. In W. Ruhland (ed.) *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. Springer Verlag, Berlin, 436-488.
- Suleiman, A. and Crago, R. (2004): Hourly and daytime evapotranspiration from grassland using radiometric surface temperatures. *Agronomy Journal* 96: 384-390.
- Vozobule, V. 2004: Síť měřících bodů pro sledování změn klimatu v bezprostředním okolí Jaderné elektrárny Temelín. In Pecharová, E., Broumová, H. [eds.]: *Hodnocení vlivů jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí*. JU v Č. Budějovicích, ZF. České Budějovice, 39-43.
- Wanjura, D. F., Upchurch, D. R., Mahan, J. R. (2006): Behavior of temperature-based water stress indicators in BIOTIC-controlled irrigation. *Irrigation Science* 24: 223-232.

Závěr

Disertační práce se zaměřila na hodnocení teplotních a vlhkostních vlastností a projevů různých typů vegetace a na hodnocení energetické výměny v různých typech vegetace. Byla studována stanoviště, která se lišila vegetačním krytem a vodním režimem. Jednalo se o stanoviště mokřadní, neodvodněná a odvodněná.

Ze studia teplotních a vlhkostních projevů vyplývá, že průměrné hodnoty teplotních průběhů ve vegetační sezóně byly vyšší na stanovištích s dostatkem vody v půdě s menší rozkolísaností hodnot, ta se zvyšovala se snižujícím se obsahem vody v půdě. Na odvodněných stanovištích se vyskytovaly v průměru nižší noční a vyšší denní teploty, byla zde velká amplituda průběhu teplot mezi dnem a nocí. Povrchová teplota vegetačního krytu byla v poledních hodnotách nižší na neodvodněných plochách. Vlhkost povrchu a relativní vlhkost vzduchu byla na odvodněných plochách menší než na plochách neodvodněných s menším kolísáním během dne. Rozdělování energie na latentní a zjevné teplo se mezi dvěma mokřadními porosty (vrbovým a zrašelinělou loukou) nelišilo z hlediska úhrnu, lišilo se však z hlediska průběhu v denním cyklu. Aktuální výpar, respektive tok latentního tepla byl větší z mokřadu než z odvodněné pastviny. Referenční evapotranspirace byla větší na odvodněné pastvině než v mokřadu. Průběh evaporativní frakce příliš nekorespondoval s většinou faktorů prostředí, naopak korespondoval s průběhem srážek.

Na základě výsledků disertační práce a analýzy literárních zdrojů lze konstatovat, že biotopy s větším obsahem vody v půdě a vyvinutým vegetačním krytem významně ovlivňují své mikroklima a intenzitu energetické výměny na povrchu, omezují významně výkyvy a kolísání meteorologických prvků a působí stabilizačně. Vegetační kryt reguluje tyto prvky aktivně. Lze shrnout, že vegetace se významně uplatňuje z hlediska disipace energie a z hlediska utváření klimatu na všech úrovních prostorové škály.

Seznam publikovaných prací a rukopisů autora

Práce v časopisech sledovaných Thompson ISI JCR (časopisy s impact faktorem)

- Hais, M., Wotavová, K., Procházka, J., Brom, J., Pecharová, E. (2005): The influence of Temelin nuclear power plant on temperature and wetness parameters of land cover. *Ekológia (Bratislava)* 24 (4): 438-448.
- Janeček, Š., Hrázský, Z., Bartoš, M., Brom, J., Reif, J., Hořák, D., Bystřická, D., Riegert, J., Sedláček, O., Pešata, M. (2007): Importance of big pollinators for the reproduction of two *Hypericum* species in Cameroon, West Africa. *African Journal of Ecology* 45 (4): 607-613.
- Riegert, J., Pešata, M., Janeček, Š., Sedláček, O., Reif, J., Hořák, D., Hrázský, Z., Brom, J., Bartoš, M., Bystřická, D. (2007): Ecological interactions between plants and Sunbird species in Bamenda Highlands, North-West Cameroon. *Ostrich* 78 (2): 322-322, abstract.
- Riegert, J., Pešata, M., Reif, J., Hořák, D., Sedláček, O., Hrázský, Z., Janeček, Š., Brom, J., Bartoš, M., Bystřická, D. (2007): Distribution and abundance of nectar resouces in the territories of two sunbird species in Bamenda Highlands, North-West Cameroon. *Ostrich* 78 (2): 322-323, abstract.
- Brom, J., Pokorný, J.: Temperature and humidity characteristics of two willow stands, a peaty meadow and a drained pasture and their impact on landscape functioning. *Boreal Environment Research* (přijato).

Recenzované původní vědecké práce

- Brom, J. (2004): Porovnání teplotních poměrů zrašelinělé louky, mezofilní pastviny a vrbových porostů na pravobřeží Lipna. *Coll. of Sci. Pap., Faculty of Agriculture in České Budějovice. Series for Crop Science. Vol. 21., 2-3 Special Issue, 77-81.*
- Brom, J., Šmahel, L. (2005): Adjudication of measurement instrumentation convenience and usage of data for remote sensing. In Pecharová, E., Martiš, M. [eds.]: *The assessment of the environmental impact of Temelín Nuclear Power Plant on the*

- bases of the „Melk agreement“. University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture, University of Agriculture in Prague, Faculty of Forestry and Environment, Kostelec nad Černými lesy, 92-99.
- Hais, M., Procházka, J., Pecharová, E., Brom, J. (2005): The influence of Temelin nuclear power plant on temperature and wetness parameters of land cover. In Pecharová, E., Martiš, M. [eds.]: The assessment of the environmental impact of Temelín Nuclear Power Plant on the bases of the „Melk agreement“. University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture, University of Agriculture in Prague, Faculty of Forestry and Environment, Kostelec nad Černými lesy, p. 100-105.
- Hais, M., Brom, J., Pecharová, E. (2006): Hodnocení změn v krajině s využitím DPZ. *Životné Prostredie* 40 (2): 80-83.
- Procházka, J., Pechar, L., Hakrová, P., Brom, J., Pokorný, J. (2006): Holistický přístup k hodnocení krajiny a monitoring malých povodí. *Životné Prostredie* 40 (2): 88-95
- 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)* 25 (Suppl. 3): 18-26.¹
- Pokorný, J., Rejšková, A., Brom, J. (2007): Úloha makrofyt v energetické bilanci mokřadů. *Zprávy České botanické společnosti* 42. Materiály 22: 47-60.
- Pokorný, J., Šíma, M., Rejšková, A., Brom, J. (2008): The role of vegetation in water cycling and energy dissipation. Natural Sequence Farming Workshop, Defining the Science and Practice, Bungendore NSW, Australia 30 October - 1 November 2006, Australian Government, Southern Rivers, ABC, Land Care Australia, Proceedings (v tisku)
- Procházka, J., Brom, J., Pechar, L., Štíhová, J., Pokorný, J. (2008): Changes in concentrations of dissolved solids in precipitation and discharge water from drained pasture, natural wetland and spruce forest during the years of 1999- 2006 in Šumava mountains, Czech Republic. *Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*. Springer. (v tisku).

¹ V době odeslání rukopisu byl časopis *Ekológia (Bratislava)* veden v Thompson ISI JCR.

Články ve sbornících z konference

- Brom, J., Pecharová, E. (2002): Zhodnocení ekofyziologické funkce porostů *Salix* agg. v nivě Horského potoka. – In Pecharová, E., Sýkorová, Z. [eds.]: Ekotrend 2002 – Trvale udržitelný rozvoj. Sborník z konference s mezinárodní účastí. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 3. 4. – 5. 4. 2002, F45 - F52.
- Brom, J., Pecharová, E. (2002): Disipace sluneční energie v porostech mokřadních vrb. In Diviš, J. [ed.]: AGROREGION 2002 – Trvale udržitelné hospodaření na zemědělské půdě. Konference FYTO. Sborník příspěvků ze IV. Ročníku mezinárodní vědecké konference ve spolupráci s Mze ČR a IVV Mze Praha. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 4. 9. – 5. 9. 2002, 37-39.
- Brom, J. (2004): Srovnání teplotních charakteristik porostů keřových vrb, zrašelinělé mezofilní louky a pastviny. Konference studentů DSP s mezinárodní účastí. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 23-28.
- Brom, J., Šmahel, L. (2004): Posouzení vhodnosti měřicí techniky a využití dat pro pozemní kalibraci dat dálkového průzkumu Země. In Pecharová, E., Broumová, H. [eds.]: Hodnocení vlivů jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí. JU v Č. Budějovicích, ZF. České Budějovice, 68-73.
- Hais, M., Procházka, J., Pecharová, E., Brom, J. (2004): Vliv jaderné elektrárny Temelín na teplotně - vlhkostní parametry krajinného krytu. In Pecharová, E., Broumová, H. [eds.]: Hodnocení vlivů jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí. JU v Č. Budějovicích, ZF. České Budějovice, 54-61.
- Procházka, J. Brom, J., Včelák, V., Pechar, L., Pokorný, J. (2006): The development of matter flows in drained pasture, natural wetland and spruce forest during the years of 1999-2005. In Kröpfelová, L. [ed.]: 6th International Workshop on Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands, Třeboň, May 31 – June 4, 2006. Book of Abstracts, extended abstract.
- Brom, J., Procházka, J. (2007): Rozdíly v mikroklimatu a energetických tocích mezi mokřadem a odvodněnou pastvinou. Aktuality Šumavského výzkumu III. Sborník příspěvků z konference, Srní 4. – 5. 10. 2007. p. 16-19.

Brom, J., Čížková, H., Rejšková, A., Pechar, L., Pokorný, J. (2007): Diurnal behaviour of evaporative fraction in herbaceous wetland. In. Kröppfelová, L. (ed.): 2nd SWS Europe Annual Meeting. Třeboň, May 30 – June 3, 2007. Book of abstracts. 21-23.

Abstrakta ve sbornících z konferencí a posterů

Hais, M., Procházka, J., Pecharová, E., Brom, J., Šmahel, L. (2004): Vliv jaderné elektrárny Temelín na teplotně - vlhkostní parametry krajinného krytu. Konference Hodnocení vlivů jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí. JU v Č. Budějovicích, ZF. České Budějovice. 14. – 15. 10. 2004, Poster

Janeček, Š., Riegert, J., Pešata, M., Sedláček, O., Rief, J., Hořák, D., Hrázský, Z., Bartoš, M., Brom, J., Bystřická, D. (2004): Foraging behaviour of three nectarivorous sunbird species. British Ecological Society Annual Meeting and AGM. Lancaster, Programme and Abstracts, p. 43.

Riegert, J., Pešata, M., Janeček, Š., Sedláček, O., Reif, J., Hořák, D., Hrázský, Z., Brom, J., Bartoš, M., Bystřická, D. (2004): Ecological interactions between plants and Sunbird species in Bamenda Highlands, NW Cameroon., Programme et Résumé 11^{ème} Kongres Panafricain d'Ornithologie du 20 au 25 novembre 2004 ile de Djerba – Tunisie, p. 75

Riegert, J., Pešata, M., Reif, J., Hořák, D., Sedláček, O., Hrázský, Z., Janeček, Š., Brom, J., Bartoš, M., Bystřická, D. (2004): Distribution and abundance of nektar resoutces in the territories of two sunbird species in Bamenda Highlands, NW Cameroon, Programme et Résumé 11^{ème} Kongres Panafricain d'Ornithologie du 20 au 25 Novembre 2004 ile de Djerba, p. 75

Janeček, Š., Hrázský, Z., Bartoš, M., Brom, J. (2004): Reproduction strategies of two *Hypericum* species. Population dynamics in changing landscape – persistence, dispersal or adaptation? 17th Annual Conference of the Ecological Society of Germany, Switzerland and Austria, Selection Plant Population Biology. 19. 5. 2004 – 23. 5. 2004, Institute of Botany, University of Regensburg. Abstrakt, Poster.

Hais, M., Procházka, J., Pecharová, E., Martiš, M., Kozák, J., Brom, J. (2005): The Influence of Temelin Nuclear Power Plant (TNPP) on Selected Parameters of Land

- Cover. Landscape Planning in the Enlarged European Union, International Conference, Bratislava. Poster.
- Pokorný, J., Rejšková, J., Brom, J. (2006): Úloha makrofyt v energetické bilanci mokřadů. Vodní a mokřadní rostliny – taxony, společenstva, vztahy. Konference České botanické společnosti. Praha, 24. – 25. listopadu 2006. Sborník abstraktů, 7-8.
- Boháč, J., Broumová, H., Hais, M., Brom, J., Pecharová, E., (2006): Land cover and its temperature characteristics as an indicator of the environmental function of the landscape recultivated after brown coal mining. Fourteenth International Conference on Environmental Bioindicators, Washington D.C., 24-26 April. Abstract.
- Hais, M., Procházka, J., Brom, J., Pecharová, E. (2007): The assessment of potential changes of surface temperature and wetness distribution in consequence of Temelín Nuclear Power Plant (TNPP) operation. In. Křiváčková, O. [ed.]: Nuclear Energetic and Environment. Proceedings of the International Scientific Conference, České Budějovice, Abstract, p. 13.
- Hais, M., Procházka, J., Brom, J., Pecharová, E. (2007): The assessment of potential changes of surface temperature and wetness distribution in consequence of Temelín Nuclear Power Plant (TNPP) operation. In. Křiváčková, O. (ed.): Nuclear Energetic and Environment. Proceedings of the International Scientific Conference, České Budějovice, Abstract, p. 56, Poster.
- Brom, J., Procházka, J., Hais, M., Pecharová, E. (2007): Surface monitoring of temperature and wetness characteristics and monitoring with a thermo-camera in the surrounding of the Temelín Nuclear Power Plant. In. Křiváčková, O. (ed.): Nuclear Energetic and Environment. Proceedings of the International Scientific Conference, České Budějovice, Abstract, p. 57, Poster.

Výukové materiály

- Pecharová, E., Brom, J., Sýkorová, Z., Šmahel, L., Wotavová, K. (2004): Speciální botanika, obor Agroekologie – terénní blok výuky. Skripta, on-line verze. České Budějovice. <<http://www2.zf.jcu.cz/public/projects/agro/materialy/specbot.pdf>>

Pokorný, J. Kučerová, A., Brom, J. et al. (2006): Evapotranspiration – solar energy dissipation through either open or closed water cycles. Text for International Postgraduate Course on Limnology (IPGL), Wetland Ecology, Třebon 2006.

Populární publikace

Brom, J., Pešata, M. (2005): Pohled na Kamerun. Farmář 7/2005: 82-83.

Projekty, na kterých se autor podílel

- Projekt MŠMT MSM 122200003/1 (Výzkumný záměr Zemědělské fakulty JU) – další řešitel
- FRVŠ 1373/2002 Autekologie polykormonů porostů *Salix cinerea* v nivě pramenné oblasti Horského potoka - spoluřešitel
- Projekt MŠMT MSM 6007665806 (Výzkumný záměr Zemědělské fakulty JU) - spoluřešitel
- Projekt MŽP VaV SL/640/8/03 Koncepce a metodologie komplexního studia dlouhodobých trendů vývoje krajiny v užším a širším zázemí JE Temelín. MŽP ČR - spoluřešitel
- Projekt MŽP VaV 300/05/03 Modulární skleník s vysokou účinností přeměny sluneční energie a recyklací vody, využívající optické rastry. MŽP ČR – další řešitel
- Projekt MŠMT NPV II 2B06023 Vývoj metody stanovení toků energie a látek ve vybraných ekosystémech, návrh a ověření principů hodnocení hospodářských zásahů pro zajištění podmínek autoregulace a rozvoje biodiverzity. MŠMT ČR - spoluřešitel
- Projekt MŽP VaV SM 2/25/04 Posouzení míry antropogenního narušení vodního režimu lesních ekosystémů a jeho důsledků na změnu funkčních schopností lesů; návrh revitalizačního managementu. (Řešení pro modelová subpovodí Bonarova a Ferdinandova potoka). MŽP ČR - spoluřešitel
- IG ZF JU 08/06 Energetická a chemická účinnost krajiny – metodický nástroj pro hodnocení krajinných funkcí - spoluřešitel

- IG ZF JU 13/07 Srovnání radiční bilance stanovišť na Šumavě jako parametru hodnocení zemědělského hospodaření v horských a podhorských oblastech – navrhovatel, hlavní řešitel
- Projekt MŽP VaV SM/640/18/03 CzechCarbo - studium cyklu uhlíku v terestrických ekosystémech ČR v souvislostech Evropského projektu CARBOEUROPE – externí řešitel

Posudky

Posudek oponenta bakalářské práce: Petr Stehlík (2006): Natura 2000 v životě jihočeského regionu. Vysoká škola evropských a regionálních studií.