

# Vliv hospodaření na vegetaci a toky energie, vody a látek v malých povodích na Šumavě

## Impact of management on vegetation and energy, water and soluble matter flows in small catchments of the Šumava Mountains

Jan Procházka<sup>1,\*</sup>, Pavlína Hakrová<sup>1</sup>, Jan Pokorný<sup>2,4</sup>, Emilie Pecharová<sup>1</sup>,  
Tomáš Hezina<sup>1</sup>, Kateřina Wotavová<sup>1</sup>, Martin Šíma<sup>3</sup> & Libor Pechar<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 13, CZ–370 05 České Budějovice, Česká republika*

<sup>2</sup> *Botanický ústav AV ČR, Dukelská 135, CZ– 379 82 Třeboň, Česká republika*

<sup>3</sup> *Orbítec Consulting, Otavská 12, CZ–370 11 České Budějovice, Česká republika*

<sup>4</sup> *ENKI o.p.s., Dukelská 145, CZ–379 82 Třeboň, Česká republika*

\**prochaz@z.f.jcu.cz*

### Abstract

The concept of landscape efficiency based on matter losses and on solar energy dissipation was tested in three small catchments in the Bohemian Forest (Czech Republic) of very low population density (approx. 2.5 inhabitants per km<sup>2</sup>). The three catchments were managed similarly till 1950s, later on the Mlýnský catchment (214 ha) was drained and used mostly for pasture, the rate forest/non-forest was kept 1:10. In the Horský catchment (202 ha), the forested area has increased from 24% in 1950s to 71% in 1999 and in the Bukový catchment (264 ha) from 45% in 1950s to 95% in 1999. The highest matter losses expressed in terms of base cations were found from the drained Mlýnský catchment although the storage of base cations was the lowest. Consequently, the highest concentration of bicarbonate and the highest conductivity were found in the water from the drained Mlýnský catchment, concentration of nitrate was several times higher in the water from the Mlýnský catchment than from the others. Chemistry of the water from the Mlýnský catchment indicates evidently fast mineralisation of the soil organic matter. Solar energy in the drained Mlýnský catchment was converted mostly into sensible heat which resulted in the highest temperature amplitude among the catchment studied. The highest amount of water is retained in both Horský and Bukový catchments whereas the highest water discharge shows the drained Mlýnský catchment. Although the relatively small areas of the three catchments were studied, the satellite images in the channels TM–5 (humidity) and TM–6 (temperature) reflect differences in the present management practices: the agricultural and drained Mlýnský catchment differs by its dry and warm surfaces from the next two catchments and from the reference area of the Danube catchment of the right shore of the Lipno reservoir.

*Key words:* landscape efficiency, management, matter losses, satellite images, solar energy dissipation

### Úvod

Potřeba hodnotit ekologické funkce krajiny představuje aktuální problém v krajinném managementu. Otázka jak krajinné funkce hodnotit je proto stále významným úkolem ekologického výzkumu (ROBERTSON 2000). Holistický koncept W. Ripla ukazuje, že funkci krajiny lze posuzovat podle modelu založeného na interpretaci toků látek a energie (ETR: energie–transport–reakce, RIPL 1995). Tento model vychází z předpokladu, že dobře (přirozeně) fungující

ekosystémy účinně kompenzují diurnální energetické výkyvy způsobené sluneční radiací. Rozhodující roli pro účinnou disipaci sluneční energie má vegetace a nezbytnou podmínkou je dostatečné množství vody v krajině pro evapotranspiraci. Charakteristickými rysy dobře (setrvale) fungujících krajinných celků jsou efektivně uzavřené látkové cykly, vyrovnané odtokové poměry a minimalizované transportní ztráty látek. Základními parametry, kterými lze tyto funkce hodnotit jsou povrchová teplota a její oscilace, kvalita povrchové vody a dynamika jejího odtoku. Tyto parametry lze považovat za integrální veličiny, v jejichž hodnotách, prostorové distribuci a časové proměnlivosti se promítají klíčové funkční procesy probíhající na úrovni biocenóz a jejich interakce s prostředím. ETR model předpokládá vysokou míru vzájemných korelací mezi strukturou vegetace, mikroklimatem, hydrologickými poměry, pedologickými podmínkami a hydrochemickými procesy.

Podklady pro formulování holistického ETR modelu byly získány především z rekonstrukce vývoje krajiny a vegetace provedené podle paleolimnologických studií jihošvédských jezer (DIGERFELDT 1972). Analýzy sedimentů umožnily identifikovat postglaciální období s vysokou rychlostí sedimentace látek odnášených z povodí a období stabilizace klimaxové vegetace, pro které jsou charakteristické minimální látkové ztráty. Důsledky rozvoje lidské společnosti, velkoplošné odlesnění, zemědělství a v posledních staletích i průmyslová aktivita opět výrazně zvýšily rozsah ztrát látek odnášených především vodou z krajiny (RIPL & al. 1996a).

Ripplův koncept holistického hodnocení krajiny lze považovat jako potenciální nástroj pro integrální diagnózu klíčových funkcí krajiny. Jeho praktické využití však předpokládá, že vztahy a procesy určující disipaci energie a ztráty látek, které lze nepochybně doložit v měřítku tisíců km<sup>2</sup> (části evropského kontinentu) a v časové škále tisíce let, budou identifikovatelné (měřitelné) i v rámci malých územích a v reálném čase. Studie uskutečněná v povodí řeky Stör (Německo) potvrdila, že tímto přístupem lze v podstatě úspěšně hodnotit středně velká povodí zahrnující oblasti s různým využitím krajiny (land-use). Zároveň se ukázalo, že je obtížné interpretovat některé výsledky v situacích, kdy dochází k výrazné interakci přírodních procesů a procesů řízených člověkem (např. odnos látek z hnojených polí, RIPL & al. 1996b).

Ověření obecné platnosti základních východisek ETR modelu vyžaduje sledovat srovnatelná území, která vykazují zřetelně odlišný charakter vegetačního krytu jako důsledek různého „land-use“, ale která zároveň nebudou pod vlivem intenzivní a měnící se hospodářské činnosti. Najít takovou situaci v kulturní krajině je velmi obtížné. Tyto podmínky jsou však v podstatě splněny v oblasti bývalého hraničního pásma na pravém břehu Lipna. Bývalé hraniční pásmo na Šumavě je díky svému vývoji v posledních 50 letech zcela unikátní území. Základní parametry jeho „land-use“ byly určeny poměrně hustým osídlením Šumavy až do poloviny 20. století. Důsledkem uzavření rozsáhlých území v hraničním pásmu došlo k významnému omezení hospodářské aktivity (GUTH & al. 1995). Ani v současnosti nejsou v těchto marginálních oblastech vhodné ekonomické a demografické podmínky pro výraznější rozvoj hospodaření. Z hlediska ekologického výzkumu se proto zde nabízí ke studiu řada unikátních situací, které v kulturní krajině vnitrozemí většinou chybí.

Cílem této studie je

- prokázat na příkladu malých podhorských povodích, která se výrazně liší svou vegetací, rozdíly v disipaci sluneční energie, vodním režimu, kvalitě odtékající vody a v pedochemických parametrech
- posoudit jak zjištěné rozdíly odpovídají vzájemným souvislostem a vazbám podle ETR modelu
- vyhodnotit získané údaje z hlediska citlivosti a rozlišovací schopnosti metodických přístupů pro holistické hodnocení funkcí krajiny podle ETR modelu
- shromáždit a prezentovat získané údaje z oblasti pravého břehu Lipna, jako popis současného stavu přírodních poměrů daného území

## METODY

Hodnocení vegetačního krytu bylo provedeno klasickými fytoocenologickými metodami podle Braun-Blanqueta (PRACH 1994, MORAVEC 1994). Zpracováno bylo více než 100 fytoocenologických snímků (v homogenních porostech a na ploše odpovídající minimiariálu o rozloze 16–25 m<sup>2</sup>). Na základě fytoocenologické charakteristiky vegetace a způsobu využití půdy (land-use) byly určeny hlavní typy porostů (HANÁK & al. 1995, HAKROVÁ & PROCHÁZKA 1998) a zpracovány vegetační mapy srovnávaných povodí (FOŠUMOVÁ-HAKROVÁ & PECHAROVÁ 1998). Ty zahrnují: obhospodařované louky, pastviny, mezofilní lada, krátkostébelné květnaté louky, keříčková společenstva, ruderální porosty, krátkostébelné ostřicové porosty, porosty sv. *Calthion*, porosty s dominující *Molinia caerulea* a porosty s dominující *Carex brizoides*.

V těchto porostech byla stanovena celková nadzemní biomasa a roční přírůstky nadzemní biomasy. V každém porostu bylo vytyčeno 6 trvalých ploch o ploše 1 m<sup>2</sup>, na kterých bylo dvakrát za vegetační sezónu odebrána biomasa (červenec – maximální biomasa, říjen – konec vegetačního období). U všech vzorků byla zjišťována hmotnost čerstvé biomasy (pro hodnocení schopnosti vegetace zadržovat vodu) a po usušení hmotnost sušiny (pro energetické bilance). U většiny typů porostů je hmotnost nadzemní biomasy totožná s hmotností ročních přírůstků (RYCHNOVSKÁ 1987). Modifikovaný přístup ke zjištění ročních přírůstků nadzemní biomasy byl použit u krátkostébelných ostřicových luk a společenstev svazu *Calthion*, kde značný podíl tvoří mechové patro (zejména rod *Sphagnum*), a u keříčkových společenstev, kde byly odebrány jednoleté letorosty (DYKYJOVÁ 1989). Ke korekci přírůstku roční biomasy porostů se silným zastoupením mechového patra byly použity literární údaje (BRADBURY & GRACE in GORE 1983, GRIGAL 1985) a roční přírůstek stanoven na 200 g.m<sup>-2</sup> sušiny. Čerstvá biomasa rašeliníku byla vypočtena podle vlastního empirického poměru čerstvá hmota-sušina. Průměrná pokryvnost mechového patra byla na základě fytoocenologického hodnocení stanovena 70% u krátkostébelných ostřicových porostů a 10% u společenstev svazu *Calthion*. Pro celkové množství dopadající sluneční energie byla využita data poskytnutá BÚ AV ČR v Třeboni. Energetický obsah biomasy byl stanoven kalorimetricky automatickým spalným kalorimetrem MS 10A firmy LAGET (ČZU Praha) (DYKYJOVÁ 1989, RYCHNOVSKÁ 1987, PŘIBAN & al. 1992).

Údaje o ploše jednotlivých lesních areálů, věkové a porostové skladbě a množství vytěžitelné kmenoviny byly získány z lesnických porostových map a tabulek vyhotovených k 1. 1. 1999 (Lesní správa Vyšší Brod). Odhad množství celkové biomasy a ročních přírůstků nadzemní biomasy byl proveden podle Klima (KLIMO 1994). Množství sluneční energie vázané v biomase lesních porostů je uváděno podle Oszlányiho (OSZLÁNYI 1986).

V roce 1998 bylo odebráno na každém povodí 58 až 70 půdních sond charakterizujících spektrum vegetačních typů. Jednotlivé vzorky byly odebrány speciálně upraveným rýčem do hloubky minimálně 40 cm (pro dosažení horizontu C). Celá sonda pak byla rozdělena podle struktury, barvy, množství humusu apod. na tři profily: A – svrchní (humusový), B – střední (obecný popis pro profil mezi A a C), C – spodní (půdotvorný substrát). Takto bylo získáno více než 500 vzorků půdy, které obsahovaly veškerou organickou hmotu včetně nerozložených částí (kořínky atp.). Současně byly odebrány vzorky pro stanovení objemové hmotnosti půdy Kopeckého válečky.

Organické látky byly stanoveny spálením 5 g zhomogenizovaného vzorku při 550°C po dobu 5 hodin (HORÁČEK & al. 1994). Vodní výluhy půdních vzorků pro chemická stanovení byly připraveny v poměru 1:2 (10 g navážky + 20 ml destilované vody), následně pět minut protřepávány a zfiltrány (LUDWIG & al. 1999).

V průběhu sezóny 1997 byly odebrány orientační vzorky vody, od roku 1998 pak byly prováděny pravidelné odběry a měření průtoků na závěrných profilech modelových povodí

(ve 14ti denních intervalech). Průtok byl měřen na závěrných profilech metodou stanovení na bázi povrchové rychlosti (MATTAS 1998). Přímou v terénu byla měřena aktuální teplota a vodivost (konduktivita) vody přístrojem Multiline P4 (WTW Germany).

V průběhu června 1999 byly instalovány na každém povodí automatické měřicí stanice, které průběžně registrují výšku hladiny (tlakovým čidlem), vodivost a teplotu odtékající vody. Současně byly profily osazeny vodočetnými latěmi, které slouží pro kontrolu a kalibraci zaznamenaných hodnot.

V analyzovaných vzorcích vody a půdních výluhů bylo měřeno pH a stanovena alkalita potenciometrickou titrací s 0.1 M HCl. Vzorky pro stanovení hlavních iontů a sloučenin N a P byly filtrovány přes skleněný filtr Whatman GF/C. Koncentrace amoniakálního N ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), metodou plynové difúze (KARLBERG & TWENGSTRÖM 1983), dusitanového N ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), reakcí dusitanu s sulfanilamidem a *N*-(1-naftyl)-ethylendiaminem, dusičnanového N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), jako dusitanu po redukci na Cd-Cu sloupci, rozpuštěného reaktivního fosforu ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), reakcí s molybdenanem, chloridů ( $\text{Cl}^-$ ), reakcí chloridů s thiokyanidem rtuťnatým a síranů ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), reakcí síranů s bariem z methylthymolového komplexu byly stanoveny metodou průtokové injekční analýzy na přístroji Tecator FIA-Star (PARSONS & al. 1984, TECATOR 1983, 1984). Kationty Ca, Mg, K, Na, a kovy: Fe, Zn, Mn, Al byly stanoveny metodou AAS na přístroji Varian SpectrAA-640. Na základě pravidelných měření a odběrů, a jejich chemických analýz, byly vypočteny přibližné celkové ztráty látek vyplavováním z povodí za rok 1998.

Statistická zhodnocení získaných dat byla provedena programem Statistica (Statsoft, Inc., Tulsa) za použití popisných statistik (Descriptive statistics) a následně jednocestné analýzy rozptylu (One-way ANOVA). Pro zamítnutí resp. potvrzení vzájemných rozdílů mezi jednotlivými povodími u každého vybraného parametru byl použit „Tukey“ test (Tukey honest significant difference test).

Na výpočet roční srážkoodtokové bilance pro rok 1998 byla pro všechna povodí využita data o denních úhrnech srážek ze srážkoměrné stanice (ČHMÚ) Svatý Tomáš (povodí Horského potoka) a data o průtocích z našich pravidelných měření.

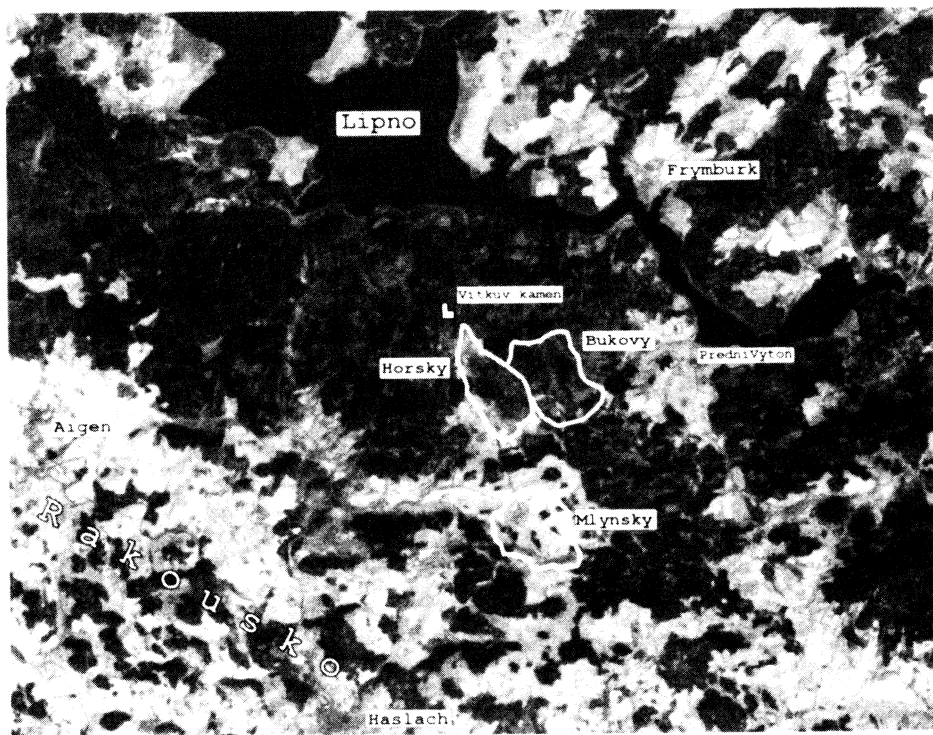
Měření teplotních průběhů probíhala jednorázově, zpravidla za jasných slunečních dnů, kdy se nejlépe projeví rozdíly v distribuci sluneční energie (distribuci tepla) v různě obhospodařované krajině. V každém povodí bylo vzhledem k jejich plošnému zastoupení vybráno několik stanovišť (5 až 6), která svými vlastnostmi dostatečně reprezentují sledovaná povodí. Teploty byly měřeny klasickými staničními teploměry v různých výškách: nad porostem, na povrchu porostu, na povrchu půdy a v půdě. Odečítání probíhalo v hodinových intervalech po dobu 24 hodin. Z rozdílů minimálních a maximálních teplot byly pak vypočítány denní amplitudy teplot pro jednotlivá stanoviště a vzhledem k plošnému zastoupení měřených stanovišť jako vážený průměr i pro celá povodí. Denní amplituda teplot (diurnální kolísání teplot během dne) v různých porostových typech byla základem pro stanovení průměrného kolísání teplot v celém povodí.

Družicové snímky (Landsat 5 TM) byly využity pro hodnocení stavu krajinného pokryvu. Pro rozlišení stavu vegetačního krytu a k hodnocení vlhkostních poměrů v krajině byly použity data z 5. pásma (1,55–1,75  $\mu\text{m}$ , střední infračervené), pro vyjádření teplotních poměrů data z 6. pásma (10,4–12,5  $\mu\text{m}$ , dlouhovlnné infračervené) (DOBROVOLNÝ 1998). Do hodnocení dat z družice Landsat 5 TM byla zahrnuta jihovýchodní polovina Lipenského pravobřeží a současně jeho část, která spadá do povodí Dunaje a je charakteristická svým specifickým hospodařením a krajinnou strukturou na ploše 50  $\text{km}^2$ . Samotná povodí byla porovnána mezi sebou vizuálně a pomocí radiometrických hodnot a jejich histogramů. Současně byla povodí porovnána i s celkovým územím jihovýchodní části Lipenského pravobřeží a částí v povodí Dunaje. Pro analýzu histogramů byla využita data ze tří termínů (11. 7. 1987, 23. 10. 1991, 10. 7. 1995).

## Charakteristika oblastí

Sledovaná povodí Mlýnského, Horského a Bukového potoka se nacházejí v oblasti Svatotomášské hornatiny a náleží k povodí Dunaje (Obr. 1), mají srovnatelnou plochu, nadmořskou výšku i prostorovou orientaci. Využití a způsoby hospodaření se však v jednotlivých povodích významně liší (Tab. 1). Povodí Mlýnského potoka bylo v minulosti systematicky odvodněno, potok napřímen, zahlouben a vydlážděn (PROCHÁZKA & al. 1999), 70% plochy povodí pokrývají polointenzivně obhospodařované louky a pastviny. Povodí Bukového potoka pokrývá z 95% sekundární les s převahou smrku. Plochy v povodí Horského potoka jsou pokryty převážně lesem (71%), neobhospodařovanými plochami bezlesí (16,2%) a z části kosenými loukami (9,6%).

Lipenské pravobřeží bylo osídlováno od 13. století. Vytvořila se postupně sídelní struktura založená na extenzivním využívání celého území. Poválečný odsun obyvatel německé národnosti, vybudování „železné opony“ a přehradní nádrže Lipno oddělující tuto oblast od vnitrozemí byly příčinou zániku většiny sídel. Výrazně tak poklesla hustota obyvatelstva z původních 40 na 2–3 obyvatele na km<sup>2</sup> (Obr. 2). Po dobu půl století zde probíhal specifický způsob hospodaření daný režimem hraničního pásma a odlišný od okolního území. Na většině



© ESA (1999), distrib. EURIMAG (1)

**Obr. 1** – Širší okolí sledovaného území na lipenském pravobřeží (Landsat 7 ETM+, 15. 9. 1999, RGB syntéza pásem 4–5–3 v černobílém provedení).

**Fig. 1** – The environs of Lipno water reservoir right shores study areas (Landsat 7 ETM+, 15 September 1999, gray-tone representation of the RGB composite of bands 4–5–3).

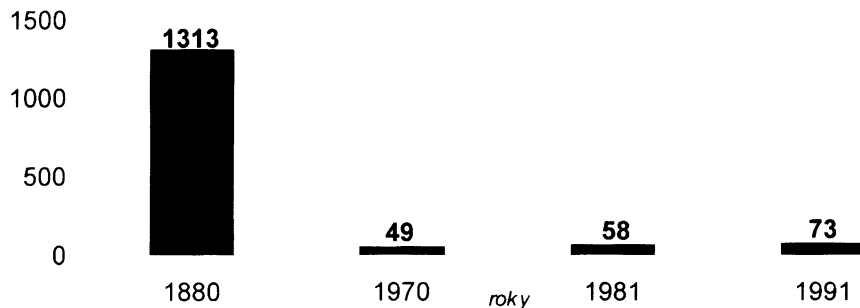
**Tabulka 1.** – Základní charakteristika sledovaných povodí.  
**Table 1.** – The basic characteristics of the studied catchments.

	Mlýnský potok	Horský potok	Bukový potok
Plocha povodí (ha)	214,7	201,7	264,4
Poměr les:bezlesí	1:10	1:0,36	1:0,05
Nadm. výška (m n.m.)	784–884	826–1026	805–1026
Převažující orientace	JZ, SV	J–JZ, SV–V	JV–V, JZ
Způsob hospodaření na bezlesí	Polointenzivní pastviny, sečené louky (195,6 ha)	Extenzivní sečené a neobhospod. plochy (56,4 ha)	Extenzivní sečené a neobhospod. plochy (12,8 ha)

**Tabulka 2.** – Procentické zastoupení a výměra porostových typů v jednotlivých povodích.  
**Table 2.** – The percentage and areas of stand types in individual catchments.

	Mlýnský		Horský		Bukový	
	ha	%	ha	%	ha	%
Obhospodařované louky	72,6	33,8	18,1	9,0	4,8	1,8
Pastviny	79,2	36,9	1,3	0,6	0,0	0,0
Mezofilní lada	22,1	10,3	9,5	4,7	0,5	0,2
Ruderální porosty	12,7	5,9	3,7	1,8	1,3	0,5
Krátkostébelné květnaté louky	0,0	0,0	0,9	0,4	0,6	0,2
Keříčková společenstva	0,0	0,0	2,1	1,0	0,3	0,1
Společenstva svazu <i>Calthion</i>	4,6	2,1	10,1	5,0	0,6	0,2
Porosty s dominující <i>Carex brizoides</i>	3,7	1,7	2,9	1,4	0,9	0,3
Porosty s dominující <i>Molinia caerulea</i>	0,0	0,0	3,7	1,8	0,8	0,3
Krátkostébelné ostřicové porosty	0,2	0,1	2,1	1,0	3,0	1,1
Zástavba	0,5	0,2	2,0	1,0	0,0	0,0
Les (0–20 let)	4,7	2,2	20,4	10,1	79,8	30,2
Les (21–50 let)	5,5	2,6	63,0	31,2	86,2	32,6
Les (51–80 let)	3,6	1,7	26,0	12,9	25,6	9,7
Les (81–110 let)	5,3	2,5	21,6	10,7	53,0	20,0
Les (111 a více let)	0,0	0,0	14,3	7,1	7,0	2,6
Povodí celkem	214,7	100,0	201,7	100,0	264,4	100,0

počet obyvatel



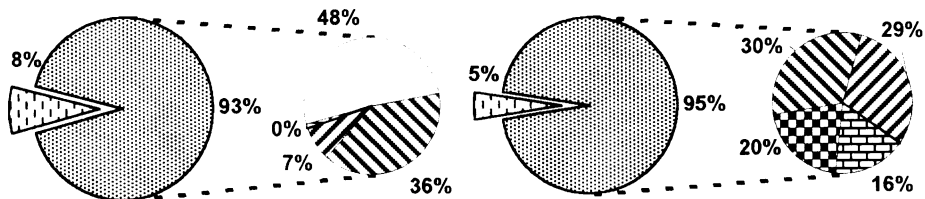
**Obr. 2** – Vývoj počtu obyvatel v dotčené oblasti.

**Fig. 2.** – The development of Lipno right-shore settlement from 1880 to 1991.

## MLÝNSKÝ

1950

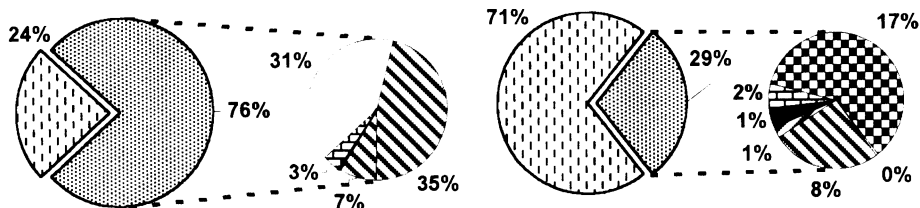
1999



## HORSKÝ

1950

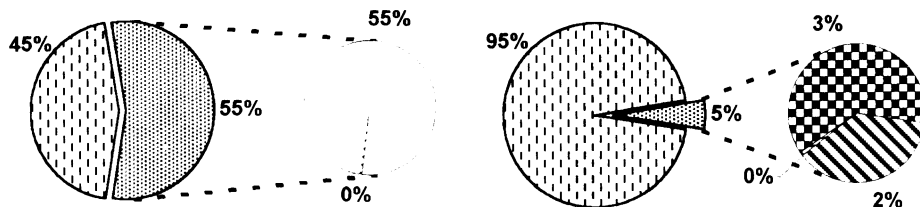
1999



## BUKOVÝ

1950

1999



□ lesní plochy

□ orná půda

▣ pastviny

▣ ostatní plochy

▣ bezlesí

▣ louky

▣ zástavba

▣ neobhospodařovaná půda

Obr. 3 – Porovnání způsobu hospodaření v povodích v letech 1950 a 1999.

Fig. 3. – Comparison of management practice in the catchments in 1950 and 1999.

dříve zemědělsky obhospodařovaných ploch povodí Horského a Bukovského potoka došlo k postupnému zalesnění převážně smrkem, v povodí Horského potoka byla navíc podstatná část území ponechána přirozené sukcesi. Pouze povodí Mlýnského potoka si dochovalo charakter zemědělsky využívaného území. Převažující pastevní hospodaření bylo provázeno systematickým odvodněním většiny bezlesích ploch (Obr. 3).

## Vegetace

Stav vegetace v jednotlivých povodích je zachycen v Tab. 2. Povodí se od sebe výrazně liší nejen procentickým zastoupením lesních porostů a bezlesí, ale i jejich strukturou.

Obhospodařované, tzn. kosené a pasené plochy, tvoří největší podíl v povodí Mlýnského potoka (151,8 ha), nejmenší pak v povodí potoka Bukového (4,8 ha). Druhové složení většiny luk na všech povodích je nepříznivě ovlivněno hospodařením v minulosti, a to hnojením a patrně i dosevy. Počet druhů je redukován, z trav převládá *Dactylis glomerata* a *Phleum pratense*, někde i *Agrostis capillaris*, z dvouděložných pak *Taraxacum* sekc. *Ruderalia*, *Trifolium repens*, *Heracleum sphondylium*, *Galium album*, *Hypericum maculatum* a další. Louky jsou většinou jednosečné, většina luk v povodí Mlýnského potoka je na podzim ještě přepásána. V povodí Horského potoka jsou i druhově bohatší louky, které již lze přiřadit svazu *Arrhenatherion*.

Pastvinám dominuje *Agrostis capillaris*, *Festuca pratensis* a *Poa pratensis*, dále *Trifolium repens* a *Hypericum maculatum*. Větší zatížení některých pastvin, cca 0,7 VDJ.ha<sup>-1</sup> (ústní sdělení p. Trojana, VDJ, tj. velká dobytčí jednotka), se projevuje zvýšeným výskytem druhu *Rumex obtusifolius*.

Mezofilní neobhospodařované louky jsou zastoupeny v povodí Mlýnského a Horského potoka 10,3%, resp. 4,7% plochy povodí. Jsou většinou druhově bohaté s množstvím dvouděložných bylin (30–40 druhů ve snímku). Část těchto luk je poznamenána delším neobhospodařením. Dochází v nich k degradaci a ochuzení druhové skladby vlivem expanze např. *Holcus mollis* a *Hypericum maculatum*, začínají převládat kompetičně silné druhy trav (*Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratensis* aj.), drobné druhy ustupují. Tato lada patří převážně do svazu *Arrhenatherion* (povodí Mlýnského potoka a částečně povodí Horského potoka) a do svazu *Polygono-Trisetion* (část povodí Horského potoka).

V povodí Horského potoka se nacházejí krátkostébelné květnaté porosty na xerofytních terasách (sv. *Violion caninae*). V povodí Bukového potoka najdeme toto společenstvo v lesních lemech, v povodí Mlýnského potoka je jeho rozloha zanedbatelná. Keříčková společenstva (sv. *Genistion*) se vyskytují pouze v povodí Horského potoka. Krátkostébelné květnaté porosty a keříčková společenstva nemají příliš velkou rozlohu, nicméně výrazně zvyšují druhovou diverzitu v povodích.

Povodí Horského potoka se odlišuje také větším podílem stanovišť s vyšší hladinou podzemní vody. Společenstva svazu *Calthion* zaujímají 10,1 ha bezlesí v povodí (ve srovnání se 4,6 ha v povodí Mlýnského a 0,6 ha v povodí Bukového potoka). Tyto porosty se vyskytují především v pramenných oblastech kde dominuje *Scirpus sylvaticus*, dále se druhově bohatší porosty vytvářejí kolem toku a přítoků. Ve spodní části nivy Horského potoka se podstatná část druhově bohatých porostů podsv. *Calthion* přetváří v chudší porosty s dominující *Filipendula ulmaria* a *Lysimachia vulgaris* z podsv. *Filipendulenion*. *Calthion*ová společenstva v povodí Mlýnského potoka jsou dosti degradovaná a druhově chudá, často převládá *Deschampsia cespitosa* a *Juncus effusus*. Složení těchto porostů je ovlivněno kolísáním vodní hladiny v odvodněné nivě.

Na všech třech povodích se vyskytují plochy s dominující *Carex brizoides*. Tyto porosty vznikají degradací společenstev svazu *Calthion*. Doprovodnými druhy s minimální pokryvností jsou nejčastěji *Holcus mollis*, *Equisetum sylvaticum*, *Polygonum bistorta*, *Scirpus sylvaticus* a *Caltha palustris*.

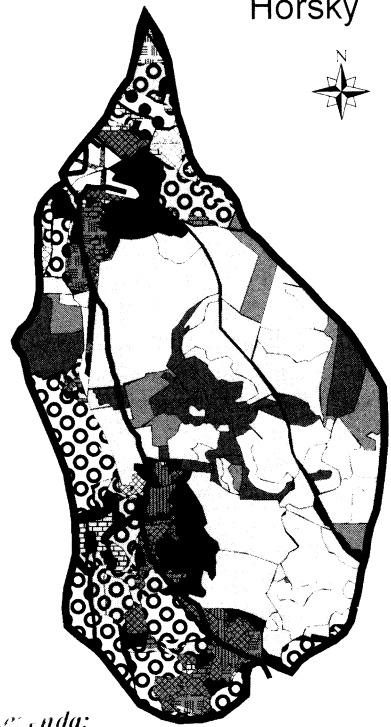
Porosty s dominující *Molinia caerulea* v povodí Horského a Bukového potoka se nacházejí v místech se značně rozkolísaným vodním režimem. Jsou většinou druhově chudé, doprovodnými druhy jsou např. *Succisa pratensis*, *Potentilla erecta*, *Arnica montana*, v degradovaných porostech také *Carex brizoides*.



Mlýnský



Horský



Bukový

*Legenda:*

- Obhospodařované louky
- Pastviny
- Mezofilní lada
- Krátkostébelné květnaté louky
- Keříčková společenstva
- Ruderní porosty
- Krátkostébelné ošticové porosty
- Porosty sv. *Calthion*
- Porosty s dominující *Molinia caerulea*
- Porosty s dominující *Carex brizoides*
- Zastavěné plochy
- Smrkové lesní porosty (0-20 let)
- Smrkové lesní porosty (21-50 let)
- Smrkové lesní porosty (51-80 let)
- Smrkové lesní porosty (81 a více let)
- Smišené lesní porosty

500 m

Obr. 4 – Vegetační mapy sledovaných povodí  
 Fig. 4 – Maps of vegetation distribution in the catchments

V povodí Horského a Bukového potoka se dále nacházejí krátkostébelné ostržicové porosty s bohatým mechovým patrem (rod *Sphagnum*). Bylinné patro je tvořeno převážně *Carex nigra*, *C. panicea*, *C. rostrata* a *C. echinata*, dále *Eriophorum angustifolium* a *E. vaginatum*, *Equisetum fluviatile* a *Menyanthes trifoliata*, častá je *Drosera rotundifolia*. V povodí Horského potoka je bohaté zastoupení vstavačovitých – *Dactylorhiza majalis*, *D. longibracteata* a *Platanthera bifolia*.

Sledovaná povodí se výrazně liší plošným zastoupením lesních porostů, od téměř lesního povodí Bukového potoka (95%), přes povodí Horského potoka (71%) až po téměř bezlesé povodí Mlýnského potoka (5%).

Druhovou skladbu lesů tvoří převážně smrkové monokultury různého stáří, převládá věková kategorie 30–80 let. Kultury jsou z lesnického hlediska poměrně mladé. V nejvyšších partiích povodí Horského a Bukového potoka se nachází sporadické porosty s původní druhovou skladbou, tzn. tvořené smrkem, bukem a jedlí (hercynská směs). Část jihozápadních svahů v povodí Bukového potoka (Bukový vrch) je porostlá mladými bučinami.

V celém sledovaném území najdeme převážně kultury s téměř 100% zastoupením smrku. V povodí Bukového potoka zabírá 100% smrčina 53 ha, smrčina s více než 70% zastoupením plyných 191 ha, ostatní plochy jsou smíšené a pokrývají asi 10 ha. V povodí Horského potoka tvoří největší část plochy 100% smrčina (52 ha), více než 70% smrčina zabírá 48 ha a smíšené lesy asi 18 ha. V povodí Mlýnského potoka je 9 ha zalesněno 100% smrkem, zbylé 2 ha tvoří smíšené porosty (Obr. 4).

Obecně mají všechny lesní areály na sledovaných povodích vysoký stupeň zakmenění, na mnoha místech probíhá probírka, intenzivní výchova nebo těžba.

Bylinný podrost je u většiny lesních porostů tvořen převážně druhy *Avenella flexuosa*, *Vaccinium myrtillus* a *Dryopteris filix-mas* s pokryvností od 0–80%. Větší pokryvnost i pestřejší druhové složení je většinou u smíšených lesů, u smrkových monokultur je i bylinné patro druhově i plošným rozsahem chudší. Bohatší jsou rovněž věkově starší porosty. Ojedinele jsou

**Tabulka 3.** – Celková nadzemní biomasa a roční přírůstky nadzemní biomasy v čerstvé hmotě v  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  v jednotlivých porostových typech.

**Table 3.** – Fresh plant biomass and annual increments ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) in main stand types.

Porostové typy (čerstvá biomasa)	Celková biomasa $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	Přírůstky biomasy $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
Les (111 a více let)	68,00	0,20
Les (81–110 let)	49,00	0,40
Les (51–80 let)	33,00	0,70
Les (21–50 let)	18,00	1,00
Krátkostébelné ostržicové porosty	8,59	3,18
Les (0–20 let)	6,00	0,90
Porosty svazu <i>Calthion</i>	3,07	2,44
Ruderální porosty	2,42	2,42
Mezofilní lada	1,96	1,96
Keříčková společenstva	1,50	0,59
Pastviny	1,48	1,48
Obhospodařované louky	1,15	1,15
Porosty s <i>Molinia caerulea</i>	0,99	0,99
Porosty s <i>Carex brizoides</i>	0,83	0,83
Krátkostébelné květnaté louky	0,76	0,76

zaznamenány i významné druhy rostlin jako např. *Soldanella montana*, *Epipactis helleborine*, *Huperzia selago*.

## Produkce a energie vázaná v biomase

Celkové množství čerstvé nadzemní biomasy a roční přírůstky biomasy v základních porostových typech jsou uvedeny v Tab. 3. U krátkostébelných ostřicových porostů a společenstev svazu *Calthion* je započteno i mechové patro (viz metodika). Prostorovou distribuci nadzemní biomasy v jednotlivých povodích znázorňují mapy (Obr. 5).

Z množství celkové nadzemní biomasy (resp. ročních přírůstků nadzemní biomasy) a výměry jednotlivých porostových typů (Tab. 2 a Tab. 3) bylo vypočteno průměrné množství nadzemní biomasy (resp. roční přírůstek nadzemní biomasy) na 1 m<sup>2</sup> v jednotlivých povodích. Z výsledků je patrné, že celková biomasa v povodí Mlýnského potoka je 5 krát menší než v povodí Bukového, resp. Horského potoka. Na druhou stranu roční průměrné přírůstky nadzemní biomasy jsou největší v povodí Mlýnského potoka (1,4 kg.m<sup>-2</sup>) ve srovnání s dalšími dvěma (1,0 kg.m<sup>-2</sup> a 0,8 kg.m<sup>-2</sup>) (Tab. 4).

**Tabulka 4.** – Celková nadzemní biomasa a roční přírůstky nadzemní biomasy v čerstvé hmotě v jednotlivých povodích.

**Table 4.** – Total amount of aboveground fresh biomass and annual increments of aboveground fresh biomass in the catchments.

	Celková nadzemní biomasa	Roční přírůstky nadz. biomasy
	kg.m <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-2</sup>
Mlýnský	3,7	1,4
Horský	21,1	1,0
Bukový	22,6	0,8

**Tabulka 5.** – Celkové přírůstky nadzemní biomasy v sušině, sluneční energie vázaná v biomase a procentické využití celkové dopadající sluneční energie v typických porostech v povodích.

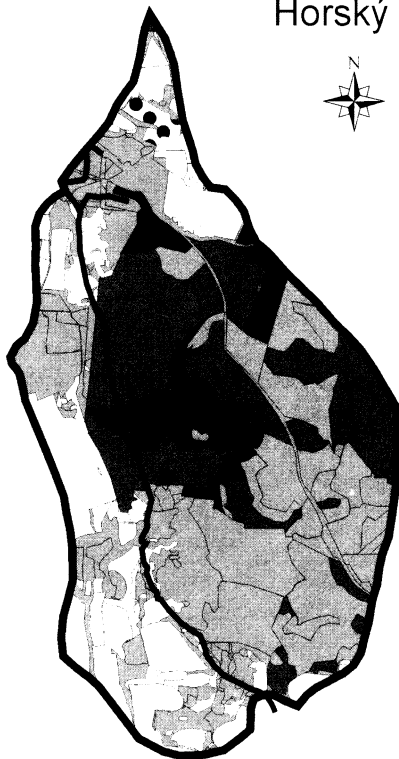
**Table 5.** – Aboveground annual production of biomass (expressed in dry mass per m<sup>2</sup>), energy content in biomass and efficiency of the solar energy conversion in biomass via photosynthesis in main plant stands.

Porostové typy	Přírůstky (sušina)	Energie	Energie	Využití dopadající sluneční energie
	kg.m <sup>-2</sup>	MJ.kg <sup>-1</sup>	kWh.m <sup>-2</sup>	%
Ruderální porosty	0,81	14,18	3,19	0,27
Les (21–50 let)	0,60	20,00	3,33	0,28
Porosty svazu <i>Calthion</i>	0,59	14,32	2,35	0,20
Mezofilní lada	0,54	13,85	2,08	0,17
Les (0–20 let)	0,50	20,00	2,78	0,23
Obhospodařované louky	0,49	14,32	1,95	0,16
Pastviny	0,47	13,57	1,77	0,15
Porosty s dominující <i>Carex brizoides</i>	0,46	14,78	1,89	0,16
Krátkostébelné ostřicové porosty	0,40	14,12	1,57	0,13
Les (51–80 let)	0,40	20,00	2,22	0,19
Porosty s dominující <i>Molinia caerulea</i>	0,38	14,22	1,50	0,13
Keříčková společenstva	0,24	15,31	1,02	0,09
Les (81–110 let)	0,20	20,00	1,11	0,09
Les (111 let a více)	0,10	20,00	0,56	0,05

Mlýnský



Horský





Bukový


Legenda:


0 - 1 kg.m<sup>-2</sup>

1 - 2 kg.m<sup>-2</sup>

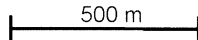
 2 - 20 kg.m<sup>-2</sup>

 20 - 50 kg.m<sup>-2</sup>

 50 a více kg.m<sup>-2</sup>

 Zastavěná plocha

500 m



Obr. 5 – Mapy rozložení čerstvé nadzemní biomasy v povodích.

Fig. 5 – Maps of fresh plant aboveground biomass distribution in the catchments.

**Tabulka 6.** – Celkové množství vázané sluneční energie v ročních přírůstcích nadzemní biomasy v jednotlivých povodích.

**Table 6.** – Total energy content in aboveground dry biomass (annual production) in the catchments.

	Mlýnský	Horský	Bukový
kWh.m <sup>-2</sup>	1,97	1,96	1,99

V Tab. 5 jsou uvedeny roční přírůstky sušiny jednotlivých porostových typů nadzemní biomasy v kg.m<sup>-2</sup>, množství sluneční energie vázané v nadzemní biomase v MJ.kg<sup>-1</sup> a její přepočít na kWh.m<sup>-2</sup> a dále procentické využití celkové sluneční energie na tvorbu biomasy.

Získané výsledky ukazují, že množství sluneční energie vázané v nadzemní biomase se pohybuje od 0,56–3,33 kWh.m<sup>-2</sup>, což je od 0,05–0,28% z celkové dopadající sluneční energie.

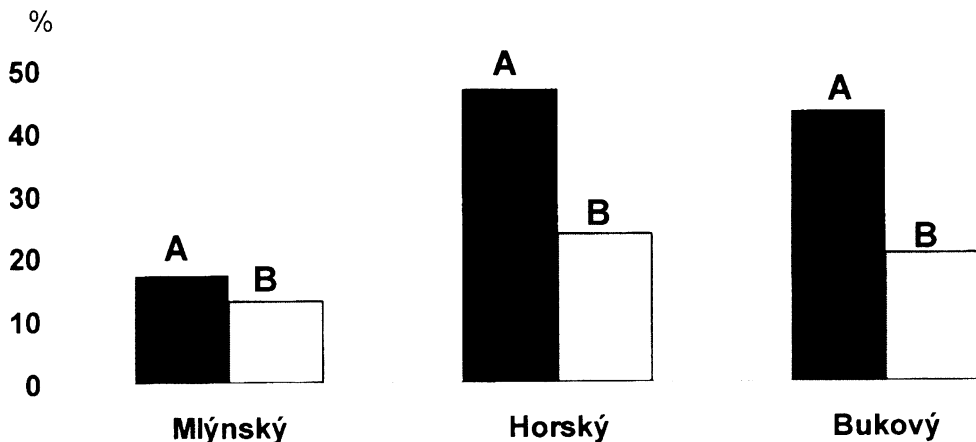
V Tab. 6 je uvedeno průměrné množství vázané sluneční energie v nadzemní biomase na 1 m<sup>2</sup> v jednotlivých povodích. Mezi povodími nejsou rozdíly, nadzemní biomasa v průměru naváže stejné množství sluneční energie bez ohledu na její strukturu.

### Pedochemické charakteristiky

Výsledky stanovení obsahu organických látek v půdě jednotlivých povodí jsou znázorněny na Obr. 6. Průměrné hodnoty podílu organických látek v horizontech A i B v povodí Horského a Bukového potoka byly statisticky významně vyšší než hodnoty z povodí Mlýnského potoka ( $p < 0.001$ ).

V Tab. 7 jsou uvedené průměrné koncentrace hlavních iontů stanovené ve vodním výluhu z půdních vzorků a výsledky statistického testování (ANOVA jednoduché třídění).

Zjištěné koncentrace extrahovaných kationtů z půd povodí Mlýnského potoka jsou signifikantně nižší, než koncentrace získané ze vzorků z povodí Bukového a Horského potoka. Statisticky významné rozdíly v koncentracích extrahovaných aniontů nebyly zjištěny, s výjimkou dusičnanů. Jejich koncentrace byla významně vyšší ve vzorcích z povodí Mlýnského potoka.



**Obr. 6** – Průměrné zastoupení organických látek v půdě (% v sušině) jednotlivých povodí (horizonty A, B).

**Fig. 6** – Average amount of organic matter in soil (% in dry matter) in the catchments (soil horizons A, B).

### Množství a kvalita odtékající vody, srážkoodtoková bilance

Průměrné průtoky na srovnávaných tocích jsou poměrně vyrovnané, nejvodnatější je povodí Mlýnského potoka (30 l.s<sup>-1</sup>), nejméně pak povodí Bukového (20 l.s<sup>-1</sup>). Minimální naměřené

**Tabulka 7.** – Statistické vyhodnocení obsahu vodou extrahovatelných látek ve svrchním horizontu v jednotlivých povodích (mg.l<sup>-1</sup>).

**Table 7.** – Statistical evaluation of concentrations of ions extracted from top horizons and pH in studied catchments (mg.l<sup>-1</sup>).

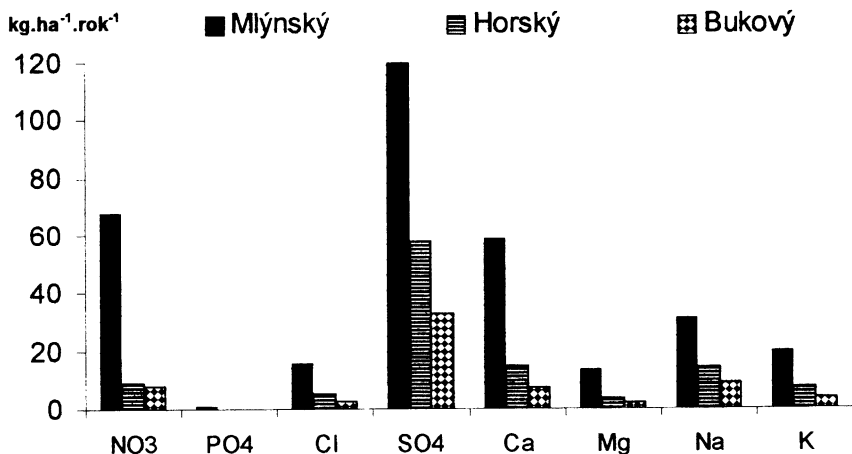
	Mlýnský				Horský				Bukový				p level
	x	±SD	n		x	±SD	n		x	±SD	n		
pH	4,69	0,90	15	b	4,44	0,88	67	a	4,10	0,73	54	a	0,001
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,94	3,02	24	b	1,06	1,58	65	a	1,07	1,41	58	a	<0,001
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,79	1,02	25	a	1,52	1,63	68	a	1,14	1,59	61	a	0,096
Cl <sup>-</sup>	8,91	6,26	25	a	19,20	27,8	68	a	13,77	11,34	61	a	0,067
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	51,00	29,80	25	a	102,3	142,3	68	a	81,63	24,88	61	a	0,071
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	4,56	4,23	25	b	9,95	9,55	68	a	9,41	7,38	61	a	0,014
Ca <sup>2+</sup>	5,57	4,90	25	abc	7,87	9,31	68	bc	4,10	6,02	61	ab	0,019
Mg <sup>2+</sup>	1,29	0,84	25	ab	2,39	3,31	68	bc	1,47	0,80	61	abc	0,033
Na <sup>+</sup>	3,27	1,29	25	b	2,06	1,56	68	a	1,87	1,09	61	a	<0,001
K <sup>+</sup>	2,14	3,04	25	b	9,41	10,42	68	a	6,91	6,91	61	a	0,001
Al <sup>3+</sup>	0,76	0,73	24	b	2,66	3,63	68	a	2,70	2,13	61	a	0,013

x – průměr, SD – směrodatná odchylka, n – počet vzorků, rozdílná písmena značí signifikantní rozdíly  
 x – mean, SD – standard deviation, n – number of samples, values followed by different letters indicate significant differences

**Tabulka 8.** – Minimální, maximální a průměrné naměřené průtoky (l.s<sup>-1</sup>).

**Table 8.** – Minimum, maximum and average of measured waterflow (l.s<sup>-1</sup>).

	Mlýnský	Horský	Bukový
Průměr	31,4	23,8	19,3
Minimum	18,2	7,9	9,3
Maximum	301	203	115



**Obr. 7** – Odhad odnosu látek ze sledovaných povodí.

**Fig. 7** – Estimation of matter losses from the studied catchments.

**Tabulka 9.** – Statistické vyhodnocení vodivosti ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) a koncentrace iontů ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) v odtékajících vodách v jednotlivých povodích.

**Table 9.** – Statistical evaluation of conductivity ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) and concentrations of ions ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) in discharged water from studied catchments.

	Mlýnský				Horský				Bukový				p level
	x	± SD	n		x	± SD	n		x	± SD	n		
vodivost	101,2	17,7	42	b	45,0	5,3	43	a	35,7	3,7	42	a	<0,001
$\text{HCO}_3^-$	36,5	11,9	31	b	18,4	8,1	31	a	15,3	8,9	31	a	<0,001
$\text{NO}_3^-$	6,8	4,4	44	b	3,4	3,6	44	a	3,5	4,7	43	a	<0,001
$\text{PO}_4^{3-}$	0,10	0,2	44	a	0,06	0,1	44	a	0,05	0,1	43	a	0,060
Cl <sup>-</sup>	1,8	1,3	44	b	1,2	0,7	44	a	1,2	0,7	43	a	0,003
$\text{SO}_4^{2-}$	4,4	6,7	39	b	1,2	3,3	30	a	1,2	8,9	37	a	0,004
$\text{Ca}^{2+}$	8,6	6,6	39	b	4,1	2,5	39	a	4,2	3,1	33	a	<0,001
$\text{Mg}^{2+}$	1,6	0,7	39	b	1,1	0,5	39	a	1,0	0,4	33	a	<0,001
$\text{Na}^+$	3,9	1,2	39	a	3,4	0,9	39	a	3,5	1,2	33	a	0,109
$\text{K}^+$	1,5	0,7	39	a	1,5	0,9	39	a	1,5	1,8	33	a	0,989

x – průměr, SD – směrodatná odchylka, n – počet vzorků, rozdílná písmena značí signifikantní rozdíly  
 x – mean, SD – standard deviation, n – number of sampling dates, values followed by different letters indicate significant differences

průtoky jsou uvedeny v Tab. 8 a budou zřejmě odpovídat  $Q_{365}$ . Nejvyšší maximum bylo naměřeno na Mlýnském potoce, zároveň i v průměru odtéká z povodí Mlýnského potoka nejvíce vody.

V Tab. 9 jsou uvedeny základní statistické charakteristiky souborů dat z chemických analýz odtékajících vod ze sledovaných povodí. Povodí Mlýnského potoka se ve většině parametrů výrazně liší od ostatních povodí.

Celkový obsah rozpuštěných látek vyjádřený jako vodivost, stejně jako průměrné koncentrace hydrogenuhličitanů, dusičnanů, vápníku, hořčíku, síranů a chloridů byly statisticky významně vyšší ve vodě Mlýnského potoka než ve vodách Horského a Bukového potoka.

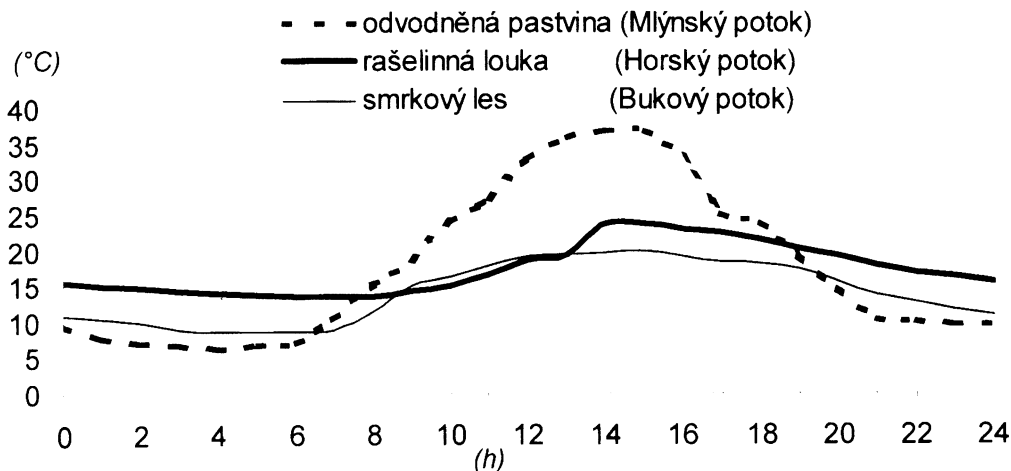
Obr. 7 ukazuje celkové roční ztráty látek odtokem z jednotlivých povodí. Nejvyšší hodnoty u všech parametrů byly zaznamenány v povodí Mlýnského potoka.

Výsledky hrubé srážkoodtokové bilance pro jednotlivá povodí (Tab. 10) ukazují, že nejvyšší podíl vody je zadržen v povodí Bukového potoka (86%), naopak nejnižší v povodí potoka Mlýnského (61%). Retence vody v povodí prostřednictvím evapotranspirace je často v úzkém hydrologickém pohledu považována za ztrátu vody (CALDER 1990). Ve větším měřítku vysoká evapotranspirace přináší více vody do krátkého vodního cyklu, a tím více vody do krajiny.

**Tabulka 10.** – Hrubá srážko-odtoková bilance povodí (v tisících  $\text{m}^3$  za rok 1998).

**Table 10.** – Approximate rain-outflow balance in catchments (in thousand  $\text{m}^3$  in 1998).

	Množství srážek spadlých do povodí	Množství vody odtékající z povodí	% množství vody zachycené v povodí
Mlýnský	2 033	788	61
Horský	2 010	473	76
Bukový	2 640	378	85



**Obr. 8** – Denní průběhy teplot v porostech typických pro jednotlivá povodí (teplota na povrchu půdy, 13. 8. 1997).

**Fig. 8** – Daily course of temperatures in typical stands of the catchments (temperature on surface of soil, 13 August 1997).

### Teplotní průběhy (tepelná účinnost)

Na Obr. 8 jsou znázorněny denní průběhy teplot na povrchu půdy během letního slunečného dne (13. 8. 1997) ve vybraných charakteristických porostech z každého povodí. Největší rozdíly mezi dnem a nocí byly zaznamenány na odvodněných pastvinách povodí Mlýnského potoka, zatímco poměrně vyrovnané jsou průběhy teplot na rašelinné louce (Horský) a ve smrkovém lese (Bukový).

V jednotlivých povodích byly takto proměřeny teplotní průběhy na všech plošně významných stanovištích (v typech porostů). Zjištěné maximální amplitudy byly formálně váženy podle podílu rozlohy jednotlivých stanovišť a výsledný vážený průměr představuje přibližnou charakteristiku účinnosti tepelné kompenzace jednotlivých povodí.

V Tab. 11 jsou ukázány amplitudy teplot na povrchu půdy a v půdě přepočtené na celá povodí. Výrazně vyšší hodnoty jsou zaznamenány v půdě (3,3 °C) a na povrchu půdy (23,5 °C) na povodí Mlýnského potoka.

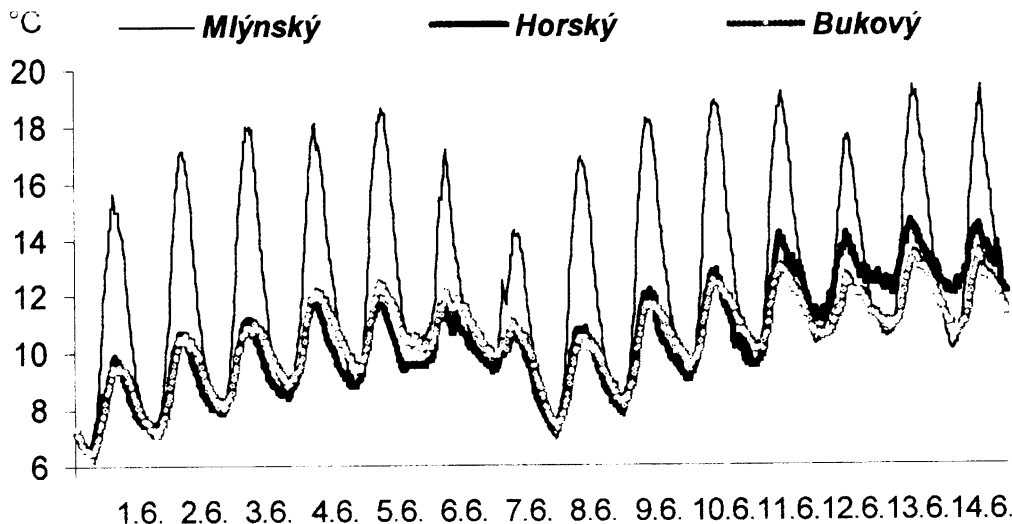
Intenzivnější prohřívání povrchu půdy a celkově vyšší teploty naměřené na Mlýnském povodí ovlivňují teplotní režim vody Mlýnského potoka. Během letních slunečných dnů dochází k výrazným oscilacím v teplotě vody v rozsahu až 10 °C. Teplota vody v potocích s přirozeným korytem a břehovou vegetací (Horský, Bukový) osciluje ve stejném období v rozmezí dvou až čtyř stupňů C (Obr. 9).

**Tabulka 11.** – Amplitudy denních teplot (°C) přepočtené váženým průměrem na celá povodí.

**Table 11.** – Daily amplitude of temperature (°C) calculated as weighted means on all catchments.

(13. 8. 1997)	Mlýnský	Horský	Bukový
na povrchu půdy	23,5	17,2	12,2
v půdě (10 cm)	3,3	1,7	1,3





**Obr. 9** – Denní průběhy teploty vody v jednotlivých povodích (1.–14. 6. 2000)  
**Fig. 9** – Temperature of water in brook gauges (outflow profiles), 1–14 June 2000.

### Hodnocení družicových snímků

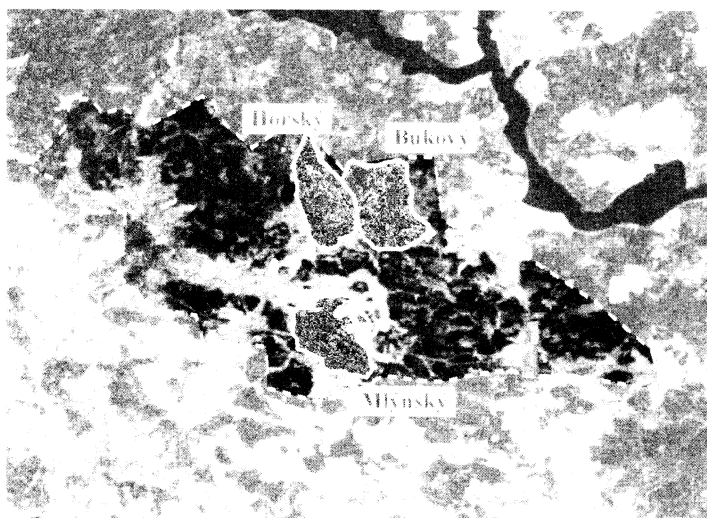
Na základě vyhodnocených dat z 10. 7. 1995 pátého a šestého pásma z družice Landsat 5 TM (přítomné radiometrické hodnoty v uvedených spektrálních kanálech i územní obraz distribuce těchto hodnot) lze říci, že sledovaná povodí se od sebe navzájem liší. Nejvíce povodí Mlýnského potoka výrazným podílem relativně velmi suchých a současně velmi teplých ploch (Obr. 10). Naopak na území povodí Horského a Bukového potoka je vyšší podíl ploch relativně vlhkých a relativně chladných.

Následně byly porovnány histogramy z 5. (vlhkostního) a 6. (teplotního) pásma všech tří zájmových povodí s povodím Dunaje, kterého jsou součástí (Obr. 11). Zatímco povodí

**Tabulka 12.** – Základní statistika radiometrických hodnot obrazu 5. a 6. pásma (Landsat 5 TM).  
**Table 12.** – The basic statistic of image radiometric values of Landsat 5 TM–5 and TM–6 bands.

5. pásmo	Lip. pravobř.	Pov. Dunaje	Mlýnský	Horský	Bukový
průměr	45,8	50,6	83,6	52,3	40,3
min	11	18	23	21	20
max	174	174	174	114	95
median	90	92	93	67	55
rozptyl	499,2	569,5	570,7	417,5	226,5
6. pásmo	Lip. pravobř.	Pov. Dunaje	Mlýnský	Horský	Bukový
průměr	136,3	136,4	141,2	136,3	135,7
min	124	124	136	131	132
max	154	154	154	146	145
median	139	139	145	139	139
rozptyl	10,5	13,3	21,3	4,4	2,8

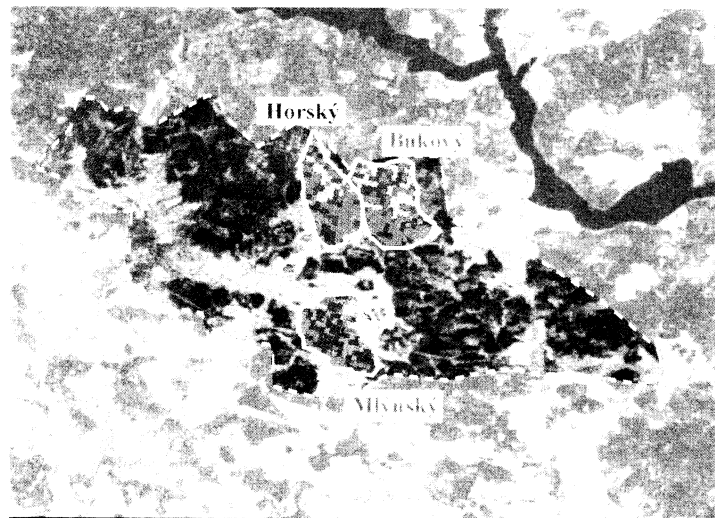
## Landsat 5 TM - 5. pásmo



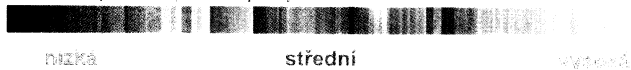
*relativní vlhkost krajinného pokryvu*



## Landsat 5 TM - 6. pásmo



*relativní teplota krajinného pokryvu*

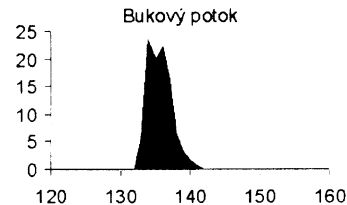
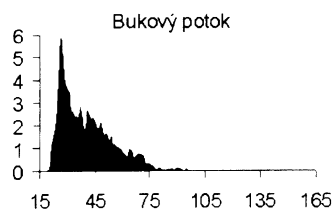
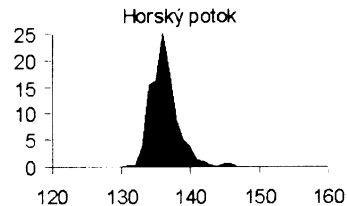
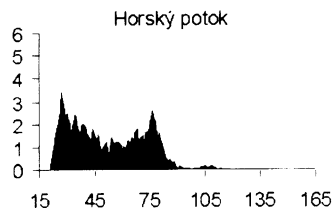
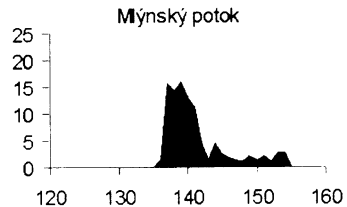
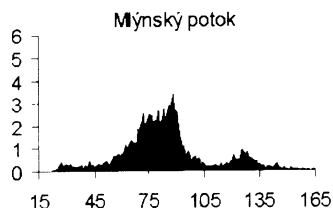
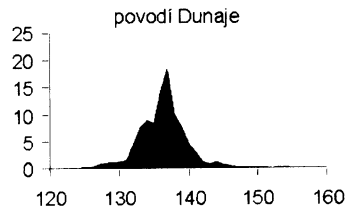
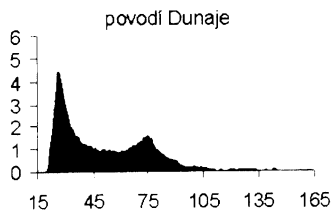
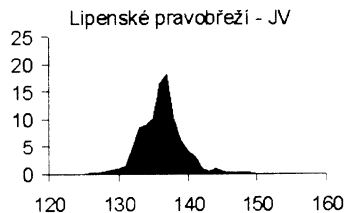
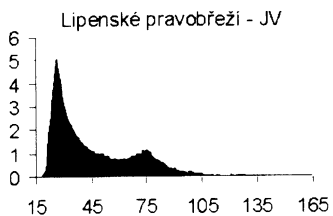


**Obr. 10** – Sledovaná povodí v pásmech TM-5 a TM-6, jako podklad RGB syntéza 4-5-3 pásem – povodí Dunaje na Lipenském pravobřeží. (© ESA (1995), distr. EURIMAGE)

**Fig. 10** – The catchments studied in the TM 5 and TM 6 bands, background: RGB 4-5-3 false colour composite – the Danube basin of the Lipno right-shore territory. (© ESA (1995), distr. EURIMAGE)

## Landsat 5 TM - 5.pásmo

## Landsat 5 TM - 6.pásmo



osa x - radiometrické hodnoty pixelů  
osa y - procenta z celkového počtu pixelů

**Obr. 11** – Srovnání sledovaných povodí a povodí Dunaje na lipenském pravobřeží prostřednictvím histogramů pásem TM-5 a TM-6 družice Landsat 5.

**Fig. 11** – Comparison of study catchments and „Danube part“ of the Lipno right-shore territory through histograms of Landsat 5 TM-5 and TM-6 bands.

Horského a Bukového potoka více či méně koresponduje v obou pásmech s celkovým povodím Dunaje, tak povodí Mlýnského potoka vykazuje zřetelné odlišnosti. Většina hodnot v 5. pásmu u povodí Mlýnského potoka se nachází v rozsahu hodnot, které charakterizují nejsušší plochy v území. Zároveň podstatná část hodnot 6. pásma v povodí Mlýnského potoka náleží do oblasti hodnot indikující nejpřehřívající plochy v území. Tomu odpovídají i hodnoty v Tab. 12, kdy maximální hodnoty (nejteplejší a nejsušší) ze sledované oblasti se vždy vyskytují v povodí Mlýnského potoka. Povodí Horského potoka vykazuje výraznou diverzitu hodnot v této oblasti spektra. Ze sledovaných povodí se nejvíce přibližuje celkovému charakteru lipenského pravobřeží.

## DISKUSE

Holistický přístup k tokům energie, vody a látek v krajině (RiPL 1995) vychází z předpokladu, že ekosystémy a jejich živé složky jsou chápány jako disipativní struktury (PRIGOGINE & STENGERS 1985) charakterizované schopností organizovat se tak, aby využití sluneční energie bylo co nejúčinnější. Ekosystémy jsou v tomto pojetí otevřené systémy udržované v dynamické rovnováze díky trvalému přísunu sluneční energie. Základní a klíčovou vlastností těchto systémů je neustálá přeměna jejich struktury a funkcí směřující k setrvalé existenci optimalizované směrem k uzavřeným cyklům vody, látek a k dokonalé disipaci sluneční energie bez náhlých tepelných ztrát (CAPRA 1996). Rozhodující úlohu v těchto procesech má vegetace. Lze předpokládat, že klimaxové porosty dosahují z hlediska ETR modelu maximálních hodnot chemické účinnosti (RiPL & al. 1996b). Účinnost systému, nebo krajiny definované např. podle povodí, hodnotí RiPL (1995) vztahem

$$E = (P - I) / P,$$

kde: E ... relativní chemická účinnost, která nabývá hodnot  $0 < E < 1$

P ... produkce

I ... ireverzibilní ztráty (např. export produkce, ztráty látek odnosem vodou).

Všechny parametry je třeba vyjádřit jako protonové equivalenty.

V případě přirozených klimaxových ekosystémů, budou hodnoty ireverzibilních ztrát nízké, tj. účinnost krajiny bude vysoká (E se bude blížit hodnotě 1). Systém s takovými vlastnostmi se bude zároveň chovat setrvalým způsobem.

Během řešení praktických úloh managementu krajiny je metodicky velmi obtížné získat veškeré podklady pro vyhodnocení chemické bilance a účinnosti krajiny. Nicméně některé integrální projevy krajinných funkcí lze dobře sledovat a vyhodnotit. Fungující krajina je charakterizována účinnou disipací energie zejména přes výpar vody, metabolické a chemické pochody, což se projevuje vyrovnanými teplotami, rovnoměrným odtokem vody a nízkým množstvím odtékajících látek. Kriteria funkčnosti jsou potom vyrovnané teploty mezi místy i v čase a malé ztráty látek z povodí. S uzavřenými látkovými cykly úzce souvisí akumulace nebo alespoň udržení vysokého obsahu organického uhlíku a dalších látek v půdě.

Složitě klimaxové ekosystémy optimalizují strukturu a funkce v prostoru a čase vůči vnějším podmínkám. Naproti tomu hospodářská aktivita člověka v krajině se řídí aktuálními potřebami společnosti. Během historického vývoje i v současnosti člověk svojí činností přirozené ekosystémy omezuje (lesy a mokřady), nahrazuje je agroekosystémy (pole a louky) a tím snižuje disipativní funkci krajiny. Sluneční energie se potom rychle mění v teplo, vytvářejí se vysoké teplotní rozdíly a vzniklé energetické potenciály se vyrovnávají bouřlivě. Výsledkem mohou být změny v distribuci dešťových srážek, větší rozsah suchých period střídaných intenzivními srážkami způsobujícími záplavy, zejména v krajině s omezenou retencí vody (POKORNÝ 1997).

Rozdíly v disipaci sluneční energie nemusí být v krajině vždy patrné, ale projevují se

v podmínkách maximální radiace. Vliv sezóny a aktuální meteorologické situace na teplotní diferenciaci je dobře dokumentován na příkladu rozdílně obhospodařovaných lučních porostů (KVÍTEK & al. 2000). Nicméně narušení disipační funkce se bude projevovat jako často opakované periody, nebo jen denní epizody zvýšených teplot, které spouštějí kaskádu dalších procesů. Snížení schopnosti vegetačního krytu disipovat sluneční energii přímo souvisí se snížením obsahu vody v krajině. Pokles hladiny podpovrchové vody a snížení vlhkosti půdy prohlubuje neschopnost vegetace vyrovnávat diurnální pulsy energetického příkonu. Jedním z nejvýznamnějších důsledků jsou intenzivní mineralizační procesy, zvýšení odnosu látek z krajiny, zejména bazických kationtů, a snížení obsahu organického uhlíku v půdě. Tyto faktory zpětně negativně působí na vegetaci a tím i na zhoršování funkcí krajiny (RIPL & al. 1996a).

Současný stav vegetačního krytu jednotlivých sledovaných povodí na pravém břehu Lipna se výrazně liší. Lesní porosty, které tvoří 95% a 71% plochy povodí Bukového respektive Horského potoka, jsou druhotné kulturní lesy, které se strukturou značně liší od potenciální přirozené vegetace (NEUHÄUSLOVA 1998). Nicméně z hlediska disipační funkce lze předpokládat, že se do určité míry mohou chovat podobně jako původní les. V povodí Horského potoka se na 30% plochy tvořené bezlesím částečně zachovala luční společenstva typická pro kulturní bezlesí Šumavy (PRACH & al. 1996). Vegetační kryt povodí Mlýnského potoka se v důsledku zemědělského hospodaření a odvodnění systematickou meliorací nejvíce vzdaluje jak přirozenému stavu vegetace, tak i druhotnému bezlesí s hodnotnými lučními společenstvy. Podle družicových snímků je patrné, že schopnost disipovat sluneční energii (tj. zabránit nárůstu teploty) je zřetelně nižší na Mlýnském povodí a dobře koresponduje s nižšími vlhkostními poměry, nižším množstvím rostlinné biomasy i popisem vegetace. Také výsledky měření teplot v charakteristických porostech a extrapolace maximální denní teplotní amplitudy na celá povodí ukazují na vysoký stupeň koincidence těchto parametrů tak, jak předpokládá holistický koncept ETR modelu.

Povodí Mlýnského potoka vykazuje i další předpokládané zhoršení krajinných funkcí, která se projevují nižším podílem vody zadrženém v povodí a horší kvalitou odtékající vody. Vodivost a chemismus vod Horského a Bukového potoka jsou srovnatelné s obdobnými úseky povrchových vod centrální Šumavy (MÁNEK 1998). Naproti tomu koncentrace většiny iontů ve vodě Mlýnského potoka jsou výrazně vyšší a s tím souvisí i velká množství vodou odnášených rozpuštěných látek. Rozdílné chování lesních a nelesních povodí a obecně nižší ztráty látek z lesních povodí jsou obecně předpokládaným výsledkem (MOLDAN & PAČES 1987). Většina autorů dává odnos rozpuštěných iontů zejména z vrcholových oblastí Šumavy do souvislosti s acidifikací srážkami, biologickými i geochemickými procesy v půdě (BUEDERT & KANTOR 1999, KOPÁČEK & al. 2000, MORITZ & BITTERSÖHL 2000). Sledovaná povodí na pravém břehu Lipna mají srovnatelnou expozici vůči srážkám. Výrazně vyšší specifický odnos všech hlavních iontů z povodí Mlýnského potoka je patrné důsledkem odvodnění a způsobu hospodaření. Vyšší teploty na povrchu půdy, periodické vysychání a zaplavování jsou faktory, které urychlují mineralizaci a následně vyplavování iontů. Na Mlýnském povodí se tyto faktory uplatňují více než na srovnávaných lesních povodích. Extenzivní chov skotu na Mlýnském povodí může do určité míry ovlivnit přímo chemismus povrchových vod a zkusit tak srovnání s ostatními sledovanými lokalitami. Zvýšené koncentrace chloridů a sodíku tomu mohou do určité míry nasvědčovat. Výsledky, které uvádí ŠACHOVÁ & al. (1999), však připouštějí, že například koncentrace dusičnanů a fosfátů v povrchových vodách Šumavy nemusí být přímo ovlivněny extenzivním chovem skotu.

Také nižší průměrný obsah organických látek v půdě Mlýnského povodí odpovídá předstávě, že půda na odvodněných pozemcích podléhá intenzivní mineralizaci. Během rozkladu organických látek vznikají kyseliny ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) a oxid uhličitý, který následně reaguje

s vodou za uvolnění protonu  $H^+$  a  $HCO_3^-$ . Uvolněné protony pak nahrazují vápník a hořčík, které jsou vyplavovány do odtékajících vod. Tento mechanismus může být v některých případech významnější, než vliv kyselých srážek (THIMONIER & al. 2000). Celkové množství ročního odnosu vápníku z povodí Mlýnského potoka je 5 až 6 krát vyšší než odnos z povodí Horského a Bukového potoka. Mlýnským potokem odtéká okolo 60 kg Ca z ha a přibližně stejné množství K, Na, Mg dohromady. To představuje množství minimálně 400 kg.ha<sup>-1</sup> hnojiv, které by mělo být ročně aplikováno za účelem kompenzace odnosu bazických kationtů a tím neutralizace uvolněných protonů.

Výsledky experimentu s rychlou extrakcí půdy ukazují na větší zásobu snadno dostupných látek v půdách Horského a Bukového povodí. Metoda extrakce suché půdy v poměru 2:1 (voda:substrát) neposkytuje výsledky, které by bylo možné spolehlivě interpretovat jako složení půdních roztoků (LUDWIG & al. 1999), ale odpovídá procesu, který může nastat v přírodě v případě vysychání povrchu půdy. Ze vzorků z povodí Horského a Bukového byly získány vesměs vyšší koncentrace iontů, kromě dusičnanů. Vyšší koncentrace dusičnanů v extraktech z půdy povodí Mlýnského potoka mohou mít podobné příčiny jako uvolňování dusičnanů ze záměrně vápněných lesních půd (NOVÁK 1999). Jedná se patrně o urychlení mikrobiologického rozkladu organické hmoty a intenzivnější nitrifikaci.

Vysoká míra autokorelací mezi teplotními charakteristikami, degradací půd (z hlediska snížení obsahu organických látek) a ztrát látek je dobře patrná z presentovaných výsledků sledování malých povodí. Obdobné údaje ze studií v Německu umožnily HILDMANNOVI (1999) formulovat tezi o „stárnutí“ krajiny. Teplotní diurnální amplitudy jsou základem pro hodnocení tepelné účinnosti krajiny. Největší rozdíly mezi denním minimem a maximem je zaznamenáván právě na degradovaných plochách, které přeměňují sluneční energii převážně na teplo. Tento přístup dává dobrý předpoklad pro využití dálkového průzkumu Země (DPZ) a interpretaci teplotních radiometrických údajů pro indikaci problematických míst v krajině. Dálkový průzkum Země dosáhl v posledních 10 letech velkého pokroku zejména v interpretaci fyzikální podstaty dat a způsobech jejich hodnocení (JENSEN 1986, KOLÁŘ & al. 1997, PAVELKA 1998). Méně publikovaných prací je však zaměřeno na prohloubení poznatků o procesech probíhajících v krajině, které jsou příčinou pozorovaných jevů. Kromě toho je pozornost věnována zpravidla velkým územím (JANSSEN 1998). Naše výsledky však ukazují na možnost použití družicových dat i pro relativně malá území. Vazba na pozemní výzkum je však nezbytným předpokladem pro interpretaci výsledků DPZ. Studie modelových povodí na pravém břehu Lipna může být příkladem jak propojit informace o současném stavu území, jeho některé kvantitativní charakteristiky s plošnou strukturální informací a některými integrálními informacemi o funkci krajiny (např. teplota, vlhkost).

Sledovaná povodí na pravém břehu Lipna se v současnosti strukturou a charakterem vegetace nijak výrazně neodlišují od dalších nižších částí Šumavského bioregionu (CULEK & al. 1996). Sřídávají se převážně smrkové lesy a druhotně bezlesí. Za nejcennější část sledovaného území lze považovat nivu Horského potoka, kde zachovalý vodní režim umožňuje rozvoj cenných společenstev s řadou ohrožených druhů rostlin (podle vyhl. MŽP č. 395/1992 Sb.), a dále některé druhově bohaté louky, které jsou v současné době většinou neobhospodařované. V povodí Bukového potoka se pak jedná především o bučiny na jihozápadních svazích a některé lesní porosty s původní druhovou skladbou. Způsobem využití zcela odlišné povodí Mlýnského potoka není v současné době z hlediska ochrany přírody ničím výjimečné. Vlivem hospodaření v minulosti (hnojení, dosevy) je druhová skladba bezlesí značně pozměněná a ochuzená. Podobnost sledované oblasti se širším územím lipenského pravobřeží je z družicových snímků a radiometrických hodnot dobře patrná. Zejména to platí pro povodí Horského a Bukového potoka, kde nebylo zaznamenáno výrazné přehřívání ploch a kde byly naměřeny nízké teplotní amplitudy. Na povodí Mlýnského potoka odpovídají vysoké denní

amplitudy teplot z pozemních měření také výraznému podílu relativně nejteplejších a relativně nejsušších ploch detekovaných na družicových snímcích.

Na sledovaných povodích lze dobře sledovat ohrožení sekundárního bezlesí tak, jak ho definovali např. BLAŽKOVÁ (1989, 1996) či PRACH & al. (1996). Sekundární bezlesí není ohroženo jen degradací vlivem příliš intenzivního hospodaření (hnojení, osevy, odvodnění), ale zároveň i opuštěním luk a pastvin. V konečné fázi vedou obě tyto cesty k drastickému snížení biodiverzity. Tento vývoj může skutečně nastat a interpretace časových změn družicových snímků může dobře postihnout rozsah těchto změn i jejich důsledky pro integrální funkční projevy krajiny, především disipaci sluneční energie.

## ZÁVĚR

Na příkladu třech povodích s rozdílným krajinným pokryvem a způsobem hospodaření v oblasti s nízkou hustotou osídlení byl testován holistický koncept účinnosti krajiny (ETR model, RÍPL 1995). V závislosti na antropogenním ovlivnění krajiny a na stavu vegetace byly hodnoceny následující parametry: disipace sluneční energie, zásoba organických látek v půdě, obsah snadno extrahovatelných minerálních iontů v půdě, množství a kvalita odtékající vody z jednotlivých povodí. Výsledky několikaletého sledování parametrů důležitých pro holistické hodnocení funkcí krajiny potvrzují vysoký stupeň jejich vzájemných vazeb a korelací.

Povodí Mlýnského potoka bylo v minulosti systematicky odvodněno, potok napřímen a zahlouben. Povodí si zachovalo podobný charakter jako před rokem 1945, 90% plochy povodí pokrývají polointenzivně obhospodařované louky a pastviny. Na povodí Bukového potoka se dříve z poloviny zemědělsky hospodařilo, dnes 95% plochy povodí pokrývá sekundární les s převahou smrku. Na povodí Horského potoka plošně vzrostly lesní porosty, zůstaly zde však plochy bezlesí extenzivně obhospodařované (kosené louky) a navíc zde vznikly plochy přirozené sukcese. Největší množství rostlinné biomasy je v povodí Bukového potoka (převážně lesní porosty), nejmenší v povodí Mlýnského potoka (převážně zemědělsky obhospodařované bezlesí). Největší roční přírůstky biomasy jsou v povodí Mlýnského potoka, nejmenší pak v povodí Bukového potoka. Množství sluneční energie vázané v nadzemní biomase je srovnatelné na všech povodích a pohybuje se od 0,44–3,6 kW.m<sup>-2</sup>, což je méně než 0,5% celkové roční dopadající energie.

Na základě srážkově-odtokové bilance bylo zjištěno, že největší množství vody jsou schopna zadržet povodí Bukového a Horského potoka. Vysoký obsah organických látek v půdě byl zjištěn v povodí Horského a Bukového potoka (převaha lesních a mokřadních biotopů), nejnižší v povodí Mlýnského potoka (odvodněné louky a pastviny).

Nejvyšší vodivost (množství rozpuštěných látek) odtékající vody byla opakovaně zjišťována na uzávěře povodí Mlýnského potoka, nejnižší na uzávěře Bukového potoka. Patrně zvýšená rychlost rozkladu organických látek v půdním profilu povodí Mlýnského potoka (ve srovnání s povodím Horského a Bukového potoka) se projevuje několikanásobně vyšší koncentrací NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a Ca v odtékající vodě.

Na rozdíl od energie vázané do rostlinné biomasy byly zřetelné rozdíly zaznamenány v disipaci sluneční energie a teplotních poměrech v jednotlivých povodích. V povodí Mlýnského potoka byly zjištěny nejvyšší rozdíly v diurnálním průběhu teplot, ve srovnání s povodím Horského a Bukového potoka. Vyhodnocená data pátého a šestého pásma z družice Landsat 5 TM ukazují, že sledovaná povodí se od sebe navzájem liší. Nejvíce se odlišuje povodí Mlýnského potoka výrazným podílem relativně velmi suchých a současně velmi teplých ploch. Disipační funkce tohoto povodí lze považovat za narušenou.

Výsledky získané v oblasti pravého břehu Lipna potvrzují, že holistický koncept hodnocení funkcí krajiny lze považovat za perspektivní pro hodnocení krajinných celků a to při využití

metod dálkového průzkumu Země, sítě hydrologického a hydrochemického monitoringu a analýzy hospodářských aktivit v krajině.

**Poděkování.** Tato studie vznikla v rámci projektů MŠMT VS 96072 a CEZ 122200003/1 na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích. Děkujeme W. Riplovi (TU Berlín) za konzultace a podporu, J. Kňourkovi za výrobu a vývoj datalogerů, J. Bastlovi za chemické analýzy kovů a kationtů, Lesní správě Vyšší Brod za poskytnuté materiály. Poděkování patří samozřejmě také zaměstnancům a spolupracovníkům LAE. S. Bernardovi, Z. Kučerovi, K. Mikovi, R. Neubauerové, D. Pražákové, N. Proškové, K. Suchému, Z. Sýkorové, A. Váchovi a dalším za pomoc při sběru a zpracování vzorků a dat z terénu. Za recenzní připomínky bychom rádi poděkovali K. Prachovi, J. Jeníkovi, J. Lipavskému a anonymnímu recenzentovi.

## LITERATURA

- BLAŽKOVÁ D., 1989: Louky – jejich ohrožení a problémy ochrany. *Památky a příroda*, 2: 100–103.
- BLAŽKOVÁ D., 1996: Chování trav při změně hospodaření na loukách. In: *Trávy*, KRAHULEC F., PYSEK P. & HROUDA L. (eds.), *Zprávy České botanické společnosti, materiály 13, ročník 31, Sborník z pracovní konference ČBS*, 22–23. 11. 1991, Praha, 55 pp.
- BRADBURY I.K. & GRACE J., 1983: Primary production in wetlands. In: *Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor*. GORE A. J.P. (ed.), *Ecosystems of the World, vol. 4A*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, 285–310.
- BUEDERT B. & KANTOR W., 1999: Water and element budgets in the Forellenbach area of Bavarian Forest National Park. *Silva Gabreta*, 3: 49–64.
- CALDER I.R., 1990: Evaporation in the Uplands. *John Wiley & Sons Chichester*, 16–39
- CAPRA F., 1996: The Web of Life. A New Synthesis of Mind and Matter. *Flamingo, Harper Collins Publishers*, 320 pp.
- CULEK M. (ed.), 1996: Biogeografické členění České republiky. *Enigma, Praha*, 347 pp.
- DIGERFELDT G., 1972: The Post-Glacial Development of Lake Trummen. Regional vegetation history. Water level changes and palaeolimnology. *Folia Limnologica Scandinavica*, 16, 1–104.
- DOBROVOLNÝ P., 1998: Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. *Skriptum, Přírodovědecká fakulta Masarykovy university, Brno*, 208 pp.
- DYKYJOVÁ D. (ed), 1989: Metody studia ekosystémů. *Academia, Praha*, 690 pp.
- FOŠUMOVÁ-HAKROVÁ P. & PECHAROVÁ E., 1998: Vliv hospodářských aktivit v příhraniční oblasti na druhovou diverzitu travních porostů a možnosti jejich obnovy. *Ms., závěrečná zpráva ke grantu FRVŠ 448/1998, ZF JU, České Budějovice*, 69 pp. (*Katedra ekologie, ZF JU v Českých Budějovicích*)
- GRIGAL D.F., 1985: Sphagnum production in forested bogs of northern Minnesota. *Canadian Journal of Botany*, 63: 1204–1207.
- GUTH J., KETTNEROVÁ S. & KUČERA T., 1995: Pohled do nitra „železných opon“ – 40 let postsynantropního vývoje krajiny. *Zprávy České botanické společnosti, Praha 30 (Materiály) 12*: 69–76.
- HANÁK P., PECHAROVÁ E., RADA P. & TUMA V., 1995: Návrh ochranného režimu cenných biotopů pravého břehu Lipenské přehradní nádrže. *Ms., dílčí závěrečná zpráva k úkolu 20/95, ZF JU, České Budějovice*, 71 pp. (*Katedra ekologie, ZF JU v Českých Budějovicích*).
- HILDMANN CH., 1999: Energiedissipation und beschleunigte Alterung der Landschaft. *Fachbereich 7 – Umwelt und Gesellschaft der Technischen Universität Berlin*, 295 pp.
- HAKROVÁ P. & PROCHÁZKA J., 1998: Vliv různého způsobu hospodaření na vývoj vegetace a odnos rozpuštěných látek z malého povodí lipenského pravobřeží. In: *Průběžná zpráva ke grantu MŠMT VS 96072. II. odborná část*, PECHAR L. (ed.), *ZF JU, České Budějovice*, 90 pp. (*Laboratoř aplikované ekologie, ZF JU v Českých Budějovicích*)
- HORAČEK J., LEDVINA R. & KOUBALIKOVÁ J., 1994: Geologie a půdoznalství. *Skriptum, ZF JU, České Budějovice*, 110 pp.
- JANSSEN T., 1998: Wasser- und Stoffhaushalt in den Einzugsgebieten von Este, Seeve, Oste und Wumme. *Fachbereich 7 – Umwelt und Gesellschaft der Technischen Universität Berlin*, 86 pp.
- JENSEN J.R., 1986: Introductory Digital Image Processing. *Prentice-Hall, New Jersey*, 379 pp.
- KARLBERG B. & TWENGSTRÖM S., 1983: Applications based on gas diffusion and flow injection analysis. In: *Focus, Tecator Journal for Technological and Chemical Analyses*, 6: 14–15.
- KLIMO E., 1994: Lesnická ekologie. *Skriptum, VŠZ, Brno*, 176 pp.
- KOLAR J., HALOUNOVÁ L. & PAVELKA K., 1997: Dálkový průzkum Země 10. *Skriptum, ČVÚT Praha*, 164 pp.
- KOPÁČEK J., HEJZLAR J. & PORCAL P., 2000: Ionic fluxes in the Čertovo watershed-lake ecosystem in the 1998 hydrological year. *Silva Gabreta*, 4: 117–134.
- KVÍTEK T., DUFFKOVÁ R., PETERKOVÁ J. & MAŠKOVÁ Z., 2000: Teplota a vlhkost půdy rozdílně využívaných porostů lučního stanoviště na Šumavě. *Silva Gabreta*, 5: 51–62.



- LUDWIG B., MEIWEIS K.J., KHANNA P., GEHLLEN R., FORTMANN H. & HILDEBRAND E., 1999: Comparison of different laboratory methods with lysimetry for soil solution composition – experimental and model results. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162: 343–351.
- MANEK J., 1998: Vegetace a chemismus tekoucích vod horního Pootaví jako indikátory antropogenního zatížení. *Silva Gabreta*, 2: 117–140.
- MAITTA J., 1998: Měření průtoků nestandardními metodami a v nestandardních podmínkách. *Výzkumný ústav vodohospodářský TGM Praha*, 45 pp.
- MOLDAN B. & PAČES T. (eds.), 1987: Geomon – International Workshop on Geochemistry and monitoring in Representative Basins. *Geological Survey, Praha 1987*, 117 pp.
- MORAVEC J., 1994: Fytcenologie – nauka o vegetaci. *Academia, Praha*, 403 pp.
- MORITZ K. & BITTERSÖHL, J., 2000: Turnover of nitrogen and acidification in the small headwater catchment Markungsgraben. *Silva Gabreta*, 4: 63–70.
- NEUHAUSLOVA Z. (ed.), 1998: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. *Academia, Praha*, 341 pp. + mapa.
- NOVAK F., 1999: Transformace dusíku v půdě přirozeného horského smrkového lesa na Trojmezí hoře (Šumava). *Silva Gabreta*, 3: 183–194.
- OSZLANYI J., 1986: Analýza produkce biomasy a jej energetického ekvivalentu stromovej vrstvy v piatich lesných ekosystémoch. *Biologické práce*, 32. *Slovenská akadémia vied, Bratislava*, 157 pp.
- PARSONS T.R., MAITA Y. & LALLI C.M., 1984: A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. *Pergamon Press, Oxford*, 173 pp.
- PAVELKA K., 1998: Dálkový průzkum Země 10. Operační systémy. *ČVÚT Praha*, 57 pp.
- POKORNÝ J., 1997: Opomíjená makroenergetika krajiny. *EKO – ekologie a společnost*, 6: 5–7. *ČNTL, Praha*.
- PRACH K., 1994: Monitorování změn vegetace. *Metody a principy. Český ústav ochrany přírody, Praha*, 69 pp.
- PRACH K., ŠTECH M. & BENES J., 1996: Druhotné bezleší – opomíjená složka biodiverzity Šumavy. *Silva Gabreta*, 1: 243–247.
- PRIGOGINE I. & STENGERS I., 1985: Order out of Chaos (Man's New Dialogue with Nature). *Flamingo, Harper Collins Publishers*, 349 pp.
- PROCHAZKA J., HAKROVÁ P., PRAŽÁKOVÁ D., PECHAROVÁ E. & POKORNÝ J., 1999: Hodnocení revitalizace Mlýnského potočka I. – úvodní studie. *Silva Gabreta*, 3: 73–88.
- PRIBAN K., ONDOK J.P., JENIK J. & POPELA P., 1982: Analysis and Modeling of Wetland Microclimate. The Case Study Třeboň Biosphere Reserve. *Academia, Praha*, 167 pp.
- RIPPI W., 1995: Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: the energy–transport–reaction (ETR) model. *Ecological Modelling*, 78: 61–76.
- RIPPI W., POKORNÝ J., EISELTOVÁ M. & RIDGILL S., 1996a: Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich degradaci. In: *Obnova jezerních ekosystémů – holistický přístup*. EISELTOVÁ M. (ed.), *Wetlands International publ. No. 32., The Nature Conservation Bureau, Ltd., Newbury, UK*, 16–35.
- RIPPI W., TRILLITZSCH F., BACKHAUS R., BLUME H.P., WIDMOSER P., JANSSEN T., HILDMANN C. & OTTO I., 1996b: Entwicklung eines Land–Gewässer Bewirtschaftungskonzeptes zur Senkung von Stoffverlusten an Gewässer (Stor-Projekt I und II). *Hauptstudienprojekt 1995/96, Fachbereich 7, TU Berlin*, 203 pp.
- ROBERTSON A.I., 2000: The gaps between ecosystem ecology and industrial agriculture. *Ecosystems* 3: 413–418.
- RYCHNOVSKA M. (ed), 1987: Metody studia travinných ekosystémů. *Academia, Praha* 269 pp.
- ŠACHOVÁ E., KROUPOVÁ V., TRAVNÍČEK J. & KURSA J., 1999: Stav dusičnanů a fosfátů v tocích na extenzivně obhospodávaných farmách. *Silva Gabreta*, 3: 207–216.
- TECATOR, 1983: Application note no. AN63/83.
- TECATOR, 1984: Application note no. ASTN15/84.
- THIMONIER A., DUPOUEY J.L. & LE TACON F., 2000: Recent losses of base cations from soil of *Fagus sylvatica* L. stands in northeastern France. *Ambio*, 29: 314–321.

Vyhlaška MŽP č.395/1992 k zákonu ČNR č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.