

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA

STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH SLOŽEK HYDROLOGICKÉ BILANCE LESNÍHO
MIKROPOVODÍ V PAHORKATINNÉ OBLASTI

DISERTAČNÍ PRÁCE

2014

JAN DEUTSCHER

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA
ÚSTAV INŽENÝRSKÝCH STAVEB, TVORBY A OCHRANY KRAJINY

STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH SLOŽEK HYDROLOGICKÉ BILANCE LESNÍHO
MIKROPOVODÍ V PAHORKATINNÉ OBLASTI

DISERTAČNÍ PRÁCE

Zadání

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma: „Stanovení základních složek hydrologické bilance lesního mikropovodí v pahorkatinné oblasti“ zpracoval sám a uvedl jsem všechny použité prameny. Souhlasím, aby moje diplomová práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a uložena v knihovně Mendelovy univerzity v Brně, zpřístupněna ke studijním účelům ve shodě s Vyhláškou rektora MZLU o archivaci elektronické podoby závěrečných prací.

Autor kvalifikační práce se dále zavazuje, že před sepsáním licenční smlouvy o využití autorských práv díla s jinou osobou (subjektem) si vyžádá písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuje se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla dle řádné kalkulace.

V Brně, dne: 10. 12. 2014.

Jan Deutscher

Poděkování

Oba články vznikly díky podpoře agentury Interní grantové agentury Lesnické a dřevařské fakulty (IGA LDF). Článek I. vznikl na základě výzkumu podpořeného jako projekt IGA 45/2011 Stanovení průtoků drobných vodních toků ŠLP ML Křtiny pomocí měření výšek hladin tlakovými a UZV čidly na mobilní masce Thomsonova přelivu (HLAD). Článek II. pak jako projekt 32/2012 Stanovení základních parametrů vodní bilance zalesněného mikropovodí (ZABIL).

V neposlední řadě bych na tomto místě rád poděkoval také svým spolupracovníkům v uvedených projektech. Jmenovitě se jedná o Petera Dundeka, Michala Henka, Ladislava Holíka, Martina Machalu, Jana Morávka a Josefa Urbana.

Zvláštní poděkování v jedinečném odstavci si pak zaslouhuje školitel práce Petr Kupec.

V Brně, dne: 10. 11. 2014.

Jan Deutscher

Autor práce: Ing. Jan Deutscher
Studijní program: Krajinné inženýrství
Obor: Tvorba a ochrana krajiny
Název práce: Stanovení základních složek hydrologické bilance lesního mikropovodí v pahorkatinné oblasti

Abstrakt:

V práci je řešena problematika vodní bilance lesních mikropovodí, kdy hlavním cílem bylo vyhodnotit vnitrodenní dynamiku průtoku ve vztahu k dřevinné vegetaci. Práce byla řešena na dvou povodích ŠLP ML Křtiny s odlišným vegetačním krytem, ale obdobnými abiotickými podmínkami. Vliv dřevinné vegetace na průtok byl hodnocen z následujících veličin - průtok v závěrném profilu, teplota vzduchu, srážky, transpirace porostu a vlhkost půdy - zjišťovaných v terénu kontinuálním měřením během suchých period vegetační doby v letech 2010 - 2012. Z výsledků práce vyplývá, že v uvedených podmínkách je průtok v korytě ovlivňován zejména transpiračními procesy dřevin, které v závislosti na denní době průtok buďto snižují (v průměru až o 20% během slunné části dne), či zpětně navyšují během noci.

Klíčová slova: mikropovodí, vodní bilance, pahorkatiny, stanovování průtoků, hydrická funkce lesů

Author: Ing. Jan Deutscher
Study program: Landscape engineering
Field: Landscape management
Name of thesis: The estimation of basic water-balance parameters of a forested upland microwatershed

Abstract:

The water-balance of forested microwatersheds was addressed with the main goal being the evaluation of temporal dynamics of intraday flowrate in relation to woody vegetation. The work was solved on two watersheds with different vegetation conditions but similar natural conditions, in TFE MF Křtiny. The effect of woody vegetation on flowrate was evaluated from following continuously parameters - flowrate, air temperature, rainfall, stand transpiration and soil moisture - all measured continuously during dry periods of the growing season on 2010 - 2012. The results indicate that under described conditions, the flowrate is mainly affected by transpiration processes of woody vegetation. Depending on daytime stand transpiration causes either a decrease in flowrate (on average up to 20% during the day) or an inverse increase during the night.

Key words: microwatershed, water-balance, uplands, flowrate estimation, hydric forest function

OBSAH

1	Úvod	1
1.1	Terminologie a stav řešené problematiky.....	3
1.2	Metody stanovování průtoků na neměřených tocích.....	6
1.3	Hydrologická bilance	9
2	Materiál a metody.....	10
2.1	Experimentální mikropovodí.....	11
2.2	Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků	14
2.3	Získávání a vyhodnocování dat	18
3	Výsledky a diskuze.....	21
3.1	Podstata technického řešení portálového stojanu pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků (užitný vzor A.)	21
3.2	Monitoring a vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku ve dvou pramenných pahorkatinných mikropovodích s odlišným vegetačním krytem během suchých period vegetačního období (Článek I.) - výsledky	24
3.2.1	Referenční bezlesé mikropovodí Habrůvka	24
3.2.2	Zalesněné mikropovodí Kanice	27
3.2.3	Porovnání výsledků párových povodí	29
3.3	Monitoring a vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku ve dvou pramenných pahorkatinných mikropovodích s odlišným vegetačním krytem během suchých period vegetačního období (Článek I.) - diskuze.....	30
3.4	Vyhodnocování dynamiky a vztahu vnitrodenního průtoku a transpirace během suchých period vegetačního období v pahorkatinném zalesněném mikropovodí (článek II.) - výsledky.....	32
3.4.1	Porovnání let 2011 a 2012	32
3.4.2	Vyhodnocení vlhkosti půdy.....	35
3.4.3	Časová dynamika vnitrodenního průtoku a transpirace porostu	37
3.5	Vyhodnocování dynamiky a vztahu vnitrodenního průtoku a transpirace během suchých period vegetačního období v pahorkatinném zalesněném mikropovodí (článek II.) - diskuze.....	42
4	Závěr.....	45
5	Summary	47
6	Seznam obrázků a tabulek	50
6.1	Seznam obrázků	50
6.2	Seznam obrázků	52

7	Seznam citované literatury	53
8	Seznam příloh.....	58

SOUPIS PUBLIKACÍ

Předkládaná práce je souborem nejvýznamnější prací autora za jeho doktorské studium. Jednotlivé práce jsou v práci odkazovány velkými tučnými písmeny a římskými číslicemi:

A. UŽITNÝ VZOR

KUPEC, P. A DEUTSCHER, J. 2012. Mendelova univerzita v Brně, Brno, CZ. Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků (užitný vzor). PUV - národní s žádostí o zapsání do rejstříku. Česká Republika. 2011-25243, 23649. Zapsáno 10. 04. 2012. Dostupné z: http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pts.det?xprim=1748369&lan=cs.

I. ODBORNÝ ČLÁNEK

DEUTSCHER, J., KUPEC, P. 2014. Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic. Environmental Monitoring and Assessment. DOI 10.1007/s10661-014-3661-5, 2014. sv. 186, č. 6, s. 3837-3846. ISSN 0167-6369.
- za podpory IGA LDF jako projekt číslo 45/2011

II. ODBORNÝ ČLÁNEK

DEUTSCHER, J., KUPEC P., URBAN, J. 2014. Evaluating the dynamics of and relationship between intraday streamflow and transpiration during dry periods of the growing season in an upland forested micro-watershed, Bohemian Massif, Czech Republic, Europe. Environmental Monitoring and Assessment.
- za podpory IGA LDF jako projekt číslo 32/2012
- toho času v recenzním řízení

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ŠLP ML Křtiny	-	Školní lesní podnik Masarykův les Křtiny
DVT	-	drobné vodní toky (v této práci toky, jejichž průtok po větší část roku dosahuje okolo 1 l/s)
l/s	-	Jedná se o jednotku litr za vteřinu - jedná se o tradičně používanou jednotku pro popis průtoku DVT, odpovídá $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
UZV čidlo	-	ultrazvukové hladinoměrné čidlo
TLK čidlo	-	tlakové hladinoměrné čidlo
ČR	-	Česká republika
ČHMÚ	-	Český hydrometeorologický úřad
ČSN	-	Česká státní norma
ADCP	-	acoustic Doppler current profiler
PIV	-	particle image velocimetry, metoda stanovení průtoku ze snímání rychlosti částic (plavenin) v toku
LSPIV	-	large-scale particle image velocimetry, upravená metoda snímání rychlosti částic (plavenin) v toku
PLO	-	přírodní lesní oblast
MENDELU	-	Mendelova univerzita v Brně
LAI	-	Leaf area index (index listové plochy)
mm/hod	-	Jedná se o jednotku milimetr za hodinu - tradičně používaná jednotka pro popis intenzity transpiračního proudu

1 ÚVOD

Předkládaná disertační práce prezentuje činnost autora během čtyřletého doktorského studia při Mendlově univerzitě v Brně, Fakultě lesnické a dřevařské, Ústavu inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny v rozmezí let 2010 - 2014 v oboru tvorba a ochrana krajiny. Práce je psána v klasickém členění na úvod, metody, výsledky a diskuze a závěr. V kapitole úvod je mimo stručného popisu obsahu práce věnován prostor obecnému vstupu do dané problematiky, kdy je řešena terminologie, literární přehled věnovaný výzkumným povodím v ČR, metodám stanovování průtoků a krátce přístupu k hydrologické bilanci lesních povodí. Následující kapitola metody je strukturována jako popis materiálů a metod, kdy jsou tyto popsány mimo strukturu klasického souboru prací v chronologickém sledu z důvodu udržení logického rámce a usnadnění četby. Kapitola výsledky a diskuze a závěr jsou strukturovány výhradně jako překlad jednotlivých publikovaných prací, kterým předchází krátký komentář autora psaný kurzívou, který je retrospektivně hodnotí a uvádí doplňující informace, které nebyly v daných pracích publikovány.

Jak vyplývá z výše uvedeného je práce zpracována z části formou původní vědecké práce a z části formou souboru nejvýznamnějších prací autora za toto období na společné téma problematiky vodní bilance lesních mikropovodí, zejména na problematiku vnitrodenní dynamiky průtoku v recipientu. Na jednotlivé činitele vodní bilance je nahlíženo zejména po kvalitativní stránce a nikoliv stránce kvantitativní. Jinými slovy, jsou vyhodnocovány převážně jejich vývojové trendy a relativní vztahové závislosti, zatímco absolutní hodnoty veličin jsou mírně upozaděny. Hlavním důvodem je relativně krátká doba sběru dat (3 roky) pro plnohodnotné vyjádření absolutních hydrologických charakteristik a také proto, že relativní trendové závislosti umožňují lepší srovnávání dat z jednotlivých experimentálních lokalit i let měření. Celý výzkum byl zaměřen zejména na identifikaci vzájemného poměru a vztahu mezi jednotlivými složkami vodní bilance lesních pahorkatinných mikropovodí a to v návaznosti na problematiku funkcí lesa, zejména pak hydricko-vodohospodářskou funkci lesa a dřevinné vegetace. Problematika hydrické funkce lesa a vodohospodářského významu lesních porostů je na LDF a Ústavu inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny řešena již od první poloviny minulého století. V této oblasti významně působila celá řada odborníků a pedagogů nejen z LDF MENDELU v Brně, např. Zlatník, Polanský, Vyskot M., Pelíšek (všichni in Volavka, 1953), Krešl (1957), Krečmer (1981), Riedl (in Zachar 1982), Zachar (1982), či Kantor (1984).

Autor se od začátku doktorského studia věnoval problematice drobných lesních povodí, kdy byl svým školitelem doc. Ing. Petrem Kupcem, Ph.D. nasazen na realizaci jeho dlouhodobé vize - vytvoření jednoho či více trvalých výzkumných povodí na území ŠLP ML Křtiny pro všestranné využití všem ústavům LDF pro výzkumné i pedagogické aktivity, a to nejen v odkazu na předchozí výzkumy a výše zmíněné práce významných osobností tzv. „brněnské školy krajinného inženýrství“. V této práci jsou prezentovány celkem tři zásadní výstupy autora a týmů, jichž byl při jejich řešení součástí. Tyto jsou v práci řazeny chronologicky, což mimo jiné dovoluje sledovat logické návaznosti postupného řešení problematiky vodní bilance lesního mikropovodí

od původních metodických nedostatků, přes dílčí vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku v suchých periodách až po současný stav řešení problematiky ve vyhodnocení vztahu transpirace porostů a průtoku v korytě recipientu.

V roce 2010 a částečně i 2011 byla nejprve řešena problematika metodického charakteru, kdy bylo třeba ověřit dostupné možnosti pro stanovování průtoků na neměřených tocích. Nutno je zde uvést, že autor se tomuto tématu věnoval již při zpracování své diplomové práce na téma Hodnocení průtoků drobných vodních toků ŠLP ML Křtiny obhájené na MENDELU v roce 2010 (Deutscher a Kupec, 2010a). V návaznosti na znalosti a zkušenosti školitele získané mimo jiné pracemi svých předchozích studentů doktorského studia, kteří studium řádně nedokončili (např. Datinský a Kupec, 2008), bylo řešeno stanovování průtoků v terénních podmínkách DVT od úvodu využitím UZV a TLK hladinoměrných čidel na mobilní masce měrného Thomsonova přelivu. V této době probíhalo ověřování přesnosti, využitelnosti, sběru dat a možných problémů spojených s nasazením této metody v terénu. Výsledkem této snahy je vytvoření a zápis užitého vzoru „Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků“ (**užitný vzor A.**)

V roce 2013 bylo využito dat z měření v předchozích letech pro první významnější úvodní výstup faktické výzkumné povahy, kdy byla vyhodnocena časová dynamika vnitrodenních průtoků na dvou mikropovodích na ŠLP ML Křtiny s odlišným vegetačním krytem (Kanice a Habrůvka). Cílem experimentu bylo vyhodnotit vliv vegetace na průtok v korytě recipientu srovnáním odlišného chování průtoku u bezlesého a zalesněného povodí a trendy (jak bylo uvedeno výše) a výsledné rozdíly interpretovat právě ve vztahu k rozdílnému typu vegetace. Vyhodnocení bylo omezeno výhradně na suché periody vegetačního období, a to převážně z toho důvodu, aby mohl být vyloučen vliv srážek na hodnocené parametry. Toto opatření výrazně zjednodušilo vyhodnocování výsledků, což bylo žádoucí i vzhledem k úvodnímu charakteru práce. Práce byla publikována pod názvem „Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic“ (**článek I.**)

V roce 2012 byl současně výzkum omezen výhradně na zalesněné povodí Kanice a rozšířen o měření transpiračního proudu, resp. stanovení celkové transpirace porostů. Cílem experimentu bylo ověřit závěry publikované v **článku I.** a zjistit, zda je transpirace lesních porostů v popsáných podmínkách skutečně tím nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím vnitrodenní dynamiku průtoku. I zde bylo vyhodnocení výsledků omezeno výhradně na suché periody vegetačního období. Práce je v současné době (2014) v recenzním řízení redakce vědeckého časopisu pod názvem „Evaluating the dynamics of and relationship between intraday streamflow and transpiration during dry periods of the growing season in an upland forested micro-watershed, Bohemian Massif, Czech Republic, Europe“ (**článek II.**)

1.1 Terminologie a stav řešené problematiky

Termín mikropovodí je odvozen z termínu povodí. S druhým uvedeným termínem je možné se setkat kromě odborné či vědecké literatury také v národní legislativě, konkrétně ve vodním zákoně (zákon č. 150/2011 sb., § 2 (10)). Dle tohoto zákona je povodí území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků do moře v jediném vyústění, ústí nebo deltě vodního toku. Území ČR náleží do třech mezinárodních oblastí povodí, a to do mezinárodní oblasti povodí Labe, mezinárodní oblasti povodí Odry a mezinárodní oblasti povodí Dunaje. Tato jsou dále rozdělena na tzv. dílčí povodí, kterých je celkem deset (pět dílčích povodí Labe, dvě Odry a tři Dunaje). Ostatní říční povodí, kterými jsou tato dílčí povodí tvořena, mohou být obecně označována jako malá, případně drobná povodí. Podrobnější rozdělení drobných povodí podle velikosti nabízí např. Máca, Nechvátal a kol. (2008), kteří dělí povodí na: mikropovodí (elementární odtokové plochy - rozloha do 1 km²), velmi malá povodí (rozloha do 10 km²), středně malá povodí (rozloha do 80 km²) a malá povodí (rozloha nad 80 km²). Z uvedeného rozdělení vychází i disertační práce autora. Mikropovodí, jako rozlohou malé elementární odtokové plochy (okolo 1 km²), jsou relativně homogenními jednotkami v krajině. Stejně jako u větších povodí platí, že veškerá dešťová voda, která dopadá na území mikropovodí z něj následně odtéká v závěrném profilu recipientu či jej opouští ve formě podpovrchové vody nebo odchází různými formami výparu (případně může přispět ke snížení, či zvýšení vody v povrchových či podpovrchových rezervoárech). Mikropovodí jsou také pramennými oblastmi toků a proto hrají významnou roli v ovlivňování kvality i množství vody v níže položených oblastech. Celkový stav primárních povodí velkou měrou přispívá k udržení jakosti vody a její dostupnosti a má přímý vliv na vyrovnanost průtoků a odtokové poměry. Díky svým malým rozměrům a relativně homogenním podmínkách jsou mikropovodí velmi vhodným nástrojem pro dlouhodobá pozorování hydrologických charakteristik a obecně pro vědecký výzkum v současnosti aktuální témat, jako je klimatická změna a její vliv na ekosystémy, vliv vegetace na odtokové poměry krajiny či vliv změn ve využívání krajiny na její vodní režim.

Hydrologická síť mikropovodí je tvořena drobnými vodními toky, jejichž průměrný průtok zpravidla nepřesahuje během větší části roku 1 l/s⁻¹. Pro vodní toky lze nalézt definici obdobně, jako u drobných povodí např. ve vodním zákoně. Tento uvádí, že vodní toky jsou povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po převažující část roku, a to včetně vod v nich uměle vzdutých. Pro potřeby správy toků se vodní toky nadále dělí na tzv. významné vodní toky a tzv. drobné vodní toky. Seznam významných vodních toků stanoví Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí vyhláškou (Vyhláška 178/2012 Sb. § 3). Hydrografická síť ČR sestává z přibližně 75 000 km vodních toků. Vodohospodářsky významných toků, respektive vodohospodářsky významných úseků na tocích je v současné době 814 o celkové délce přibližně 16 365 km (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 178/2012 Sb). Hrádek a Sobota (1999) uvádějí, že významné toky tvoří cca 22% celkové hydrografické sítě ČR. Ostatní vodní toky jsou označovány jako tzv. drobné vodní toky. Přestože tvoří většinu (78%) hydrografické sítě ČR, jsou pro ně jen výjimečně k dispozici soustavná hydrologická pozorování.

Jako jednu ze zásadních otázek spojených s ekologií a hydrologií zalesněných povodí lze v soudobé vědecké literatuře vysledovat vliv změn ve využívání krajiny na její vodní režim. V současné době rychle se měnícího využívání krajiny, měnícího se klimatu a rostoucí potřeby kvalitní pitné vody a jiných ekosystémových účinků lesních povodí roste i poptávka po lepším využívání a poznání těchto cenných ekosystémů (Sun et al., 2009; Vörösmarty et al., 2010). Roste také povědomí o rychlém snižování biodiverzity sladkovodních recipientů (např. Allan and Flecker 1993; Richter et al. 1997; Dudgeon et al. 2006; Strayer 2006). Většina autorů zabývajících se touto tematikou využívá pro vyhodnocování vodního režimu krajiny jako základní parametr o stavu povodí průtok v korytě recipientu, respektive odtokové množství. Průtok v korytech drobných vodních toků je významnou složkou vodní bilance celého území a jeho hodnoty, změny a trendy mají velkou vypovídací hodnotu o celkovém stavu povodí. Průtok v korytě je formován dlouhodobě neměnnými abiotickými podmínkami prostředí (sklon, reliéf, geologie podloží apod.), mezi které můžeme za určitých podmínek zařadit i relativně stálé biotické podmínky, jako je vegetační kryt. Aktuální hodnota průtoku vody v korytě je potom odvislá od dynamicky se měnících podmínek, jako je počasí, denní doba, zdravotní stav vegetace apod. Ovšem i zde můžeme pozorovat určité dlouhodobě platné závislosti (trendy), které, pokud nedochází k extrémním výkyvům (srážky, extrémní sucho apod.), lze považovat za obecně platné. Jejich identifikaci a případnou evaluaci je možno získat cenné informace pro hospodaření na povodí a jeho ochranu, případně pak získat informace o blížícím se environmentálním nebezpečí. Celkově lze říci, že problematika měnícího se vegetačního krytu spojená se změnou využívání území a také změnou klimatu je velmi aktuální téma nejen v Evropě viz např. (Lynch and Corbett 1990; Martin and Pierce 1980; Pomeroy 2003; Swank, Vose and Elliott 2001). Pochopení vlivu těchto změn na fungování krajiny má klíčový význam nejen v předcházení katastrofických scénářů viz např. Kidane et al. (2012), ale i optimalizaci využívání krajiny, viz např. Langhammer and Vilímek (2008) nebo Goldstein et al. (2007). Pro sledování a vyhodnocování změn ve využívání krajiny a vlivu jednotlivých kultur na odtokové poměry je využíváno tzv. komparativních povodí s obdobnými abiotickými podmínkami a rozlohou, ovšem s odlišným vegetačním krytem, či způsobem hospodaření, jak uvádí ve svém review na téma výzkumu v malých povodích Brown et al. (2004). Podle Brown et al. (2004) lze publikované studie rozdělit na čtyři základní typy experimentů: zalesňování, odlesňování, obnova a převody, kdy pro každou kategorii je možno uvést některé společné znaky. Této literární rešerši předcházely rešerše Bosch and Hewlett (1982) a Stednick (1996). Tyto práce podtrhují významnost celého tématu, ovšem ukazují také na fakt, že jen nízká část zkoumaných povodí se nachází v podmínkách střední Evropy. Porovnání vlivu různých typů vegetace (zalesněné a bezlesé mikropovodí) na časovou dynamiku průtoků během dne se zabývá

článek I.

Další zásadní otázkou spojenou s ekologií a hydrologií lesních povodí je vliv lesa na odtokové poměry krajiny. Působení lesních porostů na množství vody odtékající z povodí je studováno již od počátku dvacátého století. Pro vyhodnocování vlivu jednotlivých hospodářských zásahů na odtokové poměry jsou na celém světě často využívána experimentální povodí (Hewlett et al., 1969). Obecné výsledky jsou shrnuty v review Hibbert (1967), aktuálnější pak Bosch a Hewlett (1982). První uvedený autor

definuje tři základní vlivy lesních porostů na odtokové poměry krajiny v celosvětovém měřítku:

1. Snížení plochy lesních porostů na povodí má za následek zvýšený odtok vody
2. Založení lesních porostů v územích s nízkou hustotou vegetace má za následek snížený odtok vody
3. Reakce na hospodářské zásahy v lesních porostech je velmi variabilní a z větší části ji nelze dopředu předpovědět (Hibbert, 1967).

Ve druhém z výše uvedených review (Bosch a Hewlett, 1982) autoři nadále posílili první dva závěry o vlivu lesních porostů na odtokové poměry krajiny a pozměnili třetí z nich. Uvádí, že reakce na hospodářské zásahy je závislá na průměrném ročním srážkovém úhrnu a na srážkovém úhrnu v roce provádění zásahů. Jinými slovy, reakce průtoku v korytě na změnu využití území je odlišná v suchých a deštivých oblastech (a také periodách), ale není nepředvídatelná. Dalším z významných zjištění citovaného review je fakt, že je zapotřebí více experimentů v zóně s průměrným ročním úhrnem srážek 600 - 1200 mm (tento fakt je mimo jiné jedním z důvodů zadání řešení prezentované problematiky formou disertační práce autora). Experimenty na opadavých listnatých stromech jsou podle autorů limitovány na území s 900 mm a více a experimenty na jehličnanech až 1200 mm a více. Tyto výsledky jsou plně v souladu se situací v ČR, kde jsou experimenty na zalesněných mikropovodích prováděny převážně v horských regionech (Šumava, Krkonoše, Orlické hory apod. se srážkovým úhrnem často nad 900 mm (např. Švihla, Černošous a Šach (2010), Kantor (1995), Šanda et al. (2006, 2009), Mráz et al. (1990), Tesař et al. (1992), Kulhavý et al. (2002) a Křovák a Kuřík (2001)). Pahorkatinným územím, kde se průměrné roční úhrny srážek pohybují řádově mezi 600 až 800 mm, je věnováno překvapivě málo pozornosti. A to i přesto, že tvoří významnou část zejména krajiny mírného pásu (např. v ČR zaujímají 39% rozlohy dle Demek, 2006) a jsou často pokryty lesními formacemi. Vodní hospodářství v těchto oblastech může v budoucnosti hrát významnou roli ve snižování vlivu klimatické změny na evropské ekosystémy. Časovou dynamikou a vzájemným vztahem průtoku a transpirace lesních porostů se zabývá **článek II.**

1.2 Metody stanovování průtoků na neměřených tocích

Jak již bylo uvedeno výše, pro drobné vodní toky a jimi tvořená mikropovodí nejsou běžně k dispozici přímá hydrologická pozorování. V technické (projekční) praxi se v současné době při získávání hydrologických podkladů vychází převážně z dat poskytovaných ČHMÚ. Dlouhodobější vyhodnocené údaje klimatických a hydrologických charakteristik byly zpracovány a vydány v Atlasu podnebí za období let 1901 – 1950 a 1961 - 2000 (pozn. autora) a v hydrologických poměrech za období 1931-1960 (Herynek, 1996). Aktuální údaje pak lze získat přímo na ČHMÚ buďto z dlouhodobých hlásných profilů, či vymodelováním základních hydrologických údajů pro zájmové oblasti. U elementárních odtokových ploch mikropovodí může nastat problém s dosažením požadované přesnosti pro vědeckou činnost, a je proto stěžejní provádět měření vlastní. Nezpochybnitelnou komplikací ale je, že možnost nasazení standardních metod stanovení průtoků může být velkou měrou snížena či znemožněna několika limitujícími faktory typickými pro drobné lesní vodní toky, které tvoří hydrografickou síť mikropovodí. Nejčastěji se objevujícími faktory jsou terénní nepřístupnost, územní odlehlost a vzdálenost od komunikací, nedefinovatelné a dramaticky se měnící rozměry a typ povrchu koryta. Často se také jedná o pramenná území, území s vysokým sklonem svahů a území relativně nedotčená. S tím souvisí i častý nadprůměrný stupeň ochrany jak z pohledu ochrany životního prostředí, tak z pohledu vodohospodářského využití, jako zdroj pitné vody či ochrany půdy.

V současné době se pro stanovení průtoků na těchto drobných neměřených tocích používá řada relativně nepřesných metod (Mattas, 2001):

- 1) stanovení průtoků z měření rychlosti hydrometrickými vrtulemi či plováky (tato metoda vyžaduje určitou minimální hloubku vody a delší přímou trať toku a dokonalou znalost profilu dna);
- 2) stanovení průtoků ze známých konzumpčních křivek měrných žlabů či přelivů z měření výšek hladin kontinuálními hladinoměry, či odečtem z vodoměrných latí (obě tyto metody vyžadují dokonalou znalost profilu koryta, jinými slovy vyžadují určitou stabilizaci koryta).

Pro opravdu drobné toky s průtokem okolo 1 l/s je možnost využití hydrometrování již omezená, nicméně stále se dají využít plováky. Tato metoda nedosahuje vysoké přesnosti, má však dvě hlavní výhody:

- 1) není zapotřebí nákladného zařízení (vrtule či jiného přístroje) a měření lze improvizovaně provést s využitím materiálu nalezeného na místě;
- 2) často ji lze použít v podmínkách, kdy měření jinými metodami by bylo obtížné až nemožné, např. za povodňových situací (Mattas, 2001).

Další z metod je využití tzv. stopovačů. Jde o poměrně často používanou chemickou metodu s použitím stopovače neboli traceru, tzn. roztoku sloučeniny, která se nerozpadá a nesorbuje. Po určité vzdálenosti pak změříme její rozředění v měrném profilu. Existují dvě varianty této metody, směšovací a integrační (Švihálek, 2011). Obě metody jsou založeny na stanovení rozdílu koncentrací (konduktivity) roztoku stopovače, (NaCl, KMnO₄ nebo fluorescenční barvivo) v místě přidání traceru a v místě odběru vzorku níže na toku. Tyto metody lze využít v oblastech s nepravidelným prouděním, zejména v bystřinných částech toků, kde dochází k dobrému promísení traceru s vodou. Nicméně dosahovaná přesnost není příliš vysoká.

Další možností využívanou pro měření průtoků drobných vodních toků je konstrukce mobilních ostrohranných přelivů na toku (Deutscher a Kupec, 2010b; Křovák a Kuřík, 2001; Kulhavý et al., 2002). Při bezporuchovém provozu obvyklých registračních přístrojů je přesnost zápisu i odečtu přepadové výšky vodního paprsku v toleranci ± 2 mm až ± 5 mm. Tato chyba ovlivňuje výsledky měření zejména při nižších přepadových výškách, a to jak v absolutních hodnotách průtoku, tak i v relativním vyjádření. Vedle toho působí při měření minimálních průtoků i jiné zdroje chyb, např. možnost obtékání měrného objektu nebo průsaku vody zeminou vedle objektu nebo pod ním (Kulhavý et al., 2002). Obvyklé registrační přístroje (vodoměrná lať, skládací metr) mohou být nahrazeny hladinoměrnými čidly (Deutscher a Kupec, 2010b; Křovák a Kuřík, 2001). Čidla jsou v zásadě dvojího druhu, ultrazvuková, či tlaková. Ultrazvuková čidla měří časovou prodlevu ultrazvukových vln mezi vysláním a příjmem paprsku po jeho odrazu od vodní hladiny. Tlakové hladinoměry jsou založeny na měření tlaku, který vyvolává sloupec vody nad nimi. Kapaliny vyvolávají tlakovou sílu působící ve všech směrech a tato síla je úměrná hloubce ponoru. S rostoucí hloubkou ponoru stoupá i tlaková síla vyvolaná kapalinou.

Pro úplnost lze uvést i nejmodernější metody stanování průtoků. Jednou z nich je metoda ADCP – kontinuální měření rychlostních segmentů v profilu vodního toku s využitím Dopplerova jevu. Metodu lze uplatnit na vodních tocích o hloubkách 0,4 – 12 m při rychlostech proudu až do 10 m s^{-1} , což ovšem pro většinu toků v mikropovodích neplatí (Fryč a Kůrka, 2005). Další z moderních metod použitelná pro neměřené toky je LSPIV - určení rychlosti toku pomocí obrazového snímání částic větších rozměrů, která navazuje na PIV - snímání rychlosti částic v toku (Sun et al., 2009). Tato moderní technologie byla s výbornými výsledky využita na stanovení odtoku ve velkých řekách (Fujita et al., 1998), ovšem její využití v mikropovodích je diskutabilní.

Mimo faktická měření stanovovaných veličin se v současnosti stále častěji využívá hydrologické modelování, které v posledních desíti letech zažívá v ČR velký rozvoj (Hrádek a Kuřík, 2001). Byla vyvinuta celá řada modelů, z nichž pro drobná povodí lze s úspěchem využít např. DesQ-MaxQ model či HEC-HMS model (Hrádek, Kuřík, Pavlásek, 2001). Model HEC – HMS je v porovnání s modelem DesQ náročnější na vstupní data, problematická je zejména dostupnost srážkových dat. Pro velmi malá povodí je z hlediska praktické aplikace vhodnější model DesQ, umožňující i odvození charakteristik „výpočtového“ deště s prakticky přípustnými zjednodušujícími předpoklady (Hrádek a Kuřík, 2001). V současné verzi DesQ-MaxQ verze 5. již splňuje model požadavky na tzv. čtvrtou třídu přesnosti dle ČSN 751400. Tato úroveň přesnosti je dostačující pro využití v technické a inženýrské praxi, při využití v tak drobných plochách jakou jsou mikropovodí pro zkoumání jednotlivých složek hydrologické bilance ovšem není možné očekávat stejně uspokojujivé výsledky.

Pro získání výsledků prezentovaných v této disertační práci bylo využito pro stanování průtoků DVT v mikropovodích řešení, které se i na základě výše uvedených důvodů jeví pro nasazení v této oblasti jako nejvhodnější. A sice metoda kontinuálního měření výšek hladin na hraně mobilní masky Thomsonova přelivu s využitím hladinoměrných čidel, která je schopná uведенé limitující vlastnosti drobných vodních toků do jisté míry eliminovat. Tato metoda stanování průtoku umožňuje vytvoření přesně definovaného ostrohranného přelivu i v terénních podmínkách. Hydraulické vlastnosti Thomsonova přelivu, který je specifickým typem měrného

přelivu s výřezem ve tvaru pravoúhlého trojúhelníku umožňuje provést i velmi nízké průtoky a přepočtová rovnice zůstává platná pro širokou škálu výšek hladin. V případě DVT se může jednat o mobilní technologii, kdy celá měřicí aparatura může být přenesena a instalována pouze jednou osobou díky malým rozměrům masky přelivu (1-2 m) a její relativně nízké hmotnosti. Základními zdroji nepřesností a chyb v měření zůstávají:

- 1) základní přesnost Thomsonova přelivu $\pm 3\%$ (www.pars-aqua.cz, 2003);
- 2) přesnost použitých hladinoměrných senzorů $\pm 1\%$;
- 3) přesnost kalibrační metody (dle použitého metru) $\pm 0,5$ mm. Pro představu lze tento rozměr převést na procentuální hodnotu z rozsahu při běžném průtoku 1 l/s, odpovídající výšce paprsku 55 mm a tedy odpovídající chybě 0,023 l/s, na chybu v přesnosti $\pm 2,3\%$.

Celková dosažená chyba se tedy pohybuje do $\pm 6,3 \%$ při průtoku okolo 1 l/s, pravděpodobně o trochu více při nižších průtocích (Deutscher a Kupec, 2011). Mimo dosažené přesnosti je výhodou také šetrnost k životnímu prostředí. Zasazení ostrohranného přelivu do osy toku nezpůsobuje výrazný zásah do jeho břehů a metodu tak celkově předurčuje k nasazení v méně přístupných lokalitách s vyšším statutem ochrany životního prostředí, kde by vodní dílo, či stabilizace břehů mohla působit rušivě. Technickou specifikací metody se zabývá **užitný vzor A**.

1.3 Hydrologická bilance

Definici hydrologické bilance nabízí opět zákon o vodách (zákon č. 150/2011 sb., § 22), kde je uvedeno, že tzv. vodní bilance sestává z hydrologické bilance a vodohospodářské bilance. Hydrologická bilance porovnává přírůstky a úbytky vody a změny vodních zásob povodí, území nebo vodního útvaru za daný časový interval. Vodohospodářská bilance porovnává požadavky na odběry povrchové a podzemní vody a vypouštění odpadních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hledisek množství a jakosti vody a jejich ekologického stavu. Obsah vodní bilance a způsob jejího sestavení stanoví Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí vyhláškou. O konkrétních podmínkách stanovení hydrologické bilance v ČR pojednává vyhláška č. 431/2001 Sb. Povodí je možno z vodohospodářského a hydrologického pohledu brát jako relativně homogenní jednotku. Veškeré srážkové vstupy do povodí z něj následně odcházejí závěrným profilem recipientu a konkrétní oblast povodí je tak hydrologicky oddělena od povodí okolních. Pro popis jeho hydrologického cyklu je možno vycházet z rovnice vodní bilance, která ve svém zjednodušeném výkladu znamená, že veškeré srážky na povodí jsou rovny součtu vody odečtené, vypařené a změny zásoby vody v povodí. Rovnici hydrologické bilance s komentářem uvádí, např. Švihla (2001):

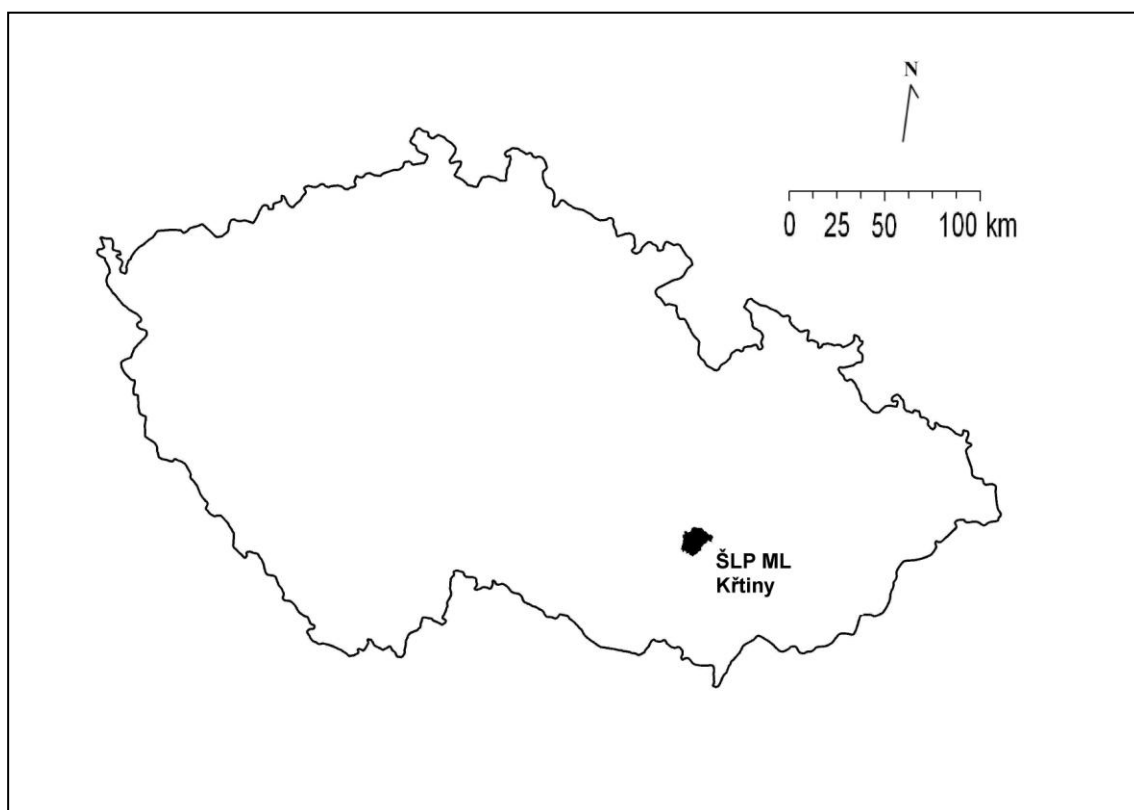
$$H_s = Q + Z + DW \text{ [mm]}, \quad (1)$$

kde H_s je úhrn vzdušných srážek; Q celková odtoková množství; Z územní výpar: evapotranspirace (výpar z půdy a transpirace lesní vegetace) + intercepce (množství srážek zachycených nadzemní částí rostlinné vegetace, z hlediska odtoku „ztráta“; DW změna zásoby vody v povodí. Pro doplnění zbývá uvést, že v případě odtoku se jedná nejen o povrchový, ale i o podpovrchový odtok.

V disertační práci je na vodní bilanci mikropovodí nahlíženo z pohledu drobného vodního toku a lesního porostu, tedy z pohledu vody, která skutečně propadne listovím až k zemi a je přístupná pro rostliny a zároveň se stává součástí povrchového a podpovrchového odtoku. V tomto případě lze jako základní složky vodní bilance uvést následující: 1) srážky na povodí (vstup), 2) průtok v závěrném profilu (výstup), 3) množství vody dostupné pro transpiraci rostlin v rhizosféře, 4) transpiraci porostu (jako nejvýznamnější složku výparu zalesněných území).

2 MATERIÁL A METODY

Materiál a metody byly pro oba prezentované články obdobné s určitými specifiky popsanými níže. Je možno uvést, že oběma experimentům předcházelo vytvoření **užitého vzoru A.**, který posloužil jako základní metodický vstup do celé práce autora. Dále byla identifikována vhodná experimentální povodí, kdy byl kladen důraz na obdobné přírodní podmínky a následně odlišný vegetační kryt. V této kapitole jsou tyto úvodní vstupy do experimentů uvažovány jako materiál pro celý výzkum. Metody získávání dat a jejich vyhodnocování, které jsou specifické pro jednotlivé **články I. a II.** jsou popsány níže s odkazem na konkrétní články.



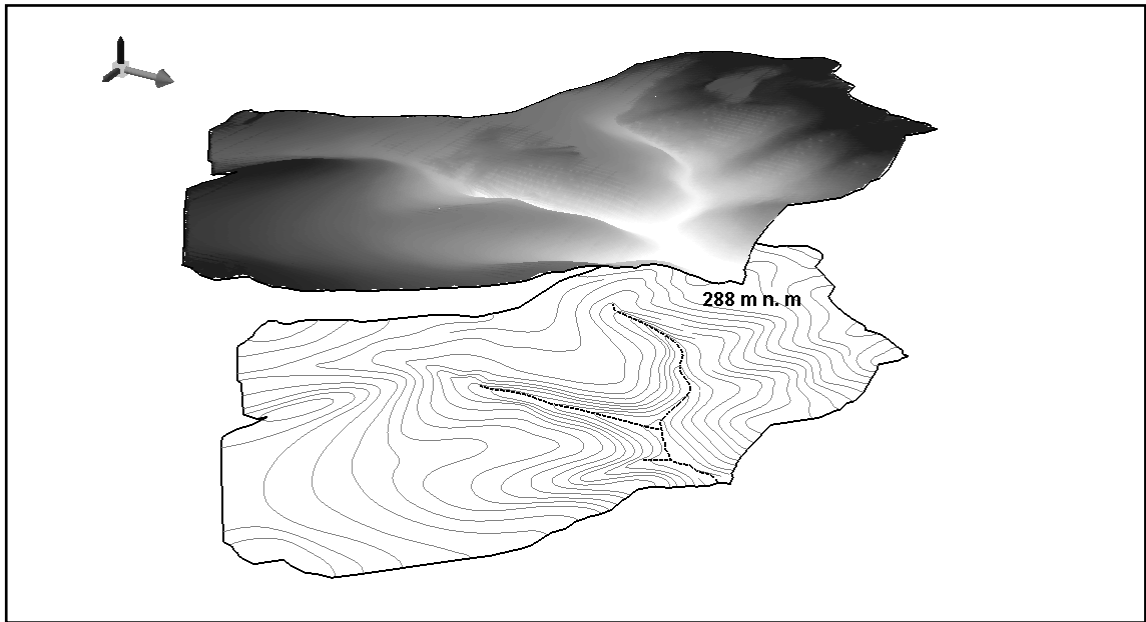
Obrázek I Lokalizace ŠLP ML Křtiny

2.1 Experimentální mikropovodí

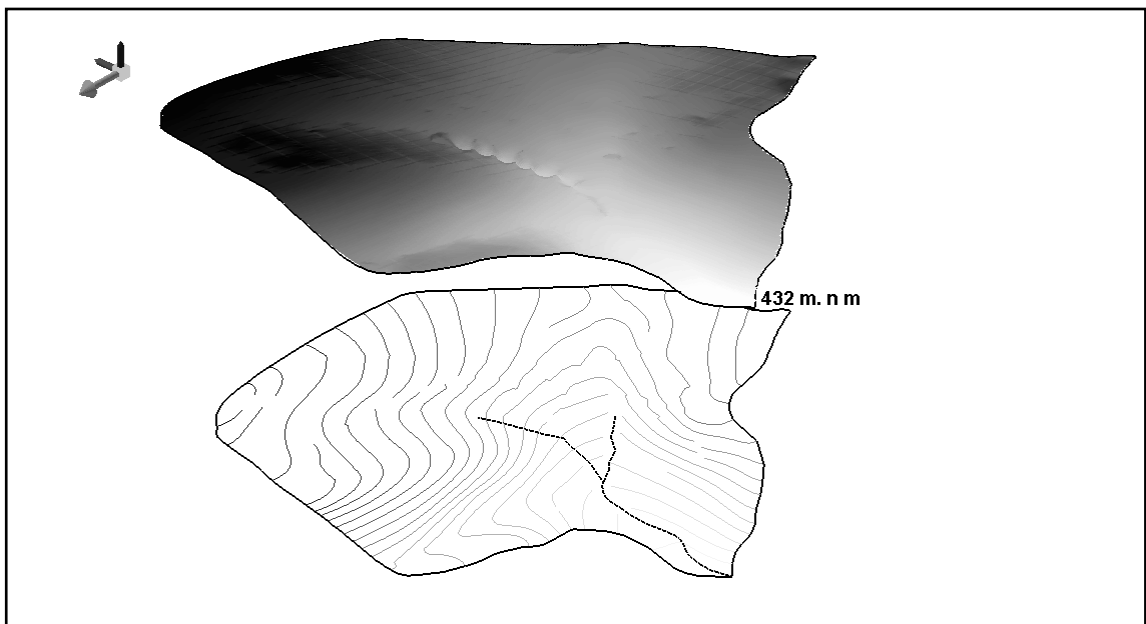
Materiálem při zpracování této disertační práce byla v průběhu řešení celkem dvě lesní mikropovodí na území ŠLP ML Křtiny (Obrázek I). Jednalo se o bezlesé mikropovodí Habrůvka a zalesněné povodí Kanice. Obě povodí jsou charakteristická obdobnými přírodními podmínkami, ovšem odlišným vegetačním krytem (Tabulka I), topografie je zobrazena viz Obrázek II a III. Obě zkoumaná mikropovodí se nacházejí v českém masivu na podloží z kyselých rul a granitů, kde převládajícím půdním typem je kambizemě, s výskytem fluvizemí omezeným na blízkost vodních toků. Průměrná hloubka půdy se pohybuje na obou povodích mezi 70 - 90 cm. Průměrné roční srážky dosahují 610 mm a průměrná roční teplota okolo 7°C. Klima je ovlivněno výraznou členitostí terénu s významným vlivem expozice.

Tabulka I Základní charakteristiky experimentálních povodí

Charakteristiky povodí	Kanice - les	Habrůvka - louka
Plocha (Ha)	65	50
Délka toku (m)	640	680
Nadmořská výška (m)	332	510
Expozice	Severovýchodní	Severní
Lesnatost (%)	98	10
Složení porostů (%)	<i>Fagus sylvatica</i> 25 <i>Pinus sylvestris</i> 20 <i>Quercus petraea</i> 15 <i>Tilia platyphyllos</i> 15 <i>Picea abies</i> 10 <i>Carpinus betulus</i> 10 <i>Larix decidua</i> 5	<i>Fagus sylvatica</i> 55 <i>Acer pseudoplatanus</i> 20 <i>Fraxinus excelsior</i> 15 <i>Larix decidua</i> 10



Obrázek II Morfologické a výškopisné poměry experimentálního povodí Kanice



Obrázek III Morfologické a výškopisné poměry experimentálního povodí Habrůvka

Pro monitoring a vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku ve dvou pramenných pahorkatinných mikropovodích s odlišným vegetačním krytem během suchých period vegetačního období, které je obsahem **článku I.**, bylo využito designu experimentu párových povodí (Brown et al., 2004). Článek vznikl na základě dat získaných stanovováním průtoku z let 2010 – 2011, kdy se dá říci, že poznatky z této úvodní sady dat posloužily pro definici hypotéz a finálního designu experimentu v roce následujícím. Zásadním poznatkem, který byl autorským týmem identifikován na základě rozboru dat o průtocích v roce 2010, bylo, že průtok v korytě toku během dne klesá, a to i relativně výrazně. Důvody pro tento pokles a jeho kvantifikace se staly základními cíly následujícího výzkumu. Pro co nejpřesnější stanovení trendových závislostí vnitrodenního průtoku byly pro začátek zvoleny „normální“ podmínky. Tedy dny, kdy nedochází k výrazným klimatickým jevům, které by mohly významně ovlivnit dění v povodí. Z tohoto důvodu, byla pro úvodní publikaci (**článek I.**) použita výhradně data ze suchých period zkoumaného vegetačního období. Zároveň byl výzkum v roce 2011 rozšířen na bezlesé povodí Habrůvka. Vzájemné porovnání výsledků ze zalesněného a bezlesého povodí mělo umožnit identifikaci vlivu dřevinné vegetace a osvětlit, zda je pokles průtoku během dne přirozenou trendovou záležitostí všech povodí vlivem zvýšeného výparu, či zda je v lesních povodích výrazně ovlivňován výhradně transpirací.

Pro vyhodnocování dynamiky a vztahu vnitrodenního průtoku a transpirace během suchých period vegetačního období v pahorkatinném zalesněném mikropovodí, které je řešeno v **článku II.**, byl experiment prováděn výhradně na Kanickém povodí (Tabulka I, Obrázek II). V návaznosti na předchozí zjištění vyhodnocení dat z let 2010 a 2011, kdy se v **článku I.** podařilo opublikovat a tím před vědeckou obcí obhájit objektivní závěry o trendových charakteristikách průtoků na dvou pahorkatinných povodích ŠLP, byl specifikován nový navazující směr výzkumu. Základními výstupy předchozího článku bylo, že dřevinná vegetace v suchých periodách může fungovat jako stabilizující prvek hydrologické bilance povodí, kdy omezuje ztráty výparem během dne a v noci utlumením transpiračních procesů dovoluje průtoku vystoupat zpět na původní ranní hodnotu, a to v rozporu s děním v bezlesí, kdy průtok neustále mírně klesá i v noci. V návaznosti na dostupnou literaturu (**viz článek II.**) bylo předpokládáno, že tento trend je způsoben zejména transpiračními procesy dřevin. Pro ověření této teze byl výzkum omezen opět výhradně na zalesněné povodí Kanice, ovšem byl zde rozšířen o měření transpiračního proudu a také vlhkosti půdy. Díky spolupráci autorského týmu s kolegy jiných odborností LDF (**viz poděkování**) byl proveden rozsáhlý výzkum celého povodí v rámci týmového projektu IGA LDF 32/2012. Aby bylo možno co nejpřesněji vyhodnotit vzájemné ovlivňování vnitrodenní transpirace porostů a průtoku v recipientu byl výzkum omezen opět výhradně na „normální“ klimatickou situaci. Jinými slovy, vyhodnocována byla výhradně měření ze suchých period, kdy by průtok ani transpirace neměly být výrazně ovlivňovány klimatickými jevy.

2.2 Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků

Dalším materiálovým východiskem metodické podstaty byl „Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků“ (**užitný vzor A.**). Jak bylo řečeno v úvodní kapitole, náplní začátku doktorského studia autora na MENDELU v Brně bylo řešení metodických úskalí při stanovování průtoku DVT. **Užitný vzor A.** prezentuje finální navržené řešení, nicméně jeho navržení předcházela řada dílčích experimentů s cílem ověřit dostupné metody a vybrat z nich tu nejvhodnější pro nasazení v konkrétních lokalitách mikropovodí v pahorkatinách ŠLP ML Křtiny. Některé dílčí závěry byly publikovány na konferencích spíše lokálního významu, např. Deutscher a Kupec, 2010 na konferenci Colloquium of Landscape Management na MENDELU v Brně, Deutscher a Kupec, 2011 na konferenci Young Researchers 2011, PhD Students, Young Scientists and Pedagogues Conference v Nitře či Deutscher a Kupec, 2012 na International Conference Integrated Management of Environmental Resources - Suceava v Rumunsku. Ve stručnosti se dá říci, že metoda mobilní masky Thomsonova přelivu pro přímou instalaci v korytě DVT byla implementována od samého začátku a nebylo od ní nikdy upuštěno, jelikož její dosahovaná přesnost byla velice slibná. Taktéž instalace masky v malých korytech s šířkou okolo 1m se ukázala jako relativně jednoduchá, což lze v daných podmínkách považovat za výhodné. Nicméně bylo třeba zhodnotit nejvhodnější možný způsob pro měření výšky paprsku nad maskou. Testovány byly v zásadě dva druhy hladinoměrných čidel, UZV umístěné nad vodní hladinou a TLK umístěné pod ní. Obě mají určitá specifika vyplývající převážně z jejich konstrukčního řešení, ovšem dosahovaná dlouhodobá přesnost je výrobci uváděna téměř shodná. Při nasazení obou čidel bylo zjištěno, že TLK sondy vyžadují relativně delší dobu kalibrace (i několik dní), než dojde k ustálení tlaku ve vyrovnávací vzduchové kapiláře, což prakticky znemožňuje nasazení při krátkodobých vnitrodenních měřeních. Proto bylo od nasazení TLK čidel upuštěno. Nasazení UZV čidel ve specifických podmínkách konkrétních lokalit na ŠLP ML Křtiny naopak poukázalo mimo jiné na nutnost uvažovat při výběru umístění měřící aparatury i turistické vytyžení lokalit a s ním související vandalismus. UZV čidlo je totiž nutné umístit nad vodní hladinu, což přitahuje nechtěnou pozornost návštěvníků lesa. Identifikace problémů spojených s nasazením této metody a jejich eliminace trvala prakticky dva roky, během nichž došlo při verifikačních experimentech k pořízení úvodní sady dat o průtocích na dvou mikropovodích na území ŠLP ML Křtiny. Tato se i přes komplikované vyhodnocení vlivem neustále se vyvíjející metodiky stala základem pro definici tezí a hypotéz, které se následně snažil autorský tým vyřešit v dalších publikovaných článcích.

Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků podává unikátní technické řešení pro nasazení v oblasti DVT, a to ve světle všech limitujících vlastností DVT, tak jak byly tyto identifikovány a popsány autorem v úvodní kapitole. Při realizaci kontinuálních měření výšek hladin DVT pomocí UZV čidel se využívá principu měření časové prodlevy mezi vyslaným a obdrženým UZV signálem sondy umístěné kolmo nad vodní hladinou, přičemž reflexní vrstvou je hladina toku. V současné době používané UZV sondy jsou

zpravidla technicky realizovány ve válcových tubusech s podélnou osou ve směru vysílaného signálu. Pro dosažení požadované vysoké kvality měření výšky hladiny je rozhodující přesné postavení sondy kolmo k hladině. Kontinuální měření výšek hladin DVT pomocí UZV sond se využívá zejména v kombinaci s hydraulicky přesně definovanými přelivnými zařízeními pro stanovování průtoků těchto toků. Nejčastěji využívanými přelivnými objekty jsou ostrohranné Thomsonovy přelivy s přelivnou hranou ve tvaru rovnoramenného trojúhelníka a úhlem mezi 45° až 90°. Úhel přelivu má vliv zejména na velikost plavenin, které jsou schopny protéci přelivem a nezpůsobovat tak jeho zanesení. Obdobně přelivné masky s ostřejšími úhly jsou vhodnější pro nasazení v podmínkách, kde lze očekávat velmi nízké průtoky, u takovýchto přelivů totiž i při velmi nízkém průtoku dosáhne přelivný paprsek vodního skoku dostatečné výšky, aby zůstaly zachovány jak jeho základní hydraulické parametry, tak platnost konzumpční křivky.

Základním požadavkem na zařízení pro měření výšek hladin v oblasti DVT pro stanovování průtoků je mobilita takového zařízení, nedestruktivnost směrem k životnímu prostředí a současně kontinuita a relativně co nejvyšší přesnost. V případě **užitého vzoru A**, je mobilita zařízení a nedestruktivnost metody v praxi zajištěna tím, že zařízení jsou do koryt a břehových hran DVT umísťována dočasně a po skončení měření se odstraňují, prakticky bez následků, či výraznějšího vlivu na původní stav životního prostředí lokality. Výsledkem instalace portálového stojanu pro UZV čidlo v kombinaci s maskou mobilního Thomsonova přelivu je vytvoření dokonale definovatelného trojúhelníkového přelivu i v náročných terénních podmínkách. Ačkoliv využití měrných přelivů a žlabů není v lesnické hydrologii nic nového, důležitý je mobilní aspekt celé měřicí aparatury. Trojúhelníkový přeliv je výhodný pro nasazení zejména na DVT. Hydraulické rovnice používané pro výpočet průtoku z měření výšky hladiny zůstávají přesné pro širokou škálu hodnot, od relativně nízkých během většiny roku, až po většinu povodňových událostí (www.pars-aqua.cz, 2003). Ostrohranný pravoúhlý Thomsonův přeliv ($\alpha = 90^\circ$) je pro DVT výhodný také z toho důvodu, že je schopný převést i velmi nízké průtoky. Pro výpočet průtoku z výšky hladiny u Thomsonova přelivu se využívá základní exponenciální rovnice (Boor, 1968),

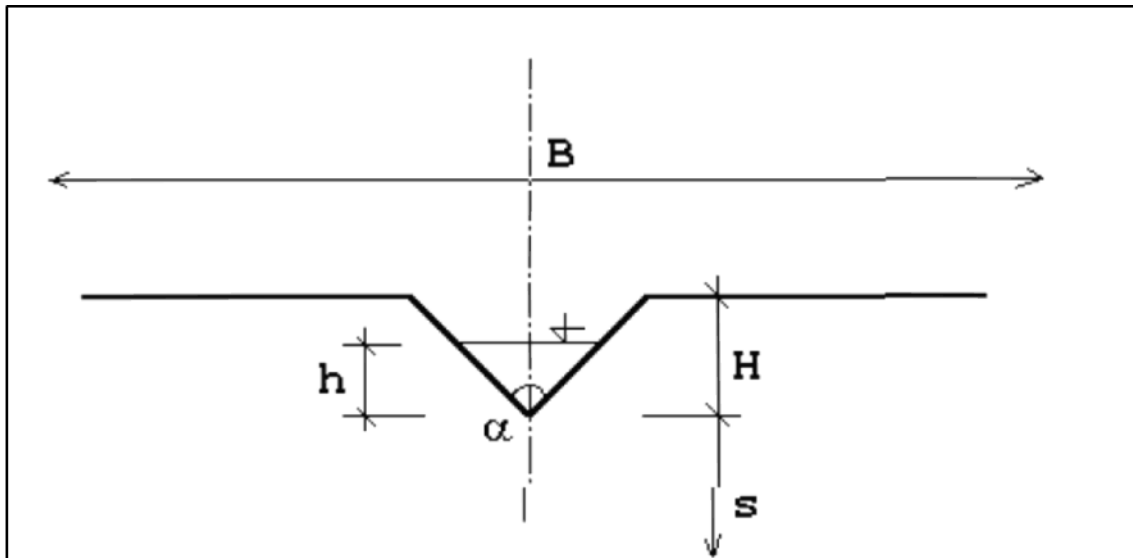
$$Q = 1,4h^{5/2} \quad (2)$$

Aby zůstala zachována její platnost, musí být dodrženy určité geometrické závislosti:

$$B \geq 8h; S > 3h; h_d < S_d \quad (3)$$

kde Q ($m^3 s^{-1}$) je průtočné množství, h (m) výška paprsku vodního skoku, B (m) je šířka toku nad přelivem, h_d je hloubka vody pod přelivem, S (m) je výška přelivu ode dna toku nad přelivem a S_d (m) je výška přelivu ode dna pod přelivem (viz Obrázek IV, Kulhavý 2002). Kromě technických aspektů je přesnost měření závislá především na dvou faktorech. Prvním z nich je správný výběr místa pro umístění masky mobilního Thomsonova přelivu a zajištění její dlouhodobé těsnosti, tj. jejího nepodtékání ani neobtékání. Druhým faktorem je pevná fixace UZV sondy v přírodním materiálu břehu a zajištění její stálé polohy v průběhu celého jednoho měření. Konzolové držáky UZV sond používané v současné době často nesplňují předpoklady pro zajištění výše

uvedených požadavků na fixaci UZV sond. V bahnitých substrátech břehových hran VT dochází k jejich postupnému vyvracení a tím k nutnosti opětovné instalace či recalibrace řídicí jednotky. Rovněž rozsah nastavení takových konzolových držáků v horizontálním i vertikálním směru bývá omezený a v mezních hodnotách nastavení dochází k narušení stability držáku.

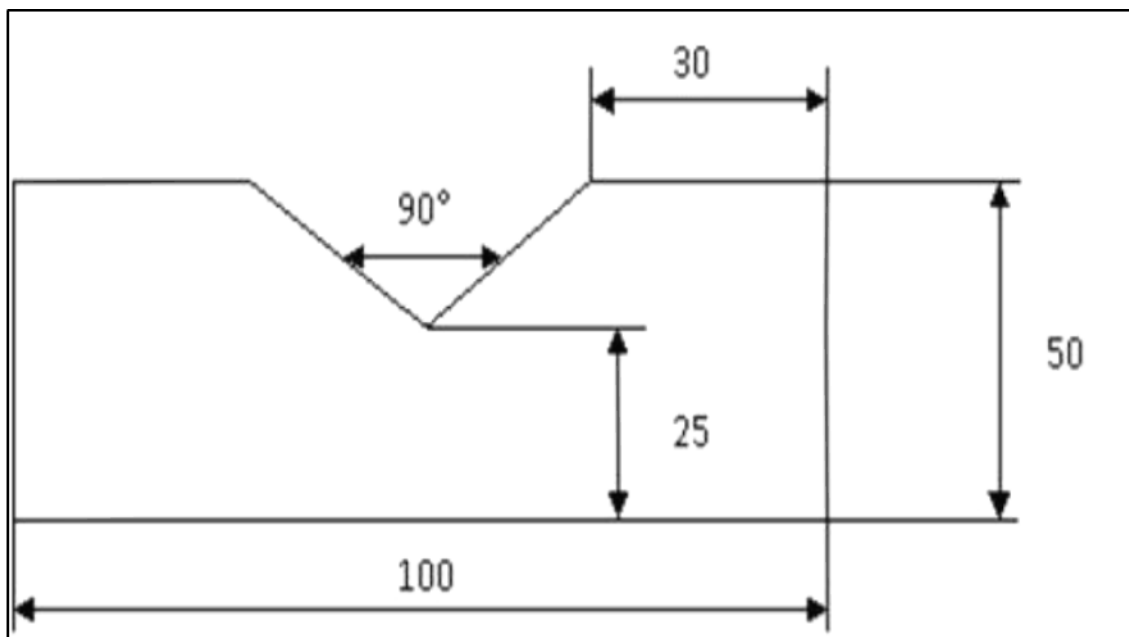


Obrázek IV Geometrické závislosti Thomsonova přelivu, Kulhavý 2002

UZV senzor, který byl použit v obou prezentovaných článcích s označením US1200 musel být při výrobě speciálně upraven pro měření ve velmi nízkých rozsazích výšek hladin. Jeho specifický rozsah byl upraven na 0,15 - 1,2 m. Specifická chyba přístroje udávaná výrobcem dosahuje maximálně 1%. Obdobnou možností pro měření výšek hladin v kombinaci s maskou mobilního Thomsonova přelivu jsou ponorné tlakové sondy. Během přípravných prací autora v prvních letech studia byly tlakové sondy používány, konkrétně ponorné tlakové hladinoměrné čidlo LMP 307, opět s upraveným měřicím rozsahem na 0,1-1 m. Specifická chyba udávaná výrobcem opět dosahovala do 1%. (Fiegler-Mágr, 2010). Bez ohledu na použitý hladinoměrný přístroj je obvyklé tyto sondy napojit na řídicí jednotku (datalogger). V případě přípravných prací pro vytvoření technického řešení užitného vzoru A byla použita jednotka M4016. Kalibrace této jednotky probíhala na počátku každého měření ve specifickém prostředí softwaru MOST (Fiegler-Mágr, České Budějovice) na základě kontrolního měření výšky paprsku skládacím metrem s rozlišením 1 mm. Pro přepočítání výšky hladiny na průtok byla používána přednastavená upravená rovnice pro Thomsonův měrný přeliv:

$$Q = 1,3546h^{2,48515} \quad (4)$$

Měrná maska mobilního Thomsonova přelivu byla vyrobena ze 3 mm silné nerezové oceli. Rozměry prototypu masky ukazuje Obrázek V.



Obrázek V Rozměry prototypu masky mobilního Thomsonova přelivu

2.3 Získávání a vyhodnocování dat

Metodika sběru data byla prakticky shodná pro oba publikované články. Specifika jednotlivých experimentů jsou uvedeny níže. Jelikož jsou pramenná mikropovodí z vodohospodářského hlediska relativně stálými hydrologicky definovatelnými územími, byly jejich přírodní podmínky při vyhodnocování uvažovány jako nezávislá proměnná. Měřeny byly dynamicky se měnící podmínky na povodí, a to vstupy do povodí (srážky), výstupy (odtok) a klimatické faktory (teplota vzduchu). Výstupy z povodí byly pro obě povodí stanoveny z krátkodobých kontinuálních měření průtoků (průměrná délka měření 5 hodin) metodou stanovení průtoku z měření výšek hladin nad mobilní maskou ostrohranného měrného Thomsonova přelivu hladinoměrnými čidly (viz. Deutscher, Kupec 2010a, 2012). Výška hladiny nad přelivnou hranou Thomsonova přelivu byla měřena UZV čidlem (US1200) s napojením na řídicí jednotku (M4016-RV, Fiedler-Mágr, České Budějovice). Tato měření probíhala v týdenních intervalech (celkem 10 měření na každé lokalitě) během vegetačního období od května do října (ve dnech s minimy teplot nad 10°C, dle Culek et al. (2005)). Srážky a teplota vzduchu byly měřeny poloprofesionální klimatickou stanicí Vantage Vue umístěnou v prosvětlené vrcholové části Kanického povodí dle manuálu pro meteorologická měření programu ICP forest (Raspe S. et al., 2010). Teplotní data z této stanice byla použita i pro Habrůvecké povodí, kde probíhala pouze měření srážek srážkovým kolektorem (MetOne 375, Oregon, USA).

V případě **článku I.** bylo nezalesněné mikropovodí Habrůvka uvažováno jako referenční lokalita pro zalesněné mikropovodí Kanice. Na Habrůveckém mikropovodí nejsou srážky a průtok v korytě ovlivňovány dřevinnou vegetací. Tím, že přírodní podmínky obou povodí jsou velmi podobné, lze pozorované rozdíly vysvětlit funkčními účinky dřevinné vegetace, převážně transpirací lesních porostů. Při srovnávání průtoků z různých povodí je důležité porovnávat periody s obdobnými srážkami pro minimalizaci odchylek způsobených klimatem (Burt and Swank, 1992). Z tohoto důvodu byla z provedených měření vyhodnocována pouze ta, pořízená během suchých period. Jelikož neexistuje univerzálně platná definice sucha nebo suché periody (Wilhite and Glanz, 1985), byla jako suché periody uvažována období nejméně tří dní, během nichž nedošlo k výraznější srážkové činnosti (0,2 mm/den). Podle Stockera (1956) se intenzita transpirace mění během dne. Během slunných dní dosahuje zpravidla svého maxima okolo poledne, případně vykazuje dvojí amplitudu s mírným poklesem během poledne vlivem uzavření průduchů zabraňujícím vysušení rostlin. Na základě této informace byla měření prováděna dopoledne (9-14 hod.), odpoledne (14-19 hod.) a v noci (19-9 hod.). Pořízené hodnoty teplot a průtoků z dílčích úseků dne byly společně nejprve zprůměrovány a následně interpretovány. Hlavní důraz byl kladen na identifikaci rozdílu mezi počáteční a koncovou hodnotou průtoku pro daný časový úsek.

V případě **článku II.** byla metodika získávání dat zcela shodná s metodikou popsanou v předchozím článku pro srážky, teplotu vzduchu a pro stanovení průtoku. Měření však byla v tomto případě rozšířena dále o měření transpirace porostů a vlhkosti půdy. Transpirace byla stanovena měřením intenzity mízního toku na jednotlivých vzorníkových jedincích. Pro toto měření bylo vybráno celkem 7 porostů reprezentujících různé typy porostů vyskytujících se na lokalitě s odlišnou věkovou

i druhovou strukturou. Měření mízního toku bylo prováděno od konce května do začátku října. Vzorníkové porosty a stromy jsou popsány v Tabulka II.

Tabulka II Vzorníkové porosty a stromy

Porost	Měřené druhy	Počet vzorníků
1	<i>Picea abies</i>	5
2	<i>Picea abies</i>	7
3	<i>Tilia cordata, Carpinus betulus</i>	12
4	<i>Pinus sylvestris, Larix decidua</i>	5
5	<i>Pinus sylvestris</i>	7
6	<i>Tilia cordata, Larix decidua</i>	12
7	<i>Fagus sylvatica, Quercus robur, Tilia cordata, Carpinus betulus</i>	12

Pro vyhodnocení změn obsahu vody v půdě a vody dostupné pro transpiraci během sledovaných suchých period byla na lokalitě instalována hnízda se sondami měřícími vlhkosti půdy. Tato hnízda byla umístěna po obou stranách povodí podél rozvodnice směrem od toku v 20-50 metrových intervalech, pro vyhodnocení případného vlivu sklonu svahu. Celkem bylo umístěno 10 hnízd, 4 a 6 na každé straně povodí, s tím, že jedno z nich bylo umístěno v absolutní blízkosti koryta recipientu, ve vzdálenosti 2 m od toku. Tato hnízda byla osazena sondami pro měření vlhkosti půdy (PR2 soil profile probe, Delta-T Devices Ltd, Cambridge, England) s délkou 40 cm s vlhkostrními čidly v hloubkách 10,20,30 a 40 cm. Toto měření bylo doplněnou vlhkostrní sondou v 5 cm (Delta-T Devices Ltd, Cambridge, England). Sběr dat ze všech hnízd byl proveden celkem 7 krát, pokaždé během 2 hodin ze všech hnízd.

Obdobně jako v předcházejícím **článku I.**, byla pro vyhodnocení využita výhradně data získaná ze suchých period vegetačního období od května do října roku 2012. Jako suché periody byly uvažovány dny, které následovaly po 3 dnech s maximálním srážkovým úhrnem do 0,2 mm. Vegetační období bylo uvažováno pro dny s minimální teplotou nad 10°C, dle Culek et al. (2005). V těchto podmínkách bylo odůvodnitelné vyloučit přímý vliv srážek na transpiraci i průtok. Vliv obsahu vody v půdě byl následně vyloučen stejným způsobem, čímž byl nepřímý z vyhodnocení vyloučen i vliv množství vody dostupné pro transpiraci rostlin. Bylo předpokládáno, že výška hladiny podzemní vody ve sledovaném období by nikdy neměla klesnout natolik, aby to mohlo způsobit snížení intenzity transpirace. Tento předpoklad byl experimentálně podpořen měřením vlhkosti půdy, které ověřilo, že ve sledovaných podmínkách byly srážkami normální intenzity ovlivňovány pouze nejsvrchnější vrstvy půdy a i během několikadenních suchých period zůstává vlhkost půdy prakticky neměnná. Současně byla původní data o dynamice vnitrodenních průtoků z roku 2011 použita pro srovnání s odpovídajícími daty z roku 2012 s cílem ověřit původní publikované výsledky.

Následný přepoččet transpirace z jednotlivých vzorníkových stromů na úroveň porostu bylo založeno na regresní analýze mezi průměrem kmene v prsní výšce a vodní

spotřebou stromu (Čermák et al., 2004). Transpirace porostu byla poté porovnána s referenční evapotranspirací (Allen et al. 1998). Takto byly vylišeny 3 porostní typy:

1. listnaté porosty s nejvyšší intenzitou transpirace v porovnání s referenční evapotranspirací (maximální transpirace 4,0 mm za den)
2. mladé jehličnaté porosty (2,7 mm za den)
3. staré jehličnaté porosty (2,6 mm za den)

Transpirace takto vylišených typů porostů byla vypočtena jako průměr všech stromů spadajících do daného typu. Vnitrodenní trendy v dynamice transpirace a teploty vzduchu byly vyhodnoceny z průměrných hodinových hodnot pořízených v suchých periodách předcházejících měření průtoku. Celková transpirace všech porostů v povodí byla spočtena jako suma průměrných hodnot vylišených porostních typů vážená k jejich rozloze (Tabulka III).

Tabulka III Poměrové rozložení porostních typů v experimentálním povodí Kanice

Porostní typ	Plocha (Ha)	Procenta
Listnaté porosty	37,4	57
Staré jehličnaté porosty	26,1	40
Mladé jehličnaté porosty	1,7	3
Celkem	65,2	100

Vlhkost půdy byla vyhodnocena zvlášť pro hnízdo nejbliže toku (2 m), které bylo ovlivňováno inundací, a zvlášť pro ostatní hnízda, jejichž hodnoty byly zprůměrovány, jelikož vykazovaly velmi podobné trendové charakteristiky.

Vnitrodenní trendy v dynamice průtoku byly vyhodnoceny z 10 minutových zápisových intervalů UZV čidla jako průměr všech hodnot pocházejících z dané části dne (dopoledne, odpoledne, noc). Konečné zpracování dat je prezentováno jako trendová analýza studovaných jevů (transpirace, průtok, teplota vzduchu) zaměřená na demonstraci trendů ve vnitrodenní dynamice dle výše citovaných zdrojů.

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Podstata technického řešení portálového stojanu pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků (užitný vzor A.)

Tato kapitola obsahuje relativně podrobný popis technického řešení portálového stojanu pro UZV sondu, tak bylo toto popsáno při zápisu do rejstříku užitných vzorů. Obdobná měřicí aparatura byla využita pro měření výšek hladin pro následné stanovování průtoků během let 2010 - 2012. Zkušenosti získané provozem této měřicí aparatury umožnily vyladit tuto technologii do podoby prezentované níže. Jednalo se o dlouhodobý proces, kdy bylo třeba identifikovat všechny činitele mající výrazný vliv na přesnost metody. Jako zásadní problém se poměrně nečekaně neprojevovala celková těsnost přelivu, která zůstávala během měření relativně konstantní. Splaveniny v korytě lesního DVT fungovaly na návodní straně měrného přelivu samovolně jako izolační nepropustná vrstva. Jediné pozorované problémy tohoto rázu se vyskytly v případě štěrkového podloží, či v případě že se ve dně v místě instalace nacházel větší kámen, který po odstranění narušil těsnost dna. Za využití místního materiálu při opravě však ani toto nezpůsobovalo výraznější komplikace. Za předpokladu, že se v místě dopadu paprsku z místních kamenů zbuďovalo provizorní vývařiště, nedocházelo na vzdušné straně ani ke zpětnému vymílání. Faktem zůstává, že i při opětovné instalaci měřicí aparatury v týdenních intervalech na stejném místě docházelo pouze k nepatrným změnám na životním prostředí. Základním problémem, který byl v terénu identifikován a který je mimo jiné řešen užitným vzorem A., se ukázalo být udržení stabilní polohy UZV čidla a také vlastní umístění čidla nad hladinou v místě vhodném pro měření. Původně byl využíván jednonohý stojan tvaru L, který teoreticky umožňoval umístit čidlo v dostatečné vzdálenosti nad měrným přelivem, kde je hydraulika vodního paprsku nepříhodnější pro měření výšky hladiny. V praxi se však ukázalo, že i při velké hloubce zanoření se stojan časem vyvrací vlivem nestabilních bahnitých substrátů břehových hran a okolí DVT. Chyba způsobená i malou změnou polohy UZV čidla se na měřených hodnotách projevuje velmi drasticky a tuto chybu není možné, pakliže nastane, žádným způsobem početně eliminovat. Z tohoto důvodu byl v počátcích jednonohý stojan fixován opřením o vzdušnou stranu měrného přelivu, čímž se podařilo z velké části docílit stability UZV čidla, ovšem bylo velmi komplikované umístit ho takto opřené do vhodné kolmé a zároveň vodorovné polohy nad místo měření. Převážně problémy spojené s fixací UZV čidla a také přenositelností a adaptovatelností celé metody na větší rozsah velikostí toků byly hlavními důvody pro vypracování technického řešení užitného vzoru, tak je popsán níže.

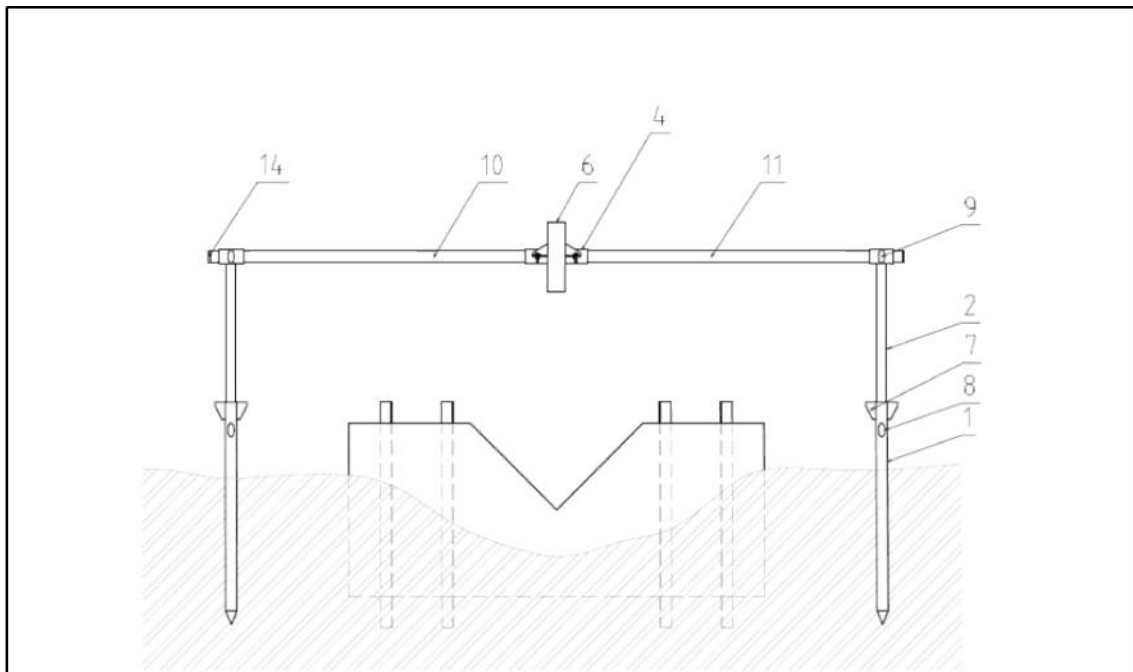
Nedostatky současných metod stanovování průtoků z měření výšek hladin uvedené v metodické kapitole do značné míry odstraňuje portálový stojan pro UZV sondu (**užitný vzor A. - Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků**). Podstata technického řešení spočívá v tom, že sestává ze dvou svislých výškově nastavitelných teleskopických noh, jejichž horní vsuvné části jsou opatřeny pouzdry, ve kterých je

vodorovně suvně uložen dělený portálový nosič, na kterém je uložena suvně a otočně kolem své osy nasouvací trubka opatřená držákem s pouzdrem pro upevnění UZV sondy, přičemž dělený portálový nosič a nasouvací trubka jsou v pracovní poloze zajištěny aretačními prvky.

Výškové nastavení teleskopických noh je zajištěno tak, že jejich dolní nosné části jsou opatřeny zářkami a prvními aretačními šrouby pro zajištění polohy horních vsuvných částí teleskopických noh. Vodorovné nastavení děleného portálového nosiče v pouzdrech je zajištěno tak, že tato pouzdra jsou opatřena druhými aretačními šrouby pro zajištění polohy děleného portálového nosiče.

Portálový nosič je tvořen dvěma trubkami navzájem spojitelných pomocí čepu, kterým je opatřen konec první trubky a otvoru pro čep vytvořeného na přilehlém konci druhé trubky, přičemž vzájemná poloha trubek je nastavitelná stavěcím šroubem uspořádaným v radiálním otvoru vytvořeném v druhé trubce. Nastavení polohy nasouvací trubky s UZV sondou je zajištěno tak, že nasouvací trubka je opatřena třetím aretačním šroubem pro zajištění její polohy na děleném portálovém nosiči. Je výhodné, je-li portálový nosič zhotoven z nerezového materiálu.

Předností portálového stojanu pro UZV sondu, dle technického řešení je zejména jeho stabilita, neboť na jedno nastavení je stabilní po dobu celého měření. Další výhodou je možnost jeho jednoduché demontáže pro transport a relativně nízká hmotnost. To výrazně zvyhodňuje jeho nasazení např. v hůře dostupných terénech či v transportně hůře obslužných lokalitách. Výhodou je rovněž to, že se jedná o konstrukci z nerezových materiálů, která nepodléhá klimatickým jevům a korozi. Technické řešení dokládá Obrázek VI.



Obrázek VI Technické řešení užitého vzoru A. - Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků

Legenda ke schématu:

- 1 - dolní nosné části teleskopických nohou z nerezových trubek, jež jsou opatřeny ocelovými kotvícími hroty sloužícími pro zaražení do přírodního prostředí
- 2 - horní vsuvné části teleskopických nohou z nerezových trubek, jež jsou opatřeny kovovými pouzdry (3 - není viditelné ve schématu), ve kterých je vodorovně suvně uložen dělený portálový nosič
- 4 - krátká nasouvací trubka uložena suvně a otočně kolem své osy na děleném portálovém nosiči opatřená držákem pouzdra (5 - není viditelné ve schématu)
- 6 - pouzdro pro upevnění UZV sondy
- 7 - zarážky
- 8 - první aretační šrouby sloužících pro výškové nastavení vsuvných částí teleskopických nohou
- 9 - druhé aretační šrouby sloužící pro zajištění polohy děleného portálového nosiče
- 10, 11 - části děleného portálového nosiče z nerezových trubek navzájem spojitelné pomocí čepu (12 - není viditelné ve schématu) a stavěcího šroubu (13 - není viditelné ve schématu), který slouží k ustavení trubek a zajištění jejich vzájemné polohy
- 14 - plastové záslepky
- 15 - třetí aretační šrouby (není viditelné ve schématu) sloužící k stabilizaci polohy držáku pouzdra UZV sondy

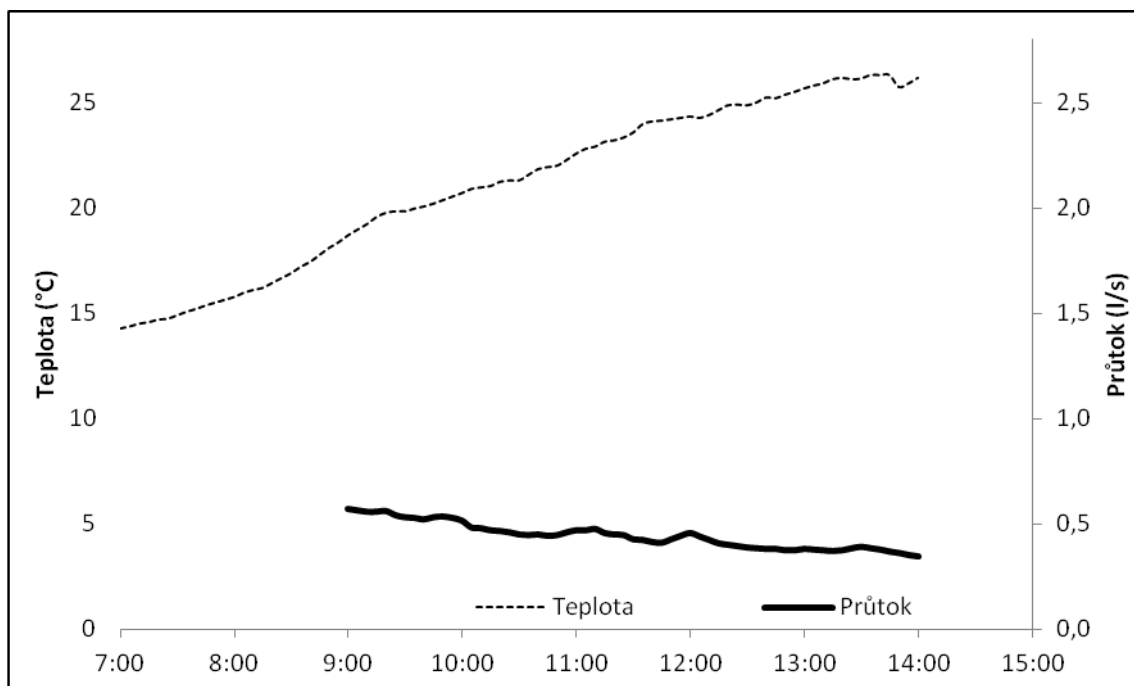
Portálový stojan pro UZV sondu podle technického řešení je využitelný především pro přesné kontinuální nedestruktivní měření výšek hladin, resp. z nich odvozených veličin, zejména průtoků, DVT pomocí UZV sond, a to zejména v lokalitách s horší dostupností. V kombinaci např. s mobilními Thomsonovými přelivy a vhodnými UZV sondami může být součástí mobilní aparatury ke stanovování průtoků DVT. Portálový stojan pro UZV sondu je rovněž jednoduše adaptibilní pro stanovování výšek hladin DVT pomocí stacionárních metod, kdy je koryto upraveno tak, aby bylo přesně hydraulicky definováno.

3.2 Monitoring a vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku ve dvou pramenných pahorkatinných mikropovodích s odlišným vegetačním krytem během suchých period vegetačního období (Článek I.) - výsledky

Tato a následující kapitola obsahují překlad výsledků a diskuze, tak jak byly tyto prezentovány v opublikovaném vědeckém článku I., který prezentuje závěry zjištěné na základě dat o průtocích z roku 2012. Nicméně základní teze pro jeho vznik pochází již z let předchozích. Prakticky od počátku stanovování vnitrodenních průtoků DVT na území ŠLP v roce 2010 bylo evidentní, že tyto nejsou v průběhu dne konstantní, ale v návaznosti na evaporační procesy prochází dynamickými změnami. Časová dynamika vnitrodenních průtoků se tak stala základním bodem výzkumu. Od počátku bylo současně předpokládáno, že hlavní složkou vodní bilance, která má vliv na změny průtoku během dne je v případě zalesněných oblastí dřevinná vegetace na povodí. Primární důraz byl tak kladen na účinky dřevinné vegetace i v návaznosti na dlouhodobé téma hydrické funkce lesa řešené na LDF již od padesátých let 20. století. Pro lepší vyhodnocení získaných dat bylo využito bezlesé referenční povodí Habrůvka, aby bylo možno případné rozdíly vztáhnout výhradně k účinkům dřevinné vegetace a tyto následně kvantifikovat. Během měření na bezlesém povodí Habrůvka, přestože to není obsahem článku I., který se věnuje výhradně suchým periodám, bylo zaznamenáno i několik bouřkových epizod, zejména v jarním období. Během jedné z nich na jaře roku 2012 byl průtok v korytě toku, který v průměru činil pouze okolo 0,4 l/s tak velký, že síla proudu strhávala masku přelivu a znemožňovala tak vlastní instalaci měřící aparatury. Bylo proto provedeno přibližné stanovení průtoku plovákovou metodou za využití částečně naplněné PET láhve, které kvantifikovalo aktuální průtok na více než 20 l/s. Oproti tomu zajímavým faktem v suchých periodách bylo například to, že mimo jiné vlivem nižšího sklonu toku v místě měření trvalo nadržení prostoru nad maskou při průtoku okolo 0,2 l/s a ustálení paprsku nad přelivem i více než hodinu. V zalesněném povodí Kanice byly po celé sledované období průtoky zřetelně vyrovnanější bez obdobně dramatických extrémů. Již tato pozorování sama o sobě vypovídají o nezastupitelné funkci dřevinné vegetace a jejích hydrických účincích. Nicméně jakým způsobem ovlivňuje dřevinná vegetace průtok v korytě během dne a jaké mohou být důsledky změn ve využívání zalesněných území je stále předmětem výzkumu. Možnost, jak tyto otázky objasnit je prezentována v článku I. na případě dvou obdobně velkých pahorkatinných povodí na území ŠLP.

3.2.1 Referenční bezlesé mikropovodí Habrůvka

Průměrné pozorované průtoky nezalesněného povodí ve vegetačním období beze srážek dosahují hodnot od 0,2 l/s po 0,7 l/s s dlouhodobým průměrem okolo 0,4 l/s. Teplota dosahuje maxima okolo 14:30 hodin a jeho hodnoty se pohybují mezi 15 - 32°C. Minimální teploty se pohybují v rozmezí od 8°C do 20°C a je jich dosaženo kolo 6:00 ráno. Průměrný specifický odtok ve vegetačním období beze srážek dosahuje 1,4 l/s/km². Data naměřená na lokalitě Habrůvka zobrazují obr. VII, VIII a IX.

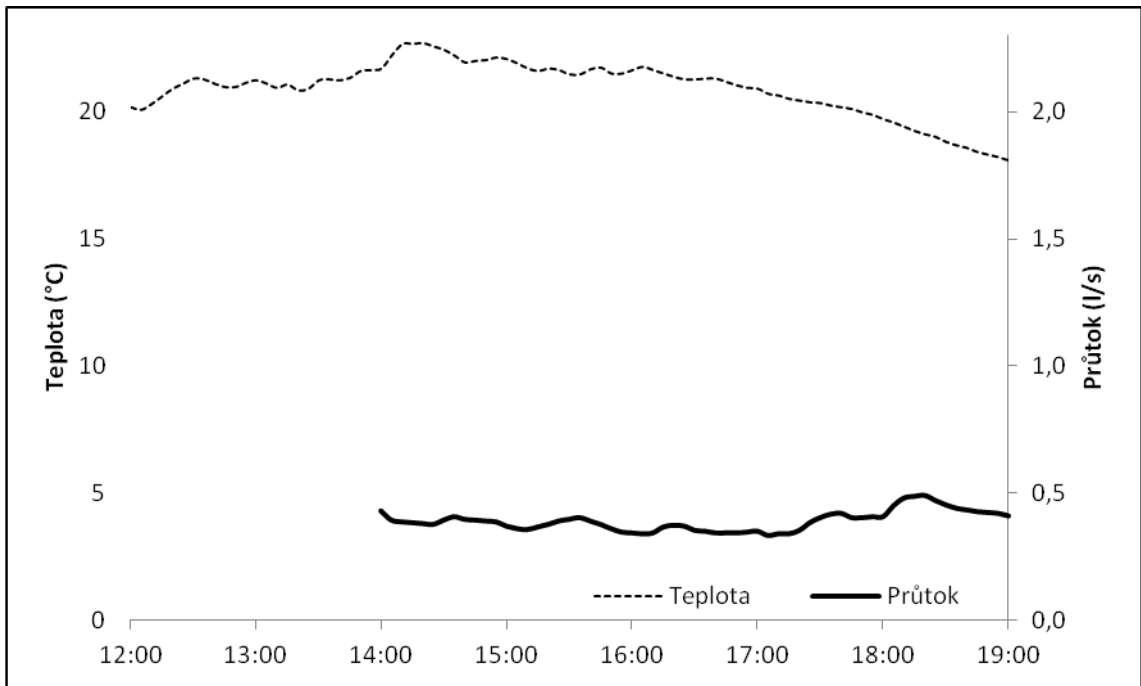


Obrázek VII Průměrný dopolední průtok a teplota na experimentálním povodí Habrůvka během suchých period vegetační doby v roce 2011

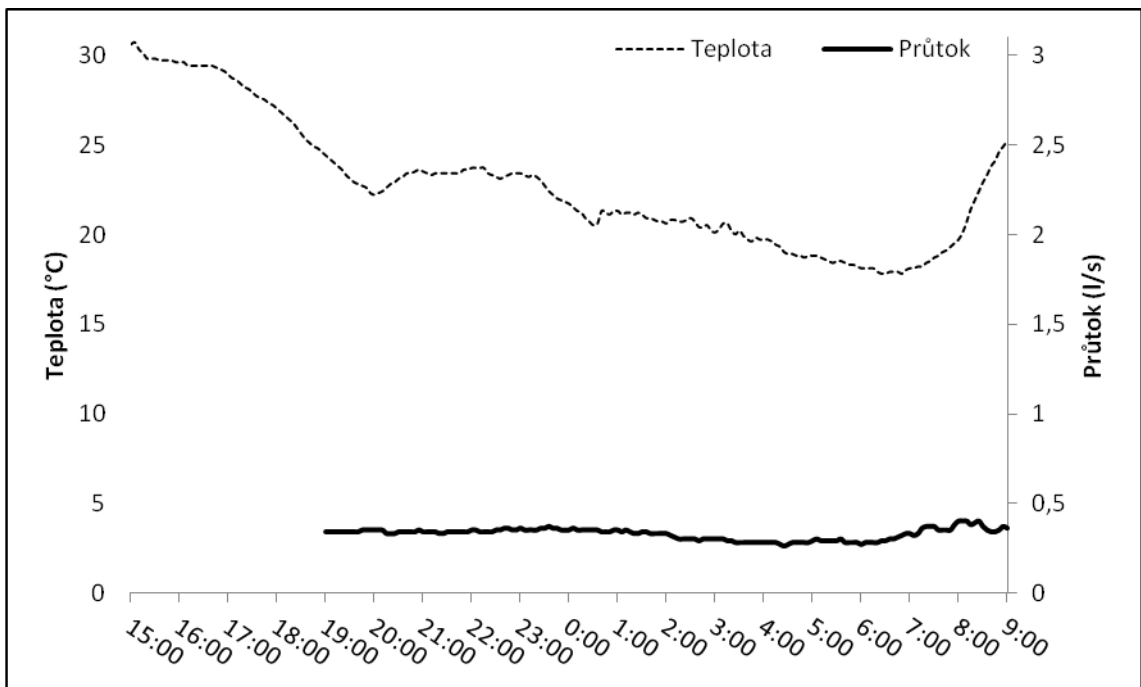
Během dopoledne (9:00 - 14:00) lze na lokalitě pozorovat výraznou závislost mezi zvyšováním teploty a odpovídajícím snižováním průtoků. Teplota se během měření navýšila v průměru o 7°C, což odpovídá přibližně 45% původní ranní hodnoty. To mělo za následek klesání průtoku, který byl kvantifikován v průměru na celkem na 0,18 litrů/s s intenzitou poklesu 0,04 litrů/s za hodinu. To odpovídá přibližně 33% původní ranní hodnoty, ovšem tento pokles byl na velmi rozkolísaný od 20 - 50% v závislosti na maximální dosažené teplotě.

V odpoledních hodinách (14:00-19:00) je teplota relativně stabilní, maxima dosahuje okolo 14:30 a začíná klesat přibližně v 16:30 s průměrnou intenzitou 1,5°C za hodinu. Průtok v korytě vykazuje oproti dopoledním hodinám mírnější klesající trend. Tento pokles byl kvantifikován v průměru celkem na 0,06 l/s (15% původní hodnoty), což odpovídá intenzitě poklesu 0,01 l/s za hodinu.

V noci (19:00 - 9:00) teplota na lokalitě po celou dobu klesá s intenzitou 0,4°C za hodinu s minimem přicházejícím okolo 6:00 ráno. Průtok je po většinu noci stabilní. Mezi 6:00 až 9:00 lze pozorovat nárůst průtoku o 0,03 l/s, pravděpodobně způsobený horizontálními srážkami (mlha a rosa).



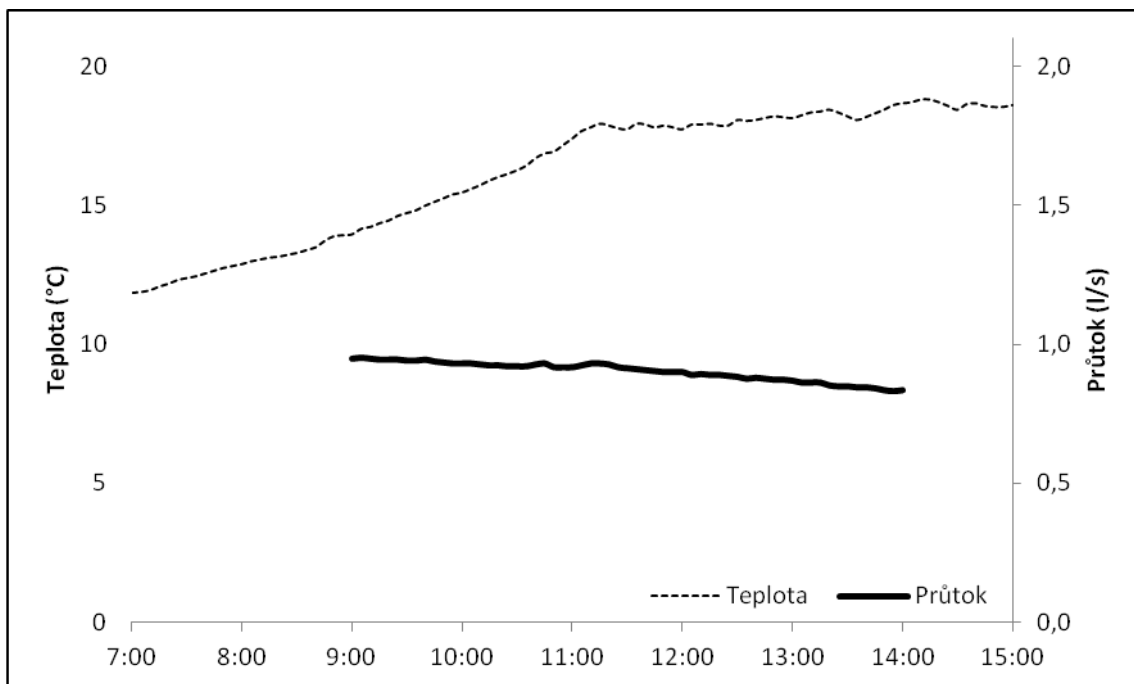
Obrázek VIII Průměrný odpolední průtok a teplota na experimentálním povodí Habrůvka během suchých period vegetační doby v roce 2011



Obrázek IX Průměrný noční průtok a teplota na experimentálním povodí Habrůvka během suchých period vegetační doby v roce 2011

3.2.2 Zalesněné mikropovodí Kanice

Průměrné pozorované průtoky ve vegetačním období beze srážek na této zalesněné lokalitě dosahují hodnot od 0,6 l/s po 1,2 l/s s dlouhodobým průměrem okolo 0,7 l/s. Teplota dosahuje svého maxima okolo 12:00 a jeho hodnoty se pohybují mezi 20 – 30 °C. Minimální teploty se pohybují v rozmezí od 4°C do 15°C a je jich dosaženo kolo 6:00 ráno. Průměrný specifický odtok ve vegetačním období beze srážek dosahuje 1,08 l/s/km². Data naměřená na lokalitě Habrůvka zobrazují obr. X, XI a XII.

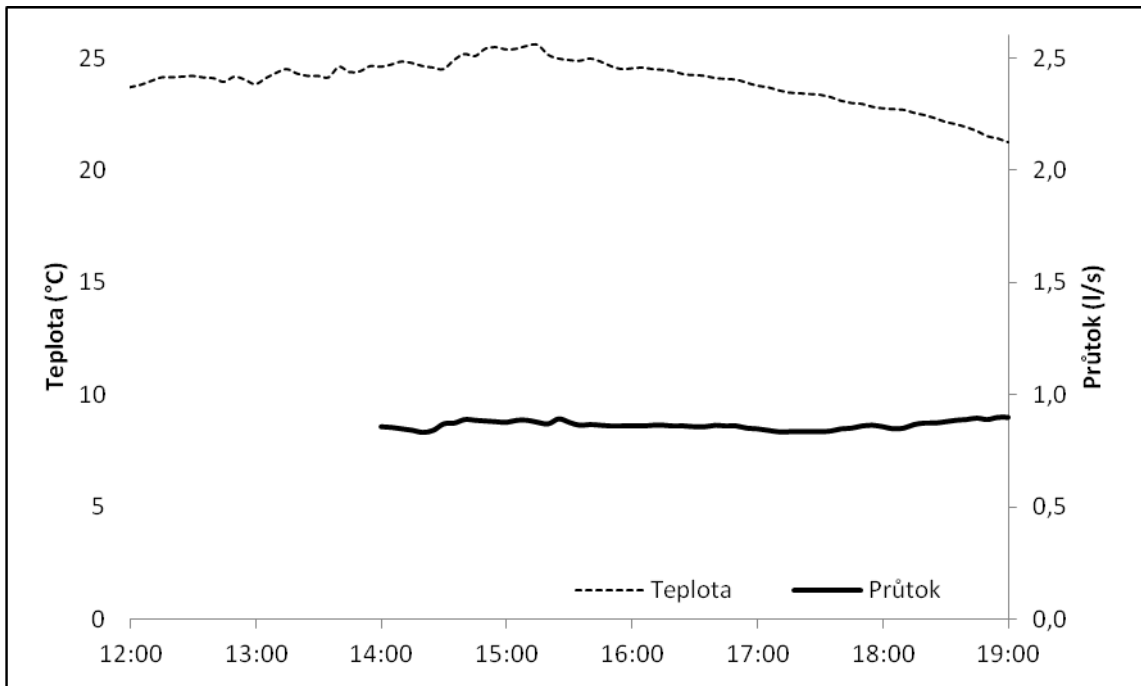


Obrázek X Průměrný dopolední průtok a teplota na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011

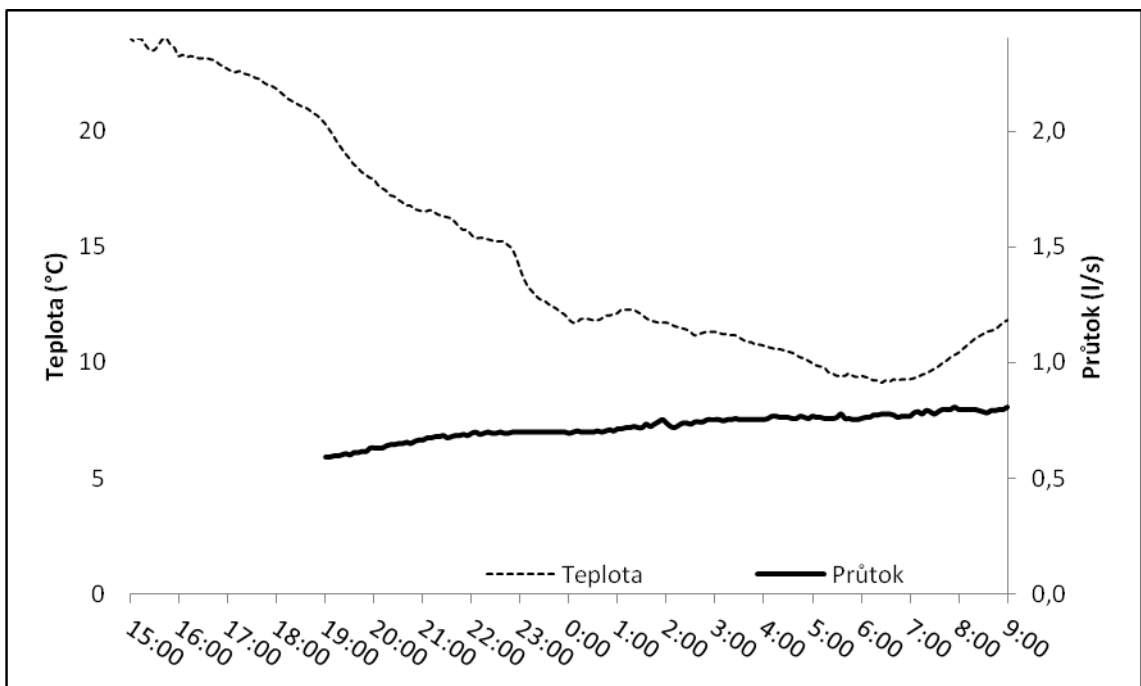
Během dopoledne (9:00-14:00) se průtok jeví jako lineární, přestože teplota prudce stoupá. Teplota v průměru vzrůstá o 4,5°C, což odpovídá 30 % původní ranní hodnoty. Klesání průtoky bylo kvantifikováno v průměru na celkem 0,12 l/s za, což odpovídá přibližně 13% původní ranní hodnoty. Intenzita klesání odpovídá 0,03 l/s za hodinu.

V odpoledních hodinách (14:00 - 19:00) je teplota relativně stabilní, maxima dosahuje okolo 14:30, poté lze sledovat pokles začínající okolo 18:00. Průtok minima dosahuje po 18:00. Pokles v průtoky byl kvantifikován v průměru na celkem 0,07 l/s (8% původní hodnoty), což odpovídá intenzitě poklesu pod 0,02 l/s za hodinu. Poté průtok začíná vzrůstat zpět.

V noci (19:00-9:00) lze pozorovat následující trendy. Teplota na lokalitě vykazuje výrazné snížení v době mezi 18:00 - 23:00 a to s průměrnou intenzitou 2°C za hodinu. Teplota i nadále mírně klesá, až do východu slunce (průměrně 0,5°C/hodinu) a minima dosahuje okolo 6:00 ráno. Průtok v korytě vykazuje trvalý lineární nárůst, který byl v průměru kvantifikován na 0,22 l/s s intenzitou necelých 0,02 l/s za hodinu (o 38% původní hodnoty). Svého maxima dosahuje okolo 8:30.



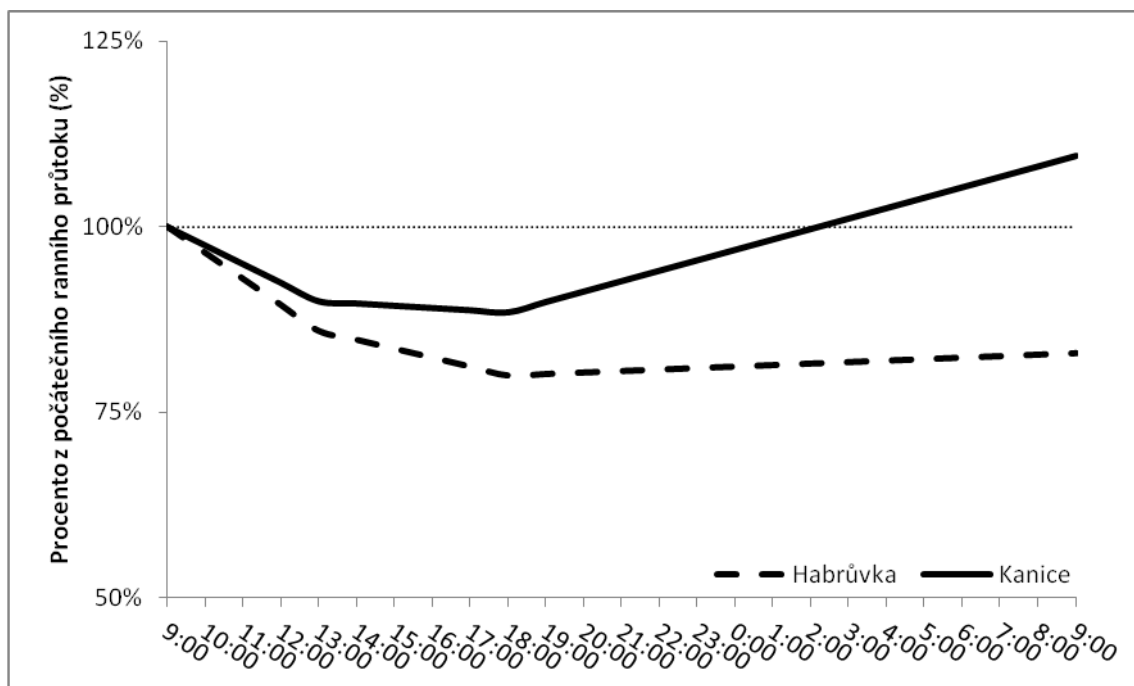
Obrázek XI Průměrný odpolední průtok a teplota na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011



Obrázek XII Průměrný noční průtok a teplota na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011

3.2.3 Porovnání výsledků párových povodí

Obě lokality shodně vykazují trend klesání průtoku během osluněné části dne (cca 9:00 - 19:00). Uvedeným metodickým postupem byl denní pokles v objemu průtoku kvantifikován na lokalitě Habrůvka v průměru na 0,24 l/s/den, což odpovídá 44% původní ranní hodnoty. Na lokalitě Kanice byl tento denní pokles kvantifikován v průměru na 0,19 l/s/den, což odpovídá 20% původní ranní hodnoty (viz Tabulka IV a Obrázek XIII).



Obrázek XIII Vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku v experimentálních povodích Habrůvka a Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011

Tabulka IV Vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku v experimentálních povodích Habrůvka a Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011

Experimentální povodí	Část dne (hod)	Průměrný počáteční průtok (l/s)	Průměrný koncový průtok (l/s)	Průměrná změna průtoku (l/s)	Hodinová intenzita změny průtoku (l/s/hod)
Habrůvka	9 - 14	0,54	0,37	-0,17	-0,035
Habrůvka	14 - 19	0,41	0,35	-0,06	-0,012
Habrůvka	19 - 9	0,34	0,37	0,03	0,002
Kanice	9 - 14	0,95	0,83	-0,12	-0,025
Kanice	14 - 19	0,88	0,86	-0,02	-0,003
Kanice	19 - 9	0,59	0,79	0,2	0,014

3.3 Monitoring a vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku ve dvou pramenných pahorkatinných mikropovodích s odlišným vegetačním krytem během suchých period vegetačního období (Článek I.) - diskuze

Jako zásadní rozdíl mezi oběma lokalitami se jeví odlišná časová dynamika průtoku po západu slunce. Kdy na bezlesé lokalitě Kanice průtok stagnuje a vykazuje pouze dílčí zvýšení během ranních hodin. Oproti tomu lze na zalesněném povodí Kanice pozorovat relativně výrazný nárůst v průtoku, v průměru kvantifikovaný na 0,22 l/s za noc (38% původní večerní hodnoty). V suchých periodách vegetačního období dochází na Habrůveckém bezlesém povodí k neustálému poklesu objemu průtoku, v průměru vykazujícím intenzitu 0,01 litru/s s maximem okolo poledne, kdy dosahuje průměrné intenzity 0,035 l/s/hod. Celkový úbytek vody v korytě bezlesého mikropovodí za jeden suchý den byl v průměru kvantifikován na 0,21 l/s za den. Bylinná vegetace na lokalitě není schopná úbytek vody výparem nahradit. Oproti tomu na zalesněném povodí byl v případě suchých dní úbytek vody prakticky nulový. Z toho lze usuzovat, že lesní porosty v těchto případech přes noc fungují jako zdroje vody pro celý vodní tok a pomáhají udržovat pozitivní vodní bilanci.

Díky využití metody párových povodí s využitím dvou mikropovodí umožňuje popis jejich časové dynamiky a vzhledem k jejich obdobným abiotickým podmínkám umožňuje případné rozdíly vztáhnout k účinkům dřevinné vegetace. Švihla (2001) uvádí, že v období s nižšími průtoky jsou drobné vodní toky výhradně zásobovány právě vodou z lesních zdrojů. Celkový roční objem odtoku z lesů pro celou ČR činí v průměru 0,75 - 1,04 násobek odtoků ze zemědělských kultur. Tato hodnota kolísá podle vodnosti jednotlivých let, horní hodnoty dosahuje v letech suchých. Naše měření ukázala, že při srovnání specifického odtoku z obou lokalit ze zalesněného povodí Kanice byl odtok během vegetační doby v suchých dnech (při relativně vyšších hodnotách územního výparu) o 77% nižší než odtok z bezlesí, což je v kontrastu s obecnými výsledky publikovanými Švihlou (2001). Nicméně stejný autor dále uvádí, že v pahorkatinách, při relativně vyšších hodnotách územního výparu je rozdíl mezi objemem odtoku z lesů a zemědělských pozemků zpravidla vyšší. Z lesů odtéká v průměru jen asi 0,6 - 0,7 násobku odtoku z bezlesí, což je již v souladu s našimi výsledky.

Dle Válka (in Riedl, Zachar a kol. 1974) v suchých obdobích činil průměrný denní odtok z horského zalesněného povodí 1,21 l/s/km², z povodí bezlesého 0,78 l/s/km². Dle našich pozorování činil průměrný odtok ze zalesněného povodí Kanice 1,08 l/s/km² a z bezlesého Habrůvka 1,4 l/s/km². Podobné hodnocení vlivu různých kultur na odtokové poměry prováděli Křovák a Kuřík (2001) na Šumavě na třech horských mikropovodích (okolo 10 ha). Průměrný specifický odtok během suché periody činil u mrtvého lesa 1,5 l/s/km² u paseky 2,6 l/s/km² a u lesa zdravého 4,1 l/s/km² (viz tabulka V).

Tabulka V Srovnání průměrných specifických odtoků z horské a pahorkatinné oblasti v suchých periodách

Experimentální povodí dle autora	Průměrný specifický odtok (l/s/km ²)	
	Les	Bezlesí
Válek, 1962 - horská oblast	1,21	0,78
Křovák, Kuřík, 2001 - horská oblast	4,1	1,5
Deutscher, Kupec, 2014 - pahorkatinná oblast	1,08	1,4

Tato zjištění podtrhují rozdílné podmínky horských a pahorkatinných povodí, kdy průměrný specifický odtok z horských povodí v suchých periodách několikrát (3 - 4 x) převyšuje odtok z povodí pahorkatinných. Zásadním faktickým rozdílem je však to, že dle našich pozorování je odtok ze zalesněného povodí i v případě několikadenních suchých period nižší, než odtok z povodí bezlesého. Oproti výsledkům publikovaných Válkem (in Riedl, Zachar a kol. 1974) i Křovákem a Kuříkem (2001) z horských oblastí je tedy chování a význam vegetace v pahorkatinných povodích odlišný, jak dokládají i výsledky publikované Švihlou (2001).

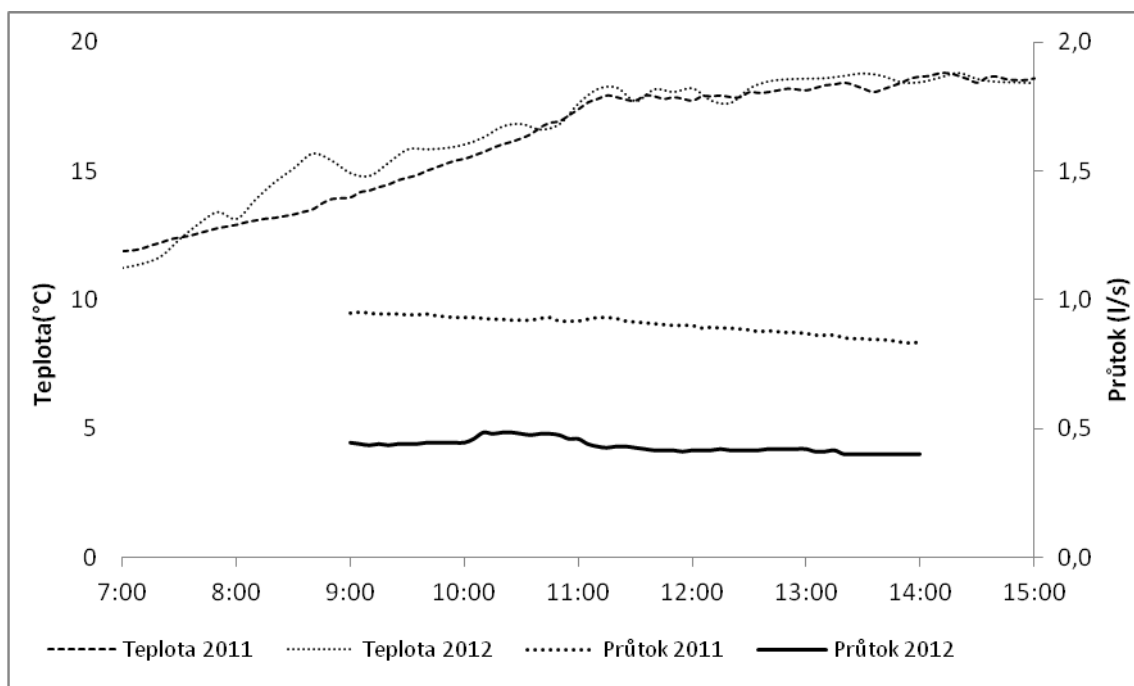
V případě transpirace, dle dostupných údajů o intenzitě transpiračního proudu se intenzita transpirace během dne mění. Za jasného počasí obvykle dosahuje amplitudy kolem poledne, či dvou amplitud s propadem v poledních hodinách (Stocker, 1956). Ve světle těchto poznatků lze vysvětlit výrazný trend v klesání průtoku v korytě během dopoledních hodin (9:00 - 14:00), který byl pozorovaný na obou lokalitách. Na bezlesém povodí Habrůvka dosahuje intenzita poklesu v průměru 0,035 l/s/hod dopoledne (9:00-14:00) a 0,012 l/s/hod (14:00 - 19:00) odpoledne. Na zalesněném povodí Kanice je to pak 0,025 l/s/hod dopoledne a 0,016 l/s/hod odpoledne. Relativně vyšší hodnota intenzity poklesu průtoku na zalesněné lokalitě oproti bezlesí může být odvozována právě od intenzivnější transpirace lesního porostu společně s předpokladem, že zatímco s klesající teplotou vzduchu klesá v bezlesí Habrůvka i celková evapotranspirace, naopak v zalesněných Kanicích lesní porosty intenzivně transpirují.

3.4 Vyhodnocování dynamiky a vztahu vnitrodenního průtoku a transpirace během suchých period vegetačního období v pahorkatinném zalesněném mikropovodí (článek II.) - výsledky

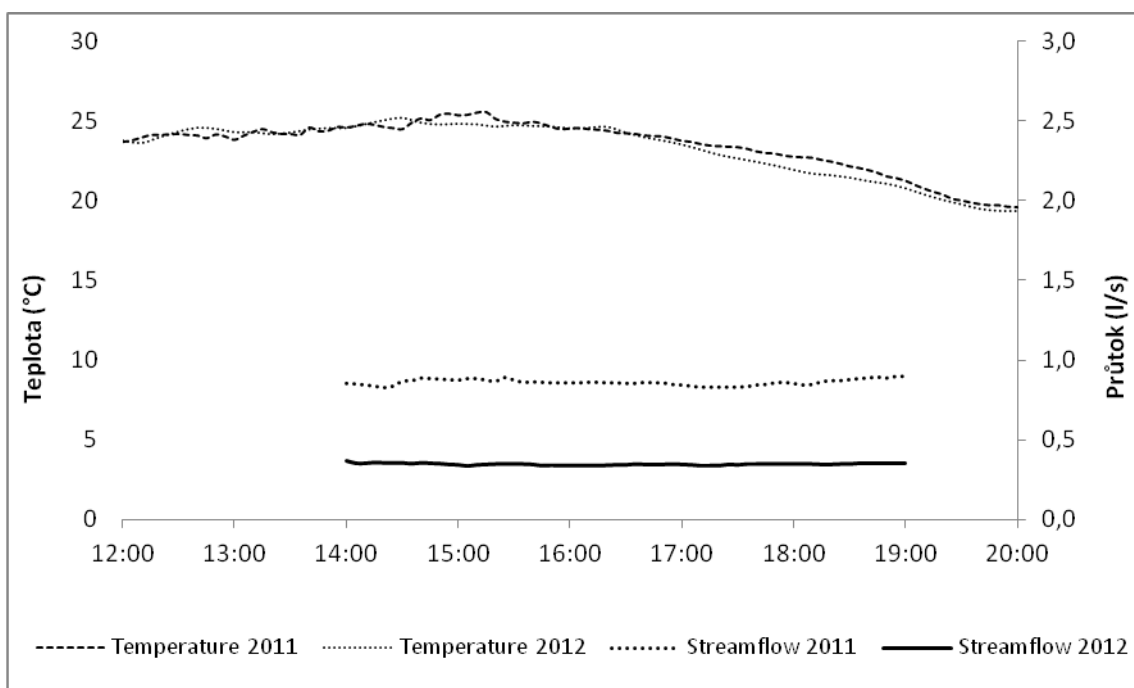
Po úspěšném opublikování výsledků předchozího výzkumu v článku I., které mimo jiné potvrdilo relevanci publikovaných dat v kontextu témat řešených soudobými odborníky, byl následující výzkum směřován k dalšímu prohloubení znalostí o řešených skutečnostech a také k potvrzení správnosti publikovaných výsledků. Díky již ustálené metodice stanovování průtoků bylo umožněno vzájemné srovnání dat pořízených z let 2011 a 2012. Toto bylo žádoucí z toho důvodu, že do této chvíle nebylo zcela zřejmé, zda je časová dynamika vnitrodenních průtoků pouze akutně se měnící veličinou bez dlouhodobých trendových závislostí, či zda lze naopak v jejím chování napříč jednotlivými lety identifikovat trvale platné principy. Výsledky prezentované v článku II. naznačují v souladu s několikaletým pozorováním autorského týmu a i s celkovou předpokládanou ideou o fungování zalesněného pahorkatinného mikropovodí, že vnitřní hydrologický systém studovaného mikropovodí a jeho dynamika jsou relativně stabilní a rezilientní charakteristiky. Vyhodnocení bylo opět zúženo výhradně na suché periody vegetačního období a relativně velký prostor byl věnován metodickému literárnímu i experimentálnímu zajištění. Je totiž zřejmé, že transpirace porostů je dynamicky se měnící veličina odvislá od velkého množství faktorů, jako teplota, oslunění, směr a rychlost větru, zásoba vody v půdě apod. Pro co možná nejpřesnější stanovení vzájemného vztahu průtoku a transpirace proto bylo vyhodnocovány pouze suché periody, kdy je ovlivnění vodou nejmenší a zároveň byl experimentálně ověřen předpoklad, že zásoba vody v půdě není během několikadenních suchých period limitujícím faktorem. Tyto zásadní předpoklady by měly umožnit při určité míře zjednodušení na úrovni porostu v suchých periodách relativně přesné vyhodnocení vlivu vnitrodenní transpirace porostů na průtok v korytě DVT.

3.4.1 Porovnání let 2011 a 2012

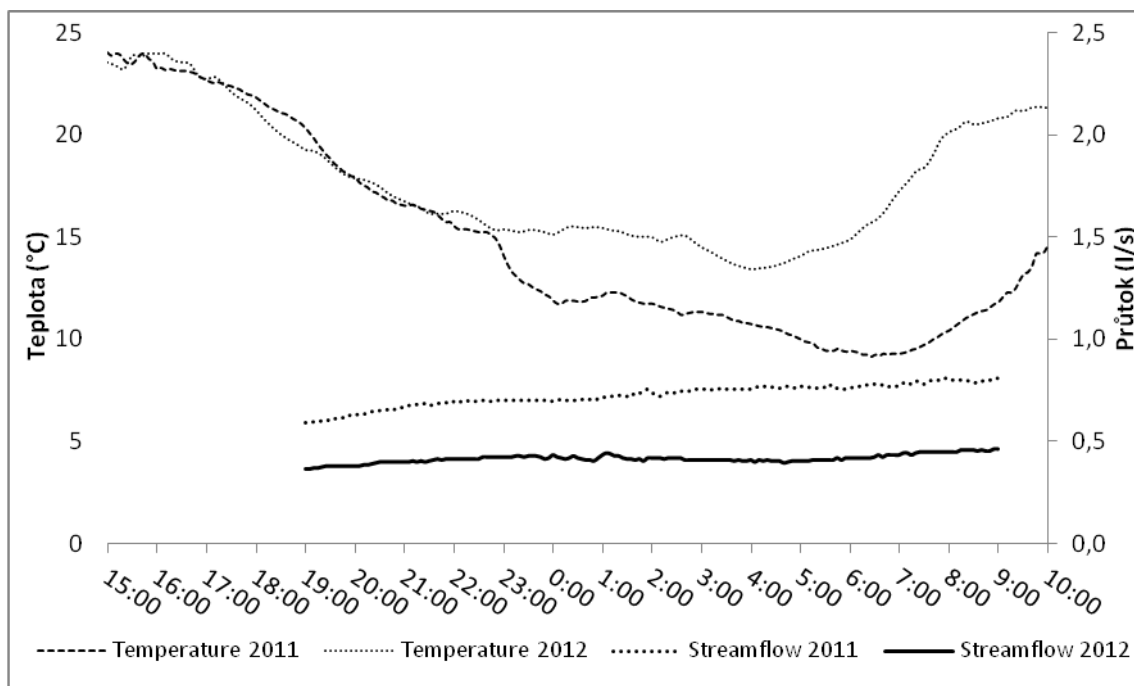
Výsledky srovnání průběhu průtoků a teplot ze suchých period vegetačních období roku 2011 a 2012 ukazují, že rok 2011 byl vodnější než rok následující. V roce 2011 dosahoval průměrný pozorovaný průtok v suchých periodách 0,8 l/s a v roce 2012 pak 0,4 l/s. Hodnoty průtoků z roku 2011 jsou v absolutních hodnotách cca o 0,4 l/s vyšší, přestože průměrné teploty ve sledovaném období jsou prakticky shodné (Obrázek XIV, XV a XVI).



Obrázek XIV Srovnání průměrného odpoledního průtoku a teploty na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012

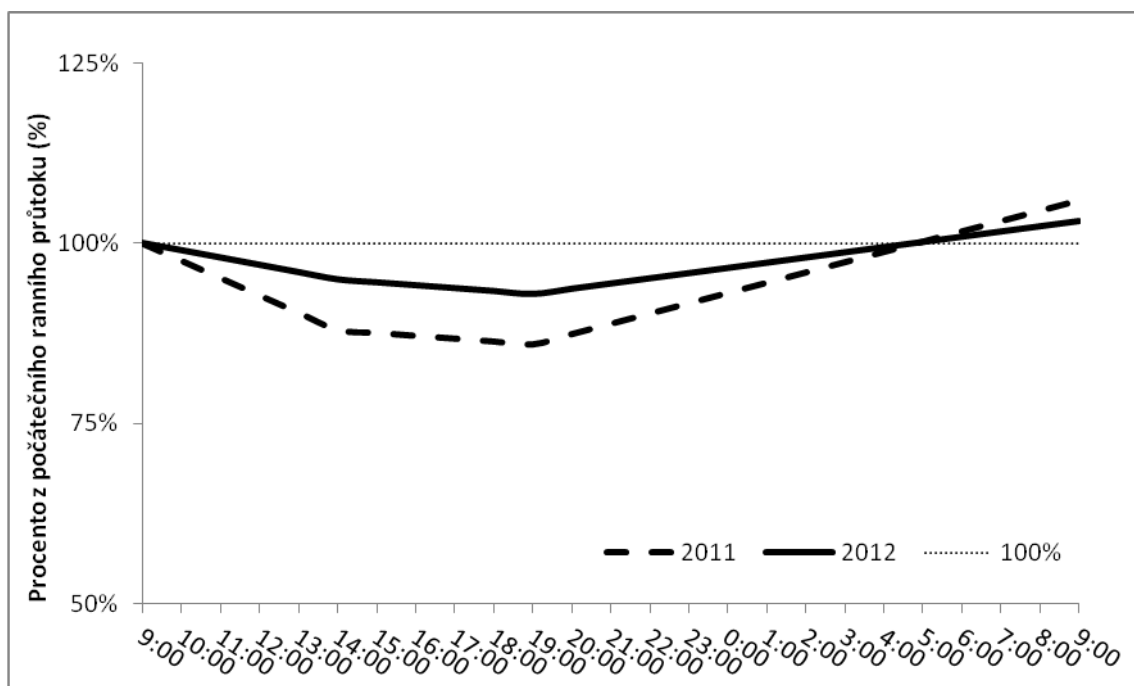


Obrázek XV Srovnání průměrného dopoledního průtoku a teploty na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012



Obrázek XVI Srovnání průměrného nočního průtoku a teploty na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012

Nejintenzivnější pokles průtoku byl pozorován v ranních hodinách cca od 9:00 do 14:00 a tento byl kvantifikován pro roky 2011 a 2012 na 0,12 l/s (12,6%), respektive na 0,05 l/s (11,1%). V odpoledních hodinách 14:00 – 19:00 je pokles nepatrný, v průměru 0,02 l/s pro oba roky (2,3% v 2011 a 5,4% v 2012). V noci 19:00 – 9:00 byl pozorován nárůst průtoků na původní ranní hodnotu v roce 2011 v průměru o 0,2 l/s (33,9%) v 2012 o 0,1 l/s (27%) (Obrázek XVII, Tabulka VI). Přes rozdílné hydrologické podmínky obou let vykazuje časová dynamika vnitrodenního průtoku shodný trend klesání průtoků během osluněné části dne a jeho následné navyšování v noci, v souladu s očekávanými transpiračními procesy dřevin. Přestože absolutní hodnoty průtoků byly během obou let odlišné, relativní dynamika vnitrodenních průtoků zůstala bez výraznějších změn.



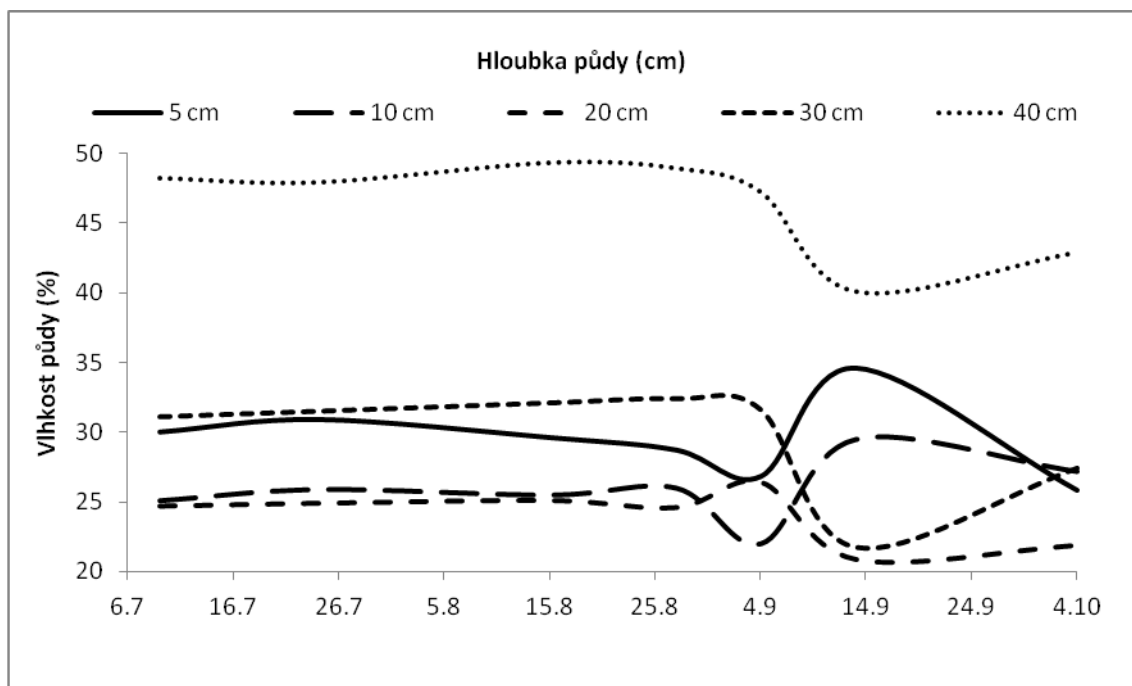
Obrázek XVII Srovnání časové dynamiky vnitrodenního průtoku v experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012

Tabulka VI Srovnání časové dynamiky vnitrodenního průtoku v experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012

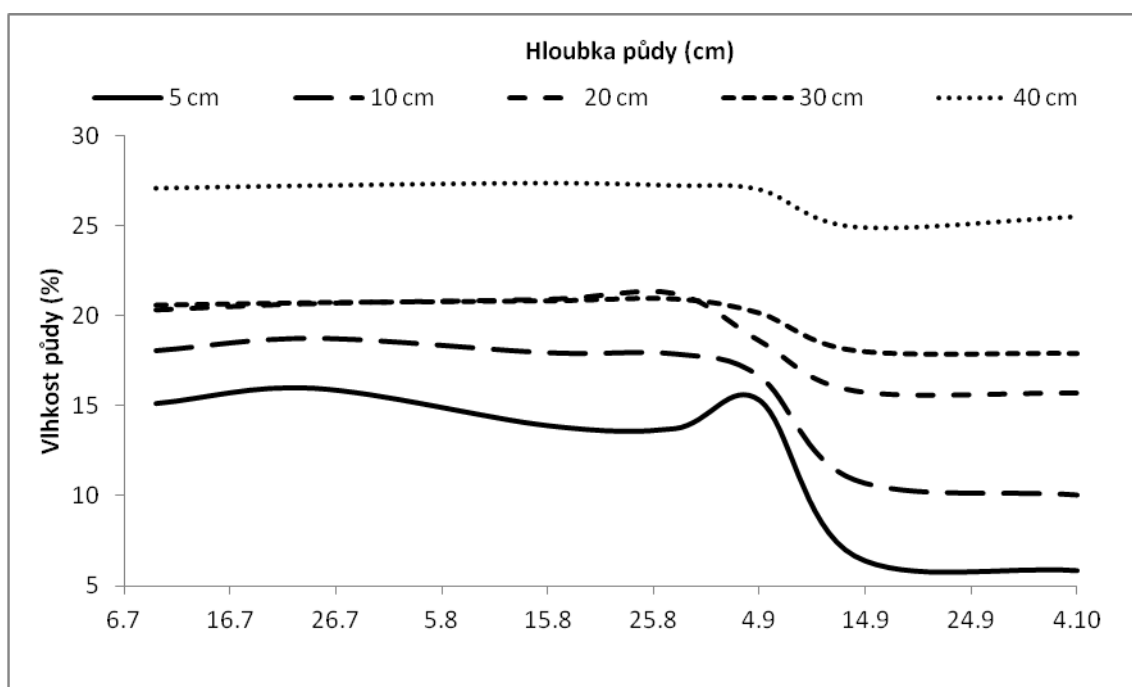
Experimentální povodí, rok	Denní doba (hod.)	Průměrný počáteční průtok (l/s)	Průměrný koncový průtok (l/s)	Průměrná celková změna (l/s)	Průměrná relativní změna (%)
Kanice, 2011	9 - 14	0,95	0,83	-0,12	-12,6
Kanice, 2011	14 - 19	0,88	0,86	-0,02	-2,3
Kanice, 2011	19 - 9	0,59	0,79	0,2	33,9
Kanice, 2012	9 - 14	0,45	0,4	-0,05	-11,1
Kanice, 2012	14 - 19	0,37	0,35	-0,02	-5,4
Kanice, 2012	19 - 9	0,37	0,47	0,1	27,0

3.4.2 Vyhodnocení vlhkosti půdy

Vlhkost půdy naměřená v hnízdě nejbliže u toku (2 m) vykazovala výrazně odlišné hodnoty, než údaje ze sond umístěných dále (20 m a víc). V blízkosti toku byla půdní vlhkost nejvyšší, pozorované maximum 49% bylo v hloubce nad 40 cm, kde se pravděpodobně nachází dlouhodobě hladina podzemní vody. V tomto případě do hloubky 10 cm byla půdní vlhkost s největší pravděpodobností výrazně ovlivňována přímou komunikací s vodou v korytě a z tohoto důvodu vykazovala změny i protichůdné k nižším hloubkám. S přibývajícím hloubkou se půdní vlhkost stabilizovala a v hloubce pod 20 cm se prakticky neměnila, kromě déle trvající suché periody v září 2012 (Obrázek XVIII).



Obrázek XIX Vlhkost půdy v těsné blízkosti toku na experimentálním povodí Kanice v roce 2012



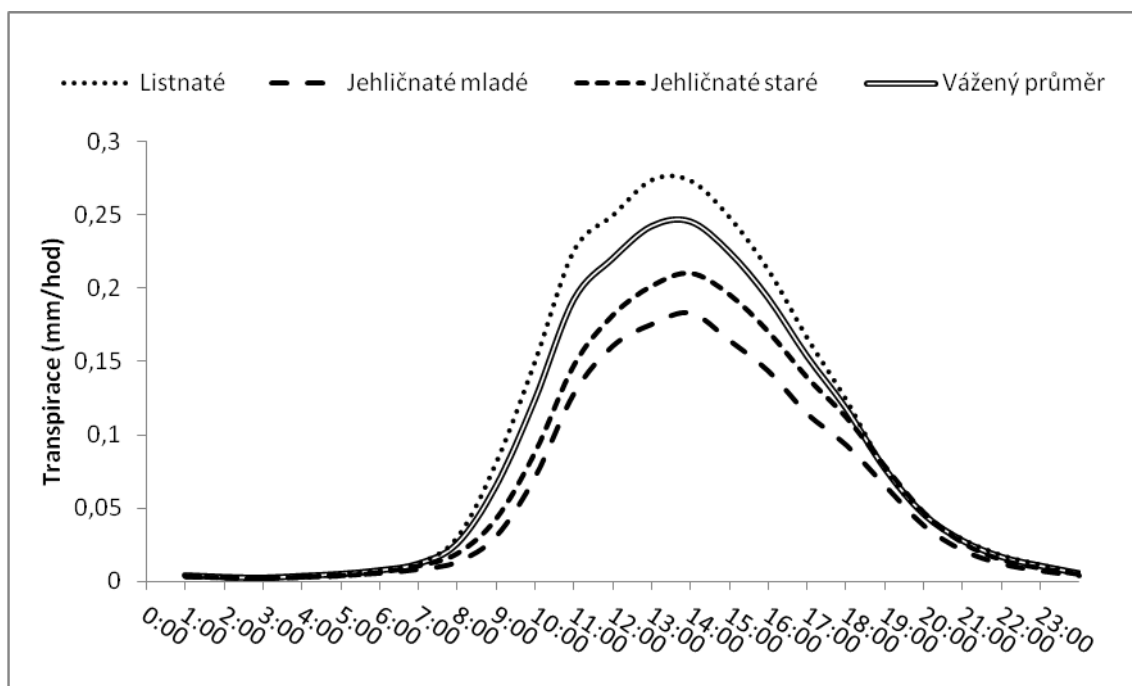
Obrázek XVIII Vlhkost půdy dále od toku na experimentálním povodí Kanice v roce 2012

Ve zbylých částech povodí bez přímé komunikace s tokem byly pozorovány významnější změny půdní vlhkosti pouze do cca 20 cm hloubky. S přibývajícím hloubkou byla půdní vlhkost stabilní a jevila se jako již nijak neovlivněná srážkami běžné intenzity (Obrázek XIX). I během suché periody v září 2012 bylo možno ve větších hloubkách pozorovat pouze nepatrný pokles vlhkosti půdy. Uvedená fakta opravňují považovat půdní vlhkost v popsanych podmínkách za nezávislou proměnou.

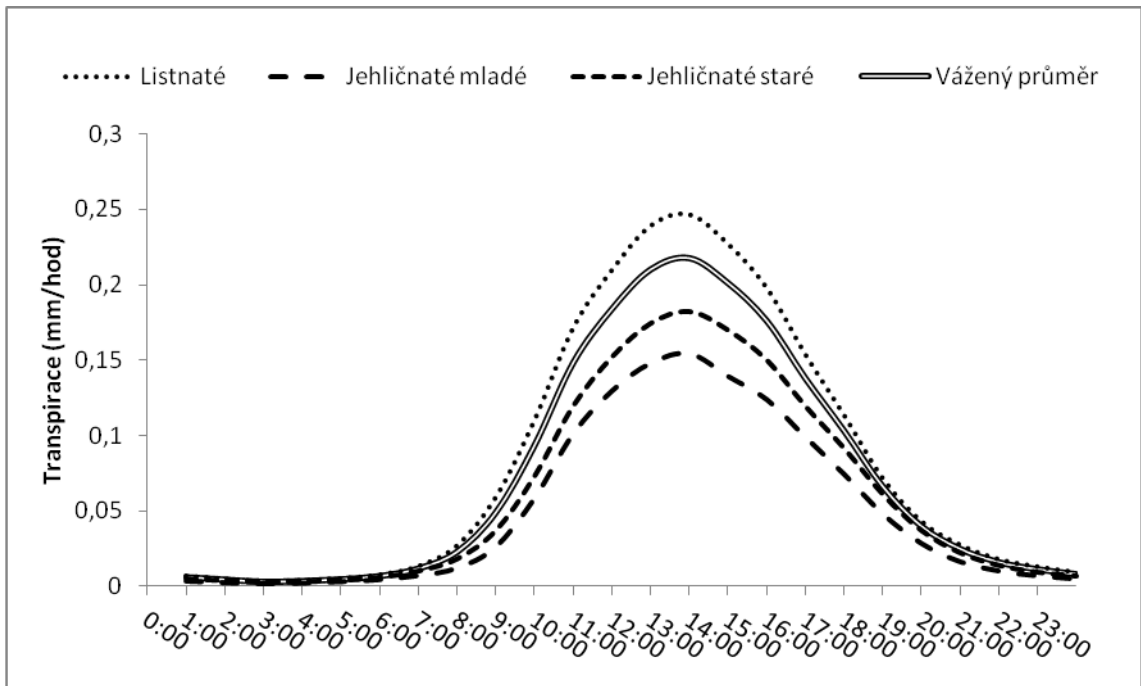
3.4.3 Časová dynamika vnitrodenního průtoku a transpirace porostu

Měření transpirace na vybraných jedincích ukázalo, že se na lokalitě vyskytují tři různě transpirující typy porostů. Přestože absolutní hodnoty transpirace v uvedených porostech dosahují odlišných hodnot, jejich časová dynamika je podobná. Během suchých period sledovaného vegetačního období byl v dopoledních hodinách na celém povodí pozorován nárůst průměrné intenzity transpirace cca mezi 8:00 – 11:00, z 0,02 mm/hod na 0,15 mm/hod. Následovala stabilnější transpirace s hodnotou okolo 0,2 mm/hod a maximem okolo 14:00. Po 16:00 docházelo k pozvolnému klesání symetrickému k rannímu nárůstu z 0,18 mm/hod na 0,02 mm/hod okolo 21:00. Po západu slunce byla transpirace téměř nulová. Srovnání transpirace z identifikovaných suchých period (Obrázek XX) s celým sledovaným obdobím (Obrázek XXI) vykazuje pouze drobné rozdíly. Největším rozdílem je náznak dvojité amplitudy okolo 11:00 a následně 14:00 během výjimečně suchých period, což je v souladu se zjištěním Stockera (1956), který uvádí, že při vysokých hodnotách výparu lze dvojitou amplitudu transpirace - také známou jako polední deprese (Grelle et al. 1997) – pozorovat.

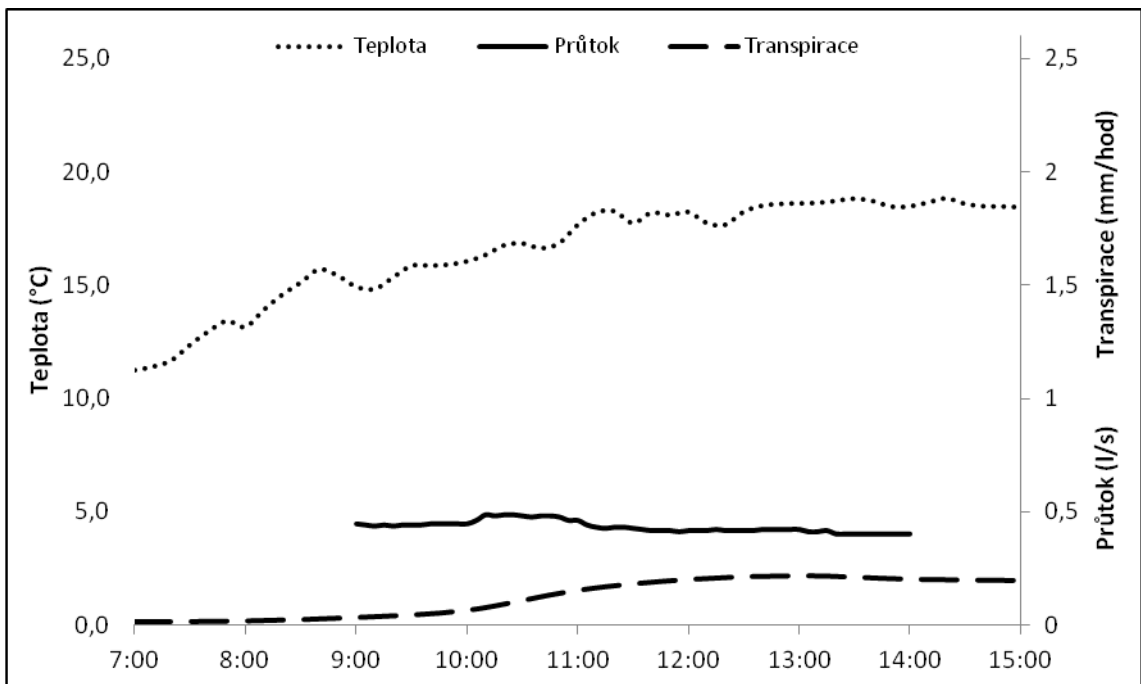
Ranní pokles průtoku byl pozorován od 9:00, tedy přibližně hodinu po začátku transpirace porostu (Obrázek XXII). Intenzivní zvyšování transpirace v dopoledních hodinách bylo korelováno se snižováním průtoku v korytě, které se zpomaluje okolo 14:00, přibližně 1 hodinu po pozorované stabilizaci transpirace okolo poledne. Od té doby až do pozorovaného poklesu transpirace okolo 16:00, a následně během odpolední deprese průtok pokračoval v mírném klesání přibližně další 2 hodiny (Obrázek XXIII). Od přibližně 19:00 byl pozorován mírný nárůst průtoku, který trval celou noc a to v souladu s nulovou transpirací, které bylo dosaženo po 21:00 (Obrázek XXIV).



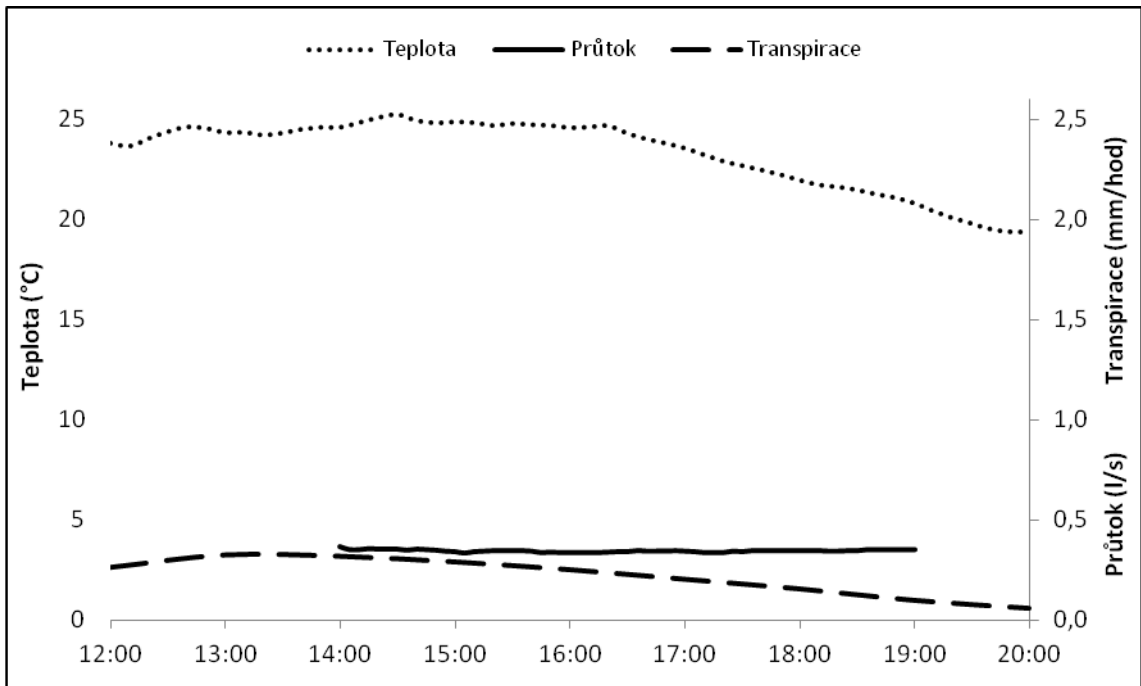
Obrázek XX Srovnání transpirace různých typů porostů vylišených na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012



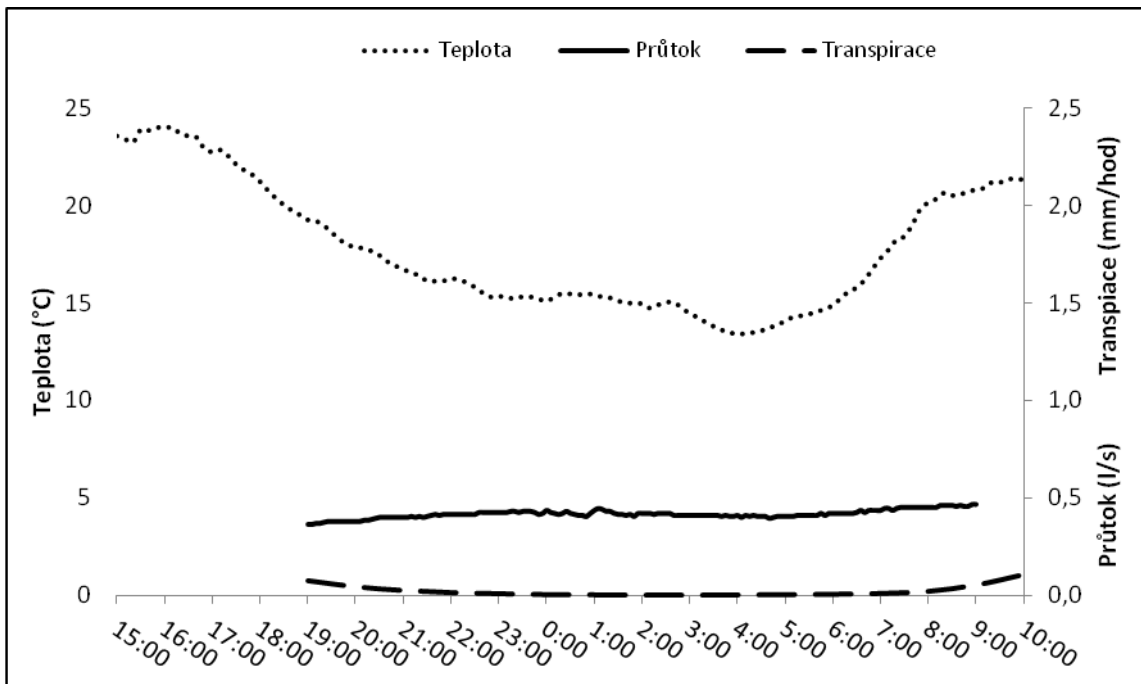
Obrázek XXI Srovnání transpirace různých typů porostů vylišených na experimentálním povodí Kanice během celé vegetační doby v roce 2012



Obrázek XXII Průměrný dopolední průtok, teplota a transpirace na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012



Obrázek XXIV Průměrný odpolední průtok, teplota a transpirace na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012

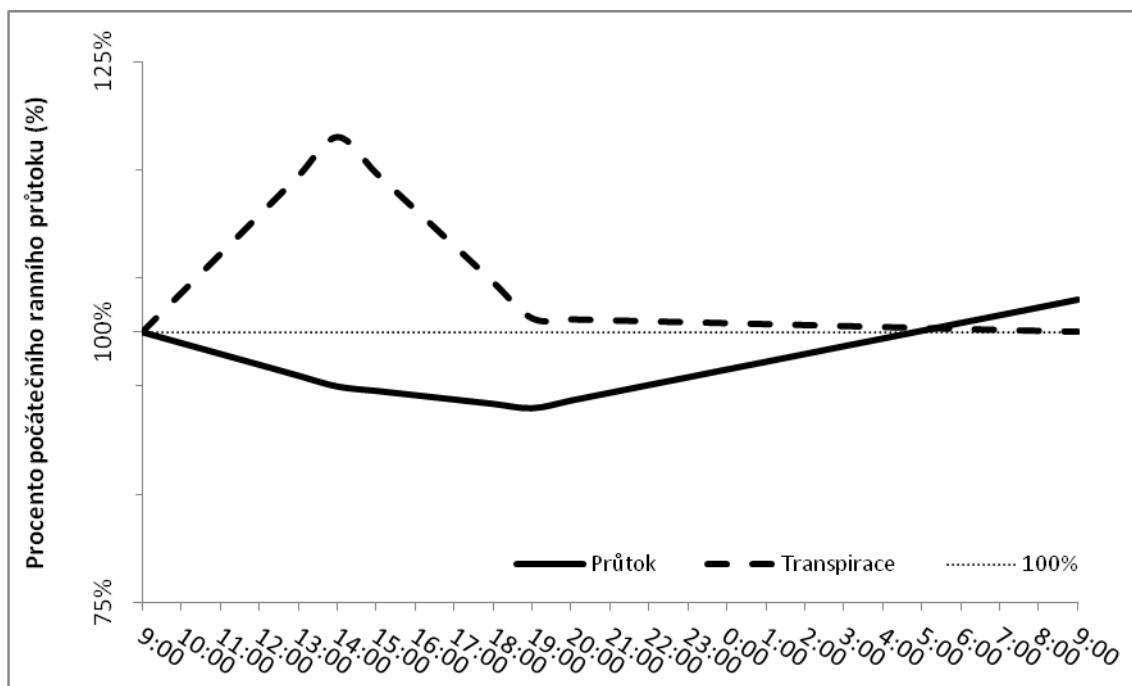


Obrázek XXIII Průměrný noční průtok, teplota a transpirace na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012

Vztah mezi časovou dynamikou vnitrodenního průtoku a transpirace porostů je zde diskutován detailněji (Tabulka VII, Obrázek XXV). Intenzita transpirace vykazovala trend symetrického nárůstu a poklesu během dne mezi 8:00 - 19:00 s maximem okolo 14:00. Po 19:00 intenzita transpirace klesá až téměř k nule. V inverzní korelaci s ní průtok vykazoval klesající trend po celý den. Tento pokles je nejintenzivnější v ranních hodinách (9:00 - 14:00), poté je již méně patrný s minimem dosaženým okolo 18:00. Poté průtok trvale stoupá až na svou původní ranní hodnotu, kdy svého maxima dosahuje okolo 9:00. Body zlomu v 14:00 a v 19:00 vykazují velmi silnou závislost mezi oběma řešenými proměnnými. Je zřejmé, že transpirace porostu výrazně ovlivňuje tvorbu průtoku. Nicméně lze pozorovat zpoždění v reakci průtoku na změny v intenzitě transpirace. Během suchých period roku 2012 dosahovalo toto zpoždění přibližně 1 hodinu pro ranní nárůst intenzity transpirace a přibližně 2 hodiny pro její odpolední pokles.

Tabulka VII Srovnání časové dynamiky vnitrodenního průtoku a transpirace v experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012

Experimentální povodí, rok	Denní doba (hod)	Průměrný počáteční průtok (l/s)	Průměrný koncový průtok (l/s)	Průměrná celková změna (l/s)	Průměrná relativní změna (l/s)	Hodinová intenzita změny (l/s)
Kanice, 2012	9 - 14	0,45	0,4	-0,05	-11,1	-0,010
Kanice, 2012	14 - 19	0,37	0,35	-0,02	-5,4	-0,004
Kanice, 2012	19 - 9	0,37	0,47	0,1	27,0	0,007
Experimentální povodí, rok	Denní doba (hod)	Průměrná počáteční transpirace (mm/hod)	Průměrná koncová transpirace (mm/hod)	Průměrná celková změna (mm/hod)	Průměrná relativní změna (mm/hod)	Hodinová intenzita změny (mm/hod)
Kanice, 2012	9 - 14	0,06	0,25	0,18	279,87	0,036
Kanice, 2012	14 - 19	0,25	0,08	-0,17	-68,62	-0,034
Kanice, 2012	19 - 9	0,08	0,06	-0,01	-16,11	-0,001



Obrázek XXV Srovnání časové dynamiky vnitrodenního průtoku a transpirace v experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012

3.5 Vyhodnocování dynamiky a vztahu vnitrodenního průtoku a transpirace během suchých period vegetačního období v pahorkatinném zalesněném mikropovodí (článek II.) - diskuze

Jedním z metodických klíčů pro vyhodnocení experimentu bylo pochopení vlivu nasycenosti půdního profilu a jeho vlivu na transpiraci porostů. Vliv snižujícího se obsahu vody v půdě na redukci transpirace v lesních porostech byl řešen v několika studiích, jak uvádí Lagergren and Lindroth (2002). Hlavním výsledkem z jejich výzkumu je, že v průměru nedochází k redukci transpirace, dokud není vyčerpáno 80% dostupné vody v půdě. Toto podporují i výsledky Stewarta (1988) a v určitém rozsahu i zjištění Ewerse et al. (2001), Irvine et al. (1988) a Graniera et al. (2000). Dle našich měření půdní vlhkosti k takto výraznému vyčerpání obsahu vody v půdě během sledovaného období nikdy nedošlo. Jak zjištění výše citovaných autorů, tak naše měření, podporují základní premisu, že při určité míře zjednodušení v popsanych podmínkách je odůvodnitelné považovat transpiraci porostů za nezávislou na obsahu vody v půdě.

Dalším metodickým základem pro vyhodnocení tohoto experimentu je, že transpirace porostů je v popsanych podmínkách zalesněného pahorkatinného a pramenného mikropovodí nejvýznamnější složkou celkového územního výparu. Grelle et al. (1997) uvádí, že během vegetačního období v experimentálním jehličnatém porostu tvořila transpirace zdaleka největší poměrovou část z celkového výparu s maximálními hodnotami okolo 4 mm za den. Obdobné hodnoty byly publikovány taktéž např. Kelliherem et al. (1993). Současně, transpirace listnáčů je obecně ještě vyšší s maximy výrazně vyššími i nižšími v závislosti na mnoha faktorech, jako je struktura porostu, věk, druhové složení, klimatické a půdní podmínky atd. (Köstner 2001; Schipka et al. 2005; Schume a Jost 2004; Střelcová et al. 2002; Čermák a Prax 2001). Během našeho experimentu pozorovaná denní maxima dosahovala hodnot nižších, ovšem i zde byla transpirace listnáčů vyšší než jehličnanů. Kromě transpirace je jako významná složka výparu často uváděn také výpar z povrchu lesní půdy, jehož množství se v literatuře velmi liší. Mnoho z publikovaných výsledků však pochází z produkčních monocenóz a plantáží, kterou nelze jednoduše porovnávat se smíšenými lesy. V těchto monokulturách dosahuje výpar z povrchu lesní půdy výrazně vyšších hodnot, až 50% celkového výparu v případě velmi mladých porostů (Tabulka VIII).

Tabulka VIII Srovnání poměru výparu z povrchu lesní půdy v odlišných typech porostů

Autor	Základní popis porostu	LAI	Poměr výparu z povrchu lesní půdy (%)
Masahiro (2011)	Dospělá plantáž cypřišku tupolistého (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	4,1	11
Grelle A. et al (1997)	50-ti letá plantáž smrku ztepilého (<i>Picea abies</i>) a borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	4	15
Granier et al. (1990)	Plantáž borovice přímořské (<i>Pinus pinaster</i>)	3	28
Spittlehouse and Black (1982)	Plantáž douglasky tisolisté (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	4,5	35
Ovhed (1995)	Plantáž břízy bělokoré (<i>Betula pendula</i>)	2	35
Whitehead et al. (1994)	Mladá plantáž borovice montereyské-paprsčité (<i>Pinus radiata</i>)	3,2-5,2	44
Kelliher et al. (1990)	4-letá plantáž borovice montereyské (<i>Pinus radiata</i>)	3	50

Z uvedených případů je vzhledem k druhovému složení a věkové struktuře našemu experimentálnímu povodí nejbližší Grelle et al. (1997), kde byl celkový výpar rozložen na 65% transpiraci, 20% intercesi a 15% výpar z lesní půdy. Pokud je vyjmuta intercese, jelikož k ní během suchých period nedochází, lze při jednoduchém přepočtu získat následující rozložení jednotlivých složek celkového výparu, a to přibližně 81% transpirace a 19% výpar z lesní půdy. V podmínkách zalesněného mikropovodí Kanice je odůvodnitelné očekávat ještě vyšší poměr transpirace porostů okolo 85% a více vzhledem k vyššímu poměru listnatých stromů s vyšší průměrnou intenzitou transpirace. Současně je odůvodnitelné očekávat, že časová dynamika vnitrodenního výparu z lesní půdy bude relativně shodná s transpirací porostu. Tato zjištění opravňují v popsáných podmínkách zalesněného mikropovodí Kanice založit vyhodnocení pozorovaných trendů v časové dynamice vnitrodenních průtoků primárně na transpiračních procesech lesních porostů. Grelle et al. (1997) popisuje intenzitu transpirace pozorovanou během slunečného suchého dne. V tomto případě transpirace dosáhla hodnot prakticky shodných s celkovým výparem, což indikuje velmi nízký poměr výparu z lesní půdy během suchých period, v souladu s naší tezí. Dále uvádí, že transpirace vykazovala pravidelný symetrický vzor s ostrým ranním nárůstem a pomalejším odpoledním poklesem po dosažení poledního maxima. Toto vysvětluje jako důsledek zvýšení obsahu vody v kmenech stromů po intenzivní ranní transpiraci, kdy tato voda funguje jako zásobní a způsobuje zpoždění a zpomalení sacích procesů dřevin. Nebyla pozorována očividná tendence k tzv. polední depresi způsobené uzavřením průduchů během nejparnější části dne. Přestože naše pozorování taktéž potvrdila pouze nepatrný výskyt polední deprese (náznaky lze pozorovat během nejteplejších dní), pomalejší odpolední pokles intenzity transpirace nebyl pozorován. Spíše byl pokles symetrický k rannímu nárůstu. Tento rozdíl by mohl být vysvětlen vlivem suchých period, kdy stromy nejsou vlivem nižšího vodního potenciálu v půdě schopny ve kmenech udržet tolik vody, aby umožnily výše zmiňovanou zásobní funkci.

Co se dále týče popsáných trendů v dynamice vnitrodenní transpirace porostů i průtoků v korytě recipientu, je důležité zmínit, že přestože je bylo možné s nasazením

uvedených metod a vyhodnocení demonstrovat, není v současné době zřejmé, do jaké míry lze tyto závěry zobecňovat. Jisté je, že jsou platné ve specifických podmínkách zalesněného mikropovodí Kanice. Je však odůvodnitelné očekávat, že za jiných podmínek (klimatických a vegetačních) bude (a pravděpodobně i je) reakce průtoku na transpiraci porostu odlišná.

4 ZÁVĚR

Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků (Užitný vzor I.) je unikátním řešením vytvořeným autory zejména pro nasazení v oblasti neměřených DVT pro zjišťování jejich průtokových charakteristik. Toto řešení relativně účinně odstraňuje limitující vlastnosti DVT z hlediska přesného stanovování výšek hladin, jako je terénní nedostupnost, omezená komunikační obslužnost či nedefinovatelné hydraulické vlastnosti koryt, a z nich odvozených zejména průtokových charakteristik. Portálový stojan pro UZV sondu umožňuje vytvoření přesně definovaného ostrohranného Thomsonova přelivu i v terénních podmínkách neměřených DVT. Základními požadavky při vývoji této metody pro měření výšek hladin pro stanovování průtoků byly mobilita zařízení, nedestruktivnost směrem k životnímu prostředí a současně kontinuita a přesnost. Mobilita je zajištěna tím, že jak maska mobilního Thomsonova přelivu, tak příslušenství nutné k jejímu upevnění v korytě toku i měřicí aparatura jsou malých rozměrů a hmotnosti a jsou na krátké vzdálenosti nositelné jedním člověkem. Samotná instalace je velmi jednoduchá a nevyžaduje složitou stavební konstrukci. Nedestruktivnost je pak zajištěna tím, že celá měřicí aparatura je do toku umisťována pouze dočasně a po skončení se odstraňuje bez výrazných negativních vlivů na předchozí stav životního prostředí. Kontinuita měření je zajištěna tím, že hodnoty výšek hladin jsou zapisovány do datové paměti UZV sondy, či připojené řídicí jednotky v předem definovaném intervalu. Celková dosažená přesnost metody se pohybuje okolo $\pm 6,3 \%$ při průtoku okolo 1 litru s^{-1} . Tato přesnost je zajištěna dodržáním technického řešení dle užitného vzoru, které bere v potaz základní faktory ovlivňující přesnost měření, a to výběr vhodného místa pro umístění masky a zajištění její dlouhodobé těsnosti. Portálový stojan pro UZV sondu podle technického řešení je využitelný především pro přesné kontinuální a nedestruktivní měření výšek hladin a z nich odvozených průtokových veličin DVT. Jeho vlastnosti je předurčují pro nasazení v oblasti neměřených DVT, zejména v lokalitách s horší dostupností a vyšší územní ochranou životního prostředí.

Vliv lesních společenstev na časovou dynamiku objemu průtoku během dne byl zkoumán na dvou experimentálních povodích v publikaci **Monitoring a vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku ve dvou pramenných pahorkatinných mikropovodích s odlišným vegetačním krytem během suchých period vegetačního období (Článek I.)**. Bezlesé povodí bylo použito jako referenční a pozorované rozdíly oproti zalesněnému povodí byly vztaženy k vlivu a ekosystémovým účinkům lesní vegetace. Monitorována byla časová dynamika objemových charakteristik průtoku v suchých periodách vegetačního období, kdy je vliv vegetace na průtok v korytě nejméně ovlivněn klimatickými podmínkami. Výsledky našeho výzkumu ukazují, že průtok v popsáných podmínkách pahorkatinného mikropovodí intenzivně klesá v ranních hodinách (9:00 – 14:00) nezávisle na typu vegetace převážně z důvodu zvýšeného výparu v souvislosti s poledním maximem transpirace lesních porostů. Tento trend byl nejsilněji pozorován v bezlesí, zatímco lesní porosty vykazují schopnost minimalizovat ztráty výparem v nejparnějších částech dne. V odpoledních hodinách (14:00 – 19:00) je intenzita poklesu průtoku zpomalena. Toto platí převážně pro bezlesí, zatímco lesní porosty právě v tuto dobu navyšují intenzitu transpirace a intenzita

poklesu proto zůstává téměř totožná, jako v ranních hodinách. Nicméně, nejvýraznějším zjištěným rozdílem je odlišnost dynamiky průtoku v noci (19:00 – 9:00). V bezlesí po celou noc zůstává průtok prakticky konstantní s mírným nárůstem pozorovaným v brzkých ranních hodinách, pravděpodobně způsobeným horizontálními srážkami. Oproti tomu v zalesněném povodí dochází v nočních hodinách ke zvýšení průtoku, kdy lesní porosty dotují vodu zpět do vodního toku v množství, které je dostatečné pro kompenzaci denních evapotranspiračních ztrát.

Vyhodnocení dynamiky a vztahu vnitrodenního průtoku a transpirace během suchých period vegetačního období v pahorkatinném zalesněném mikropovodí (článek II.) a jejich vzájemného vztahu bylo v úvodu podmíněno vyloučením vlivu nasycenosti půdního profilu a vlivu srážek. Z tohoto důvodu byly vyhodnocovány pouze data pořízená v několikadenních suchých periodách vegetačního období roku 2012. Dále byl také pro vyloučení vlivu nasycenosti půdního profilu tento uvažován z hlediska průtoků i transpirace jako nezávislý. Tento předpoklad byl experimentálně ověřen a naše měření vlhkosti půdy naznačují, že v hloubce pod 20 cm zůstávala půdní vlhkost během sledovaného období prakticky neměnná. Toto zjištění současně naznačuje, že při jisté míře zjednodušení a v souladu s literaturou (Lagergren and Lindroth, 2002), byla zásoba vody v půdě během sledovaného období relativně stálá a neměla tedy výrazný vliv na hodnocené veličiny.

Dílním cílem tohoto experimentu bylo ověření závěrů o časové dynamice vnitrodenních průtoků během suchých period vegetačního období roku 2011 publikovaných v předchozím článku (Deutscher, Kupec, 2014, článek I.). Toto bylo provedeno vzájemným porovnáním výsledků získaných stejnou metodikou ze dvou let měření (2011 a 2012). Toto srovnání naznačilo, že v závislosti na vodnosti jednotlivých let může docházet i k relativně výrazným rozdílům v absolutních hodnotách objemu průtoku v korytě recipientu. Nicméně relativní časová dynamika vnitrodenních průtoků zůstává zachována. Zároveň i trend ovlivňování průtoku transpirací zůstává totožný. Jinými slovy, nezávisle od počátečního průtoku, bylo transpiračními procesy porostů v suchých periodách obou pozorovaných let ve shodných částech dne odčerpáno obdobné poměrové množství vody. To naznačuje, že zalesněné povodí Kanice, jakožto primární pahorkatinné mikropovodí ve výše popsáných podmínkách má relativně stabilní vnitřní hydrologický systém.

Základním cílem experimentu bylo ověřit, zda vnitrodenní trendy průtoku v korytě recipientu skutečně korespondují s vnitrodenními trendy transpirace porostů. Naše výsledky potvrzují, že v suchých periodách vegetačního období není v podmínkách zalesněného povodí Kanice průtok ovlivňován srážkovou činností, a taktéž ani ve větší míře prvotní zásobou vody v půdě. V tomto případě se zde jako zásadní činitel ovlivňující vnitrodenní průtok projevuje transpirace lesních porostů, v souladu se závěry Grelle A. et al (1997). Vzájemný vztah je charakteristický poklesem průtoku během dne a jeho zpětným narůstáním v noci, zpět na počáteční ranní hodnotu. Pozorovaná časová prodleva mezi ranním poklesem průtoku a ranním rapidním nárůstem intenzity transpirace okolo 08:00 dosahovala přibližně 1 hodinu. Pozorovaná časová prodleva zvyšování průtoku následující po poklesu intenzity transpirace okolo 16:00 byla poněkud delší, přibližně 2 hodiny. Noční útlum intenzity transpirace dosahující prakticky nuly okolo 21:00 způsobil kontinuální zvyšování průtoku v průběhu celé noci s dosažením maxima okolo 09:00.

5 SUMMARY

The gantry rack for ultrasound probe, especially for continuous water level measurement of small watercourses (utility model A.) is a unique solution addressing the field of small un-gauged watercourses for the estimation of their streamflow characteristics. This method strives to eliminate some of the most limiting attributes of small watercourses for precise water level measurement and following streamflow estimations, such as terrain inaccessibility, bad traffic serviceability or undefined streambed and channel conditions. The described measuring device enables the creation of a perfectly defined angular Thomson spillway weir even in terrain conditions of un-gauged microwatersheds.

The main requirements for this method of water level measurement for streamflow estimation were the mobility of the equipment, environmental friendliness and at the same time measurement continuousness and accuracy. The mobility is ensured by both the mask of Thomson weir and the measurement equipment being (relatively) light and transportable by one person. The installation is not complicated and does not demand a concrete structure for proper function. Environmental friendliness is ensured by the fact that the whole measuring equipment is placed within the stream only temporarily and after the measurement has ended can be removed without significant consequences to the original state. The continuity of measurement is ensured by a predefined writing interval directly to the probe or connected data logger. The overall accuracy reaches $\pm 6,3 \%$, depending on the streamflow. This is ensured by the compliance of installation according to the utility model that considers the basic factors influencing measurement accuracy, such as appropriate location of mask installation and its long-term tightness. The gantry rack for ultrasound probe can be used especially for accurate and environmentally friendly water level measurements and for following estimation of streamflow characteristics of small watercourses. Its attributes predetermine it for usage in the field of small un-gauged watercourses, especially in locations with limited terrain accessibility and special nature conservation or protection status.

The effect of woody vegetation on the temporal dynamics of intraday streamflow in upland micro-watersheds was evaluated in a paired catchment study (**Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic, Paper I.**). A treeless catchment was used as a reference; the differences between treeless and forested catchments were explained by the ecosystem effects of woody vegetation. The temporal dynamics of the streamflow were monitored during dry periods of the growing season when the streamflow is least affected by variations in climate. The results of our study show that streamflow in upland micro-watersheds decreases intensely during the morning hours (9:00–14:00 hours), mainly because of increased evaporation in relation to the noontime amplitude of forest transpiration. The intensity of the morning streamflow decrease was most apparent in the treeless catchment, whereas the forest appears to be able to minimize evaporative losses during the most sunlit periods of the day. During the afternoon (14:00–19:00 hours), the intensity of streamflow decrease is

lower. Lower intensity of the decrease occurs in the treeless catchment, whereas the forest transpires rapidly; the intensity of streamflow decrease is therefore nearly the same as it is in the morning. However, the biggest difference in streamflow dynamics was observed during the night (19:00–9:00). In the treeless catchment, the streamflow remains constant for most of the night, with a marginal increase being observed during the early morning hours (most likely caused by horizontal precipitation). In contrast, the streamflow increases as woody vegetation supplies water back to the stream in amounts that are sufficient to compensate for daily evapotranspiration losses in the forested catchment.

The evaluation of the temporal dynamics of streamflow and stand transpiration and their relationship in **Evaluating the dynamics of and relationship between intraday streamflow and transpiration during dry periods of the growing season in an upland forested micro-watershed, Bohemian Massif, Czech Republic, Europe, paper II.** was conditional to the exclusion of the effects of rainfall and original soil water content. To achieve this, only data from dry periods in the 2012 growing season lasting several days were evaluated. Furthermore, to exclude the effect of soil water content, it was considered independent of both streamflow and transpiration. This assumption was experimentally verified, and our soil moisture measurements indicated that at soil depths below 20 cm, soil water content remained virtually unchanged during the observed period. This indicates that with certain simplifications and in accordance with the literature (Lagergren and Lindroth, 2002), soil water content was rather stable during the observed period and did not have a significant effect on the evaluated parameters.

One goal of our experiment was to verify the results on the temporal dynamics of intraday streamflow during dry periods of the 2011 growing season already published by Deutscher and Kupec (2014). The verification process was performed by comparison of the results obtained by the same methodology from the two years of measurements (2011 and 2012). It indicated that depending on the hydrological situation of a given year, considerable differences in the absolute values of streamflow in the receiving watercourse may occur. However, the relative temporal dynamics of intraday streamflow remain similar. Additionally, the effect of transpiration on streamflow is similar. In other words, regardless of initial streamflow, a rather similar relative amount of water was drained by the stand transpiration processes in the same parts of the day during the dry periods of both studied years. This indicates that the KFC, a headwater upland forested microwatershed with the described conditions, has a rather stable inner hydrological system.

The main goal of this experiment was to verify whether the intraday trends of streamflow in the receiving watercourse actually correspond to the intraday trends of stand transpiration. Our results confirm that during dry periods of the growing season in the KFC, the streamflow was unaffected by rainfall or, to a great extent, by initial soil water content. In this case, stand transpiration acts as the main factor influencing intraday streamflow, in accordance with the findings of Grelle A. et al. (1997). The relationship is characterized by decreasing streamflow during the day and a return during the night up to its initial morning value. The observed response time lag of morning streamflow decrease after the morning transpiration increase at approximately 8:00 was approximately 1 hour. The observed response time lag for increasing

streamflow following the decrease of transpiration at approximately 16:00 was a bit longer, approximately 2 hours. The nighttime decline in the intensity of transpiration, reaching virtually zero at approximately 21:00, caused a continuous increase in streamflow during the whole night up a maximum at approximately 9:00.

6 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

6.1 Seznam obrázků

Obrázek I Lokalizace ŠLP ML Křtiny.....	10
Obrázek II Morfologické a výškopisné poměry experimentálního povodí Kanice.....	12
Obrázek III Morfologické a výškopisné poměry experimentálního povodí Habrůvka ..	12
Obrázek IV Geometrické závislosti Thomsonova přelivu, Kulhavý 2002.....	16
Obrázek V Rozměry prototypu masky mobilního Thomsonova přelivu.....	17
Obrázek VI Technické řešení užitečného vzoru A. - Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků	22
Obrázek VII Průměrný dopolední průtok a teplota na experimentálním povodí Habrůvka během suchých period vegetační doby v roce 2011	25
Obrázek VIII Průměrný odpolední průtok a teplota na experimentálním povodí Habrůvka během suchých period vegetační doby v roce 2011	26
Obrázek IX Průměrný noční průtok a teplota na experimentálním povodí Habrůvka během suchých period vegetační doby v roce 2011	26
Obrázek X Průměrný dopolední průtok a teplota na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011	27
Obrázek XI Průměrný odpolední průtok a teplota na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011	28
Obrázek XII Průměrný noční průtok a teplota na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011	28
Obrázek XIII Vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku v experimentálních povodích Habrůvka a Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011	29
Obrázek XIV Srovnání průměrného odpoledního průtoku a teploty na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012	33
Obrázek XV Srovnání průměrného dopoledního průtoku a teploty na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012	33
Obrázek XVI Srovnání průměrného nočního průtoku a teploty na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012	34
Obrázek XVII Srovnání časové dynamiky vnitrodenního průtoku v experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012.....	35

Obrázek XVIII Vlhkost půdy dále od toku na experimentálním povodí Kanice v roce 2012	36
Obrázek XIX Vlhkost půdy v těsné blízkosti toku na experimentálním povodí Kanice v roce 2012.....	36
Obrázek XX Srovnání transpirace různých typů porostů vylišených na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012.....	37
Obrázek XXI Srovnání transpirace různých typů porostů vylišených na experimentálním povodí Kanice během celé vegetační doby v roce 2012.....	38
Obrázek XXII Průměrný dopolední průtok, teplota a transpirace na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012.....	38
Obrázek XXIII Průměrný noční průtok, teplota a transpirace na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012	39
Obrázek XXIV Průměrný odpolední průtok, teplota a transpirace na experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012.....	39
Obrázek XXV Srovnání časové dynamiky vnitrodenního průtoku a transpirace v experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012	41

6.2 Seznam tabulek

Tabulka I Základní charakteristiky experimentálních povodí	11
Tabulka II Vzorníkové porosty a stromy	19
Tabulka III Poměrové rozložení porostních typů v experimentálním povodí Kanice....	20
Tabulka IV Vyhodnocení časové dynamiky vnitrodenního průtoku v experimentálních povodích Habrůvka a Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011	29
Tabulka V Srovnání průměrných specifických odtoků z horské a pahorkatinné oblasti v suchých periodách.....	31
Tabulka VI Srovnání časové dynamiky vnitrodenního průtoku v experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2011 a 2012	35
Tabulka VII Srovnání časové dynamiky vnitrodenního průtoku a transpirace v experimentálním povodí Kanice během suchých period vegetační doby v roce 2012	40
Tabulka VIII Srovnání poměru výparu z povrchu lesní půdy v odlišných typech porostů	43

7 SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY

- ALLAN J.D., FLECKER A.S. 1993. Biodiversity conservation in running waters. Identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *BioScience*, 43(1), 32–43.
- 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. FAO, Rome 300.
- BOOR B. et al. 1968. *Hydraulika pro vodohospodářské stavby*, Praha: Sntl/alfa
- BOSCH J.M., HEWLETT J.D. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 55 (1/4), 3-23.
- BROWN E.A., ZHANG L., MCMAHON A.T., WESTERN W.A., VERTESSY A.R. 2004. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *Journal of Hydrology*, 310 (2005), 28 - 61.
- BURT T.P., SWANK W.T., 1992. Flow frequency responses to hardwood-to-grass conversion and subsequent succession. *Hydrological Processes* 6 (2), 179–188.
- CULEK M. et al. 2005. Biogeografické členění České republiky: II. Díl. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 8086064824. 589 s.
- ČERMÁK J., PRAX A. 2001. Water balance of a southern Moravian floodplain forest under natural and modified soil water regimes and its ecological consequences. *Annals of forest science* 58:15–29.
- ČERMÁK, J., KUČERA, J., NADEZHDINA., N. 2004. Sap flow measurements with some thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. *Trees* 18: 529–546. DOI: 10.1007/s00468-004-0339-6.
- DATINSKÝ J., KUPEC P. 2008. Možnosti využití ultrazvukových a tlakových sensorů pro měření průtoků malých vodních toků - definice limitů využitelnosti. [cd-rom]. In MendelNET '08 Agro. ISBN 978-80-7375-239-2.
- DEMEK, J., MACKOVČIN, P. 2006. *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 582 s. ISBN 80-86064-99-9.
- DEUTSCHER J., KUPEC P. 2010a. Základní hydrologické vlastnosti drobného lesního povodí. In Tomešová, V. *SilvaNet WoodNet 2010*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010, s. 27-28. ISBN 978-80-7375-454-9.
- DEUTSCHER J., KUPEC P. 2010b. Flow rate evaluation of small forest streams. [cd-rom]. In *Colloquium of Landscape Management 2010*. s. 6-11. ISBN 978-80-7375-397-9.
- DEUTSCHER J., KUPEC P. 2011. Interday flow-rate measurement on small water streams. [CD-ROM]. In *Young Researchers 2011, PhD Students, Young Scientists and Pedagogues Conference Proceedings*. s. 279--287. ISBN 978-80-8094-946-4.
- DEUTSCHER J., KUPEC P. 2012. Flow-rate estimation of a small watercourse as a basic water balance element of a forest microwatershed. In *Proceedings of the International Conference Integrated Management of Environmental Resources - Suceava, November 4-6th, 2011*. Suceava, Romania: Editura Universitatii „Stefan cel Mare” Suceava, Romania, p. 119-124. ISBN 978-973-666-388-8.

- DEUTSCHER, J., KUPEC, P. 2014. Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment*. DOI 10.1007/s10661-014-3661-5, 2014. sv. 186, č. 6, s. 3837-3846. ISSN 0167-6369.
- DUDGEON D., ARTHINGTON A.H., GESSNER M.O., KAWABATA Z.I., KNOWLER D.J., LÉVÊQUE C, et al. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81, 163–182.
- EWERS B.E., OREN R., PHILLIPS N., STRÖMGREN M., LINDER S. 2001. Mean canopy stomatal conductance responses to water and nutrient availabilities in *Picea abies* and *Pinus taeda*. *Tree Physiol.* 21, 841–850.
- FIEDLER-MÁGR. 2010. M4016-G (-A, -K, -L) Uživatelská příručka verze 1.12, Fiedler-Mágr, elektronika pro ekologii
- FRYČ I. a KÚRKA D. 2005. Měření průtoku systémem ADCP v CHMÚ na pobočce Praha, Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- FUJITA I., MUSTE M. and KRUGER A. 1998. Large-scale particle image velocimetry for flow analysis in hydraulic engineering applications. *Journal of Hydraulic Research* 36(3): 397–414.
- GOLDSTEIN R.M., CARLISLE D.M., MEADOR M.R., SHORT T.M. 2007. Can Basin Land Use Effects on Physical Characteristics of Streams Be Determined at Broad Geographic Scales? *Environmental Monitoring and Assessment*. 130:495–510.
- GRANIER A., BOBAY V., GASH J.H.C., GELPE J., SAUGIER B. AND SHUTTLEWORTH W.J. 1990. Vapour flux density and transpiration rate comparisons in a stand of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Les Landes forest. *Agric. For. Meteorol.*, 51: 309–319.
- GRANIER A., LOUSTAU D., BREDA N. 2000. A generic model of forest canopy conductance dependent on climate, soil water availability and leaf area index. *Ann. For. Sci.* 57, 755–765."
- GRELLE A., LUNDBERG A., LINDROTH A.S., MOREN and CIENCIALA. E. 1997. Evaporation components of a boreal forest: variations during the growing season. *Evaporation components of a boreal forest: variations during the growing season*. 1997, *Journal of Hydrology* 197, 70–87.
- HERYNEK (ed.) 1996. Současné problémy lesnické hydrologie, Sborník příspěvků ze semináře, MZLU
- HEWLETT J.D., LULL H.W. AND REINHART K.G. 1969. In defence of experimental watersheds. *Water Resources*, 5(1): 306-316.
- HIBBERT A.R. 1967. Forest treatment effects on water yield. In: W.E. Sopper and H.W. Lull (Editors), *Int. Syrup. For. Hydrol.*, Pergamon, Oxford, 813 p.
- HRÁDEK F., SOBOTA J. 1999. Prognózy maximálních průtoků v nepozorovaných profilech povodí drobných vodních toků. In: *Workshop Extrémní hydrologické jevy v povodích*. Praha, ČVUT, ČVHS, 82-85 p. ISBN 80-01-02072-X.
- HRÁDEK F., KUŘÍK P. 2001, Maximální odtok z povodí. Teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ- MaxQ. Monografie, CREDIT Praha. 37 s. ISBN 80-213-0782-X.
- HRÁDEK F., KUŘÍK P., PAVLÁSEK J. 2001. Maximální odtoky a jejich ovlivnění

antropogenními zásahy na malých povodích. Sborník z celostátní konference "Krajina, les a lesní hospodářství", II.díl, Kostelec nad Černými lesy: leden 2001. 105-110 s. ISBN 80-213-0703-X.

IRVINE J., PERKS M.P., MAGNANI F., GRACE J. 1998. The response of *Pinus sylvestris* to drought: stomatal control of transpiration and hydraulic conductance. *Tree Physiol.* 18, 393–402.

KANTOR P. 1995. Vodní režim smrkových a bukových porostů jako podklad pro návrh druhové skladby vodohospodářsky významných středohorských lesů. Habilitation thesis. Brno, MZLU 1995, Lesnická a dřevařská fakulta: 332 pp.

KANTOR P. 1984. Vodohospodářská funkce horských smrkových a bukových porostů. *Lesnictví*, 30 s. 471-490.

KELLIHER F.M., WHITEHEAD D., MCANENEY K.J. and JUDD M.J., 1990. Partitioning evapotranspiration into understory components in two young *Pinus radiata* D. Don stands. *Agric. For. Meteorol.*, 50: 211–227.

KELLIHER F.M., LEUNING R. and SCHULZ E.-D. 1993. Evaporation and canopy characteristics of coniferous forests and grasslands. *Oecologia*, 95: 153–163.

KIDANE Y., STAHLMANN R., BEIERKUHNLIN C. 2012. Vegetation dynamics, and land use and land cover change in the Bale Mountains, Ethiopia. *Environmental Monitoring and Assessment*. Volume 184, Issue 12, pp 7473-7489. ISSN 1573-2959.

KÖSTNER B. 2001. Evaporation and transpiration from forests in Central Europe—relevance of patch-level studies for spatial scaling. *Meteorology and Atmospheric Physics* 76:69–82.

KREČMER V. 1981. Ovlivňování vodohospodářských poměrů v lesním hospodářství ČSR. *Acta Ecol. Natur. Ac. Reg.*: 41-52

KREŠL J. 1957. Přehled studia hydrologické funkce lesa - Sborník VŠZ Brno, řada C, č.3, s. 209-226.

KŘOVÁK F., KUŘÍK P. 2001. Vliv lesních ekosystémů na odtokové poměry krajiny. *Aktuality šumavského výzkumu*. 2001, Srní 2. - 4. dubna, s. 75-79.

KULHAVÝ Z. et al. 2002. Extrémní průtoky v pokusných povodích a pravděpodobnost jejich výskytu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Pardubice 2002.

LAGERGREN F. and LINDROTH. A. 2002. Transpiration response to soil moisture in pine and spruce trees in Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology* 112, 67–85.

LANGHAMMER J., VILÍMEK V. 2008. Landscape changes as a factor affecting the course and consequences of extreme floods in the Otava river basin, Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment* 144: 53–66.

LYNCH J.A., CORBETT E.S. 1990. Evaluation of best management practices for controlling nonpoint pollution from silvicultural operations. *Water Resources Bulletin*, 26, 41–52.

MÁCA, P. NECHVÁTAL, M. 2008. „Monitoring a vyhodnocení extrémních odtokových poměrů v povodích drobných vodních toků z hlediska prevence a zmírňování povodňových škod“: závěrečná zpráva grantového projektu nazv 1G46040. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 32 s.

MARTIN C.W., PIERCE R.S. 1980. Clearcutting patterns affect nitrate and calcium in streams of New Hampshire. *Journal of Forestry*, 78, 268–276

- MASAHIRO T. 2011. Evapotranspiration and deep percolation of a small catchment with a mature Japanese cypress plantation. *Journal of Forest Research* 01/2011,18:73–81, DOI 10.1007/s10310-011-0321-2.
- MATTAS D. 2001. Praktické cvičení z hydrometrie, ČVUT v Praze, stavební fakulta, katedra hydrauliky a hydrologie, Praha 2001
- MRÁZ K. et al. 1990. Vodní režim půdy, vztah k přírůstu dřevní hmoty a odtok vody v porostech různých dřevin. Final report. Strnady, 50 p.
- OVHED M., 1995. Evapotranspiration and energy exchange of a mountain birch forest, Abisko, Sweden. *Acta Universitatis Uppsaliensis, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology*, 167, Uppsala, 38 pp.
- POMEROY J.H. 2003. Stream turbidity signatures in the Hayward Brook watershed study. MS thesis. Faculty of Forestry and Environmental Management, University of New Brunswick, P.O. Box 4400, Fredericton NB Canada E3B 5A3.
- RASPE S., BEUKER E., PREUHSLER T., BASTRUP-BIRK A. 2010. Meteorological Measurements. Manual Part IX, 35 pp. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1.
- ZACHAR D. a kol. 1982. Les v krajině. Příroda Bratislava. 237 s.
- RICHTER B.D., BRAUN D.P., MENDELSON M.A., MASTER L.L. 1997. Treats to imperiled freshwater fauna. *Conservation Biology*, 11(5), 1081–1093.
- SCHIPKA F., HEIMANN J., LEUSCHNER C. 2005. Regional variation in canopy transpiration of Central European beech forests. *Oecologia* 143:260-70.
- SCHUME H., JOST G. 2004 Soil water depletion and recharge patterns in mixed and pure forest stands of European beech and Norway spruce. *Journal of Hydrology* 289:258-274.
- SPITTLEHOUSE D.L., BLACK T.A. 1982. A growing season water balance model used to partition water use between trees and understory. In: Canadian Hydrology Symposium, 14-15 June 1982, Fredericton, New Brunswick. National Research Council of Canada, Ottawa, Ont., pp. 195-214.
- STEDNICK J.D., 1996. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield. *Journal of Hydrology* 176 (1/4), 79–95.
- STEWART J.B. 1988. Modelling surface conductance of pine forests. *Agric. For. Meteorol.* 43, 19–35.
- STOCKER O. 1956. Die Abhängigkeit der Transpiration von den Umweltfaktoren. In: *Encyclopedia of Plant Physiology*, vol. III Water Relations of Plants (Ed. by W. Ruhland), pp. 436–488. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg
- Strayer D. L. 2006. Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of North American Benthological Society*, 25(2), 271–287.
- STŘELCOVÁ K., MATEJKA F., MINDÁŠ J. 2002. Estimation of beech tree transpiration in relation to their social status in forest stand. *Journal of Forest Science* 48:130-140.
- SUN G., MCNULTY S. G., MOORE MYERS J. A. and COHEN, E. C. 2008. Impacts of multiple stresses on water demand and supply across the southeastern United States. *Journal of American Water Resources Association*, 44(6), 1441–1457."

- SWANK W. T., VOSE J. M. and ELLIOTT K. J. 2001. Long-term hydrologic and water quality responses following commercial clear cutting of mixed hardwoods on a southern Appalachian catchment. *Forest Ecology and Management*, 143, 163–178.
- ŠANDA M., HRNČÍŘ M., NOVÁK L., CÍSLEROVÁ M. 2006. Vliv půdního profilu na srážko-odtokový proces. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2006, 54: 183–191.
- ŠANDA M., KULASOVÁ A., CÍSLEROVÁ M. 2009. Hydrological processes in the subsurface investigated by water isotopes and silica. *Soil and Water Research*, 2009, 4 (Special Issue 2): S83-S92.
- ŠVIHÁLEK J. 2011. Metodika měření průtoku na drobných tocích. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ Přírodovědecká fakulta Ústav geologických věd.
- ŠVIHLA V. 2001. Vliv lesa na odtokové poměry na malém povodí. *Lesnická práce 2*. Dostupný také z <http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-2-01/vliv-lesa-naodtokove-pomery-na-malem-povodi>. Accessed 5 Feb 2014.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F. 2010. Hydrologická bilance elementární odtokové plochy lesního povodí v Orlických horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55(3), 201–210.
- TESAŘ M., ŠÍR M., KUBÍK F., PRAŽÁK J., STRNAD E. 1992. Transpirace lesního porostu ve vegetačním období při dostatku vody v půdě. *Lesnictví-Forestry*, 38, 877–888.
- RIEDL O., ZACHAR D. a kol. 1974 *Lesotechnické meliorace*. Učební text. Státní zemědělské nakladatelství v Praze 1974, 568 str.
- VÖRÖSMARTY C. J., MCINTYRE GESSNER M. O., DUDGEON D., PRUSEVICH A., GREEN P., GLIDDEN S., et al. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467, 555–561.
- VYHLÁŠKA MZE Č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou toků
- WHITEHEAD D., KELLIHER F.M., LANE P.M. and POLLOCK D.S. 1994. Seasonal partitioning of evaporation between trees and understory in a widely spaced *Pinus radiata* stand. *J. Appl. Ecol.*, 31: 528–542."
- WILHITE D. A., GLANTZ M. H. 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International* 10, 111–120.
- PARS AQUA, s.r.o. [Http://www.pars-aqua.cz](http://www.pars-aqua.cz) [online]. 2003 [cit. 2011-06-28]. PARS Aqua, s.r.o. - Odborný článek o měření průtoku. Available at [www: <http://www.pars-aqua.cz/clanek12.html>](http://www.pars-aqua.cz/clanek12.html).
- ZÁKON Č. 150/2011 Sb., zákon o vodách (Vodní zákon)
- VOLAVKA A. 1953. Vodohospodářský význam našich lesů na příkladu Beskyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 135 s.

8 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. UŽITNÝ VZOR A.

KUPEC, P. A DEUTSCHER, J. 2012. Mendelova univerzita v Brně, Brno, CZ. Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků (užitný vzor). PUV - národní s žádostí o zapsání do rejstříku. Česká Republika. 2011-25243, 23649. Zapsáno 10. 04. 2012. Dostupné z: http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pts.det?xprim=1748369&lan=cs.

Příloha 2. ODBORNÝ ČLÁNEK I.

DEUTSCHER, J., KUPEC, P. 2014. Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic. Environmental Monitoring and Assessment. DOI 10.1007/s10661-014-3661-5, 2014. sv. 186, č. 6, s. 3837-3846. ISSN 0167-6369.

Příloha 3. ODBORNÝ ČLÁNEK II.

DEUTSCHER, J., KUPEC P., URBAN, J. Evaluating the dynamics of and relationship between intraday streamflow and transpiration during dry periods of the growing season in an upland forested micro-watershed, Bohemian Massif, Czech Republic, Europe. Environmental Monitoring and Assessment.

Příloha 1. UŽITNÝ VZOR A.

KUPEC, P. A DEUTSCHER, J. 2012. Mendelova univerzita v Brně, Brno, CZ. Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků (užitný vzor). PUV - národní s žádostí o zapsání do rejstříku. Česká Republika. 2011-25243, 23649. Zapsáno 10. 04. 2012. Dostupné z: http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pts.det?xprim=1748369&lan=cs.



ČESKÁ REPUBLIKA
ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ



OSVĚDČENÍ

O ZÁPISU UŽITNÉHO VZORU

Josef Kratochvíl

předseda

Úřadu průmyslového vlastnictví

UŽITNÝ VZOR

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2011 - 25243**
(22) Přihlášeno: **01.12.2011**
(47) Zapsáno: **10.04.2012**

(11) Číslo dokumentu:

23649

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:
G01F 23/296 (2006.01)

(73) Majitel:
Mendelova univerzita v Brně, Brno, CZ

(72) Původce:
Kupec Petr Ing. Ph.D., Kuřim, CZ
Deutscher Jan Ing., Kuřim, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Marie Jandová, Nerudova 1095, Kuřim, 66434

(54) Název užitého vzoru:
Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků

CZ 23649 U1

Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků

Oblast techniky

5 Technické řešení se týká portálového stojanu pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků.

Dosavadní stav techniky

10 Při realizaci kontinuálních měření výšek hladin vodních toků pomocí ultrazvukových čidel se využívá principu měření časové prodlevy mezi vyslaným a obdrženým ultrazvukovým signálem sondy umístěné kolmo nad vodní hladinou, přičemž reflexní vrstvou je hladina toku. V současné době používané ultrazvukové sondy jsou zpravidla technicky realizovány ve válcových tubusech s podélnou osou ve směru vysílaného signálu. Pro kvalitu měření výšek hladin vodních toků pomocí ultrazvukových sond je rozhodující přesné postavení sondy kolmo k vodní hladině.

15 Kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků pomocí ultrazvukových sond se využívá zejména v kombinaci s hydraulicky přesně definovanými přelivnými zařízeními pro stanovování průtoků těchto toků. Nejčastěji vyžívanými přelivnými objekty jsou ostrohranné Thomsonovy přelivy s přelivnou hranou ve tvaru rovnoramenného trojúhelníku a úhlem mezi 45 až 90°.

Základním požadavkem na zařízení pro měření výšek hladin drobných vodních toků pro stanovování průtoků je mobilita takového zařízení, nedestruktivnost směrem k přírodnímu prostředí a současně kontinuita a relativně co nejvyšší přesnost.

20 Mobilita zařízení a nedestruktivnost metod měření výšek hladin pomocí ultrazvukových sond a Thomsonových přelivů pro stanovování průtoků je v praxi zajištěna tím, že zařízení jsou do koryt a břehových hran vodních toků umísťována dočasně a po skončení měření se odstraňují. Masky mobilních Thomsonových přelivů jsou nejčastěji zhotoveny z nerezového plechu tloušťky 5 mm a v toku jsou stabilizovány ocelovými konzolami kolmo na osu toku, vodorovně v horizontálním i vertikálním směru. Ultrazvukové sondy jsou pak umísťovány nejčastěji do konzolových držáků a ustavovány opět kolmo ve vertikálním i horizontálním směru. Vzdálenost sondy od vodní hladiny je omezena technickými parametry sondy uváděnými výrobcem a je většinou mezi cca 0,3 až 1,5 m. Vzdálenost sondy od masky mobilního Thomsonova přelivu by měla být cca 10 až 20 cm nad přelivem ve směru proti proudu.

30 Kontinuita měření je zajištěna tím, že hodnoty výšek hladin jsou zapisovány do datové paměti sondy v předem definovaném intervalu, přičemž většina v současné době používaných ultrazvukových sond je konfigurována pomocí mobilních řídicích jednotek, případně PC s nainstalovanými specializovanými programy.

35 Kromě technických aspektů je přesnost měření závislá především na dvou faktorech. Prvním z nich je správný výběr místa pro umístění masky mobilního Thomsonova přelivu a zajištění její dlouhodobé těsnosti, tj. jejího nepodtékání ani neobtékání. Druhým faktorem je pevná fixace ultrazvukové sondy v přírodním materiálu břehu a zajištění její stálé polohy v průběhu jednoho měření.

40 Konzolové držáky ultrazvukových sond používané v současné době často nevykazují předpoklady pro zajištění výše uvedených požadavků na fixaci ultrazvukových sond. V bahnitých substrátech břehových hran drobných vodních toků dochází k jejich postupnému vyvracení a tím k nutnosti opětovné reinstalace či recalibrace řídicí jednotky. Rovněž rozsah nastavení takových konzolových držáků v horizontálním i vertikálním směru bývá omezený a v mezních hodnotách nastavení dochází k narušení stability držáku.

Podstata technického řešení

Výše uvedené nedostatky do značné míry odstraňuje portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků, v provedení podle technického řešení, jehož podstata spočívá v tom, že sestává ze dvou svislých výškově nastavitelných teleskopických noh, jejichž horní vsuvné části jsou opatřeny pouzdry, ve kterých je vodorovně suvně uložen dělený portálový nosič, na kterém je uložena suvně a otočně kolem své osy nasouvací trubka opatřená držákem s pouzdem pro upevnění ultrazvukové sondy, přičemž dělený portálový nosič a nasouvací trubka jsou v pracovní poloze zajištěny aretačními prvky.

Výškové nastavení teleskopických noh je zajištěno tak, že její dolní nosné části jsou opatřeny zarážkami a prvními aretačními šrouby pro zajištění polohy horních vsuvných částí teleskopických noh.

Vodorovné nastavení děleného portálového nosiče v pouzdrech je zajištěno tak, že tato pouzdra jsou opatřena druhými aretačními šrouby pro zajištění polohy děleného portálového nosiče.

Portálový nosič je tvořen dvěma trubkami navzájem spojitelnými pomocí čepu, kterým je opatřen konec první trubky a otvoru pro čep vytvořeného na přilehlém konci druhé trubky, přičemž vzájemná poloha trubek je nastavitelná stavěcím šroubem uspořádaným v radiálním otvoru vytvořeném v druhé trubce.

Nastavení polohy nasouvací trubky s ultrazvukovou sondou je zajištěno tak, že nasouvací trubka je opatřena třetím aretačním šroubem pro zajištění její polohy na děleném portálovém nosiči.

Je výhodné, je-li portálový nosič zhotoven z nerezového materiálu.

Předností portálového stojanu pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků, podle technického řešení, je zejména jeho stabilita, neboť na jedno nastavení je stabilní po dobu celého měření. Další výhodou je možnost jeho jednoduché demontáže pro transport a relativně nízká hmotnost. To výrazně zvýhodňuje jeho nasazení např. v hůře dostupných terénech či v transportně hůře obslužných lokalitách. Výhodou je rovněž to, že se jedná o konstrukci z nerezových materiálů, která relativně nepodléhá klimatickým jevům a korozi.

Přehled obrázků na výkresech

Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu podle technického řešení je schematicky znázorněn na připojených výkresech, kde na obr. 1 je zobrazen portálový stojan v instalaci s mobilní maskou Thomsonova přelivu v drobném vodním toku, a to v čelním pohledu, obr. 2 znázorňuje přilehlé konce trubek děleného portálového nosiče před jejich spojením, rovněž v čelním pohledu, na obr. 3 a 4 je teleskopická noha se zarážkami a prvním aretačním šroubem, v částečném řezu, kde na obr. 3 je teleskopická noha v čelním pohledu a na obr. 4 v bočním pohledu, na obr. 5 a 6 je zobrazeno pouzdro horní části teleskopické nohy s druhým aretačním šroubem a průchozím děleným portálovým nosičem, v částečném řezu, kde na obr. 5 je toto pouzdro v čelním pohledu a na obr. 6 v bočním pohledu, a obr. 7 a 8 znázorňuje uchycení držáku ultrazvukové sondy na nasouvací trubce, rovněž v částečném řezu, kde na obr. 7 je toto uchycení v čelním pohledu a na obr. 8 v bočním pohledu.

Příklad provedení technického řešení

Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu podle technického řešení sestává ze dvou svislých teleskopických noh, jejichž dolní nosné části 1 jsou opatřeny ocelovými kotvicemi hroty sloužícími pro zaražení do přírodního prostředí a jejichž horní vsuvné části 2 jsou opatřeny kovovými pouzdry 3, ve kterých je vodorovně suvně uložen dělený portálový nosič. Na děleném portálovém nosiči je suvně a otočně kolem své podélné osy uložena krátká nasouvací trubka 4 opatřená držákem 5 s pouzdem 6 pro upevnění ultrazvukové sondy.

Teleskopické nohy jsou vytvořeny z nerezových trubek. Jejich dolní nosné části 1 jsou dále opatřeny zářkami 7 a prvními aretačními šrouby 8, které slouží pro výškové nastavení vsuvných částí 2 teleskopických noh. První aretační šrouby 8 jsou uloženy v radiálních otvorech vytvořených v dolních nosných částech 1. Kolem otvorů jsou k dolním nosným částem 1 navařeny matice sloužící pro uchycení prvních aretačních šroubů 8.

Pouzdra 3 děleného portálového nosiče jsou rovněž z nerezové trubky a jsou navařena na horní vsuvné části 2 teleskopických noh. Pouzdra 3 jsou opatřena druhými aretačními šrouby 9, které slouží pro zajištění polohy děleného portálového nosiče. Druhé aretační šrouby 9 jsou uloženy v radiálních otvorech vytvořených v pouzdrech 3. Kolem otvorů jsou k pouzdrům 3 navařeny matice, které slouží pro uchycení druhých aretačních šroubů 9.

Dělený portálový nosič je tvořen dvěma nerezovými trubkami 10, 11, které jsou navzájem spojitelné pomocí čepu 12 upevněného na jenom konci první trubky 10 a otvoru pro čep 12 vytvořeného na přilehlém konci druhé trubky 11. Ve druhé trubce 11 je při jejím konci s otvorem pro čep 12 vytvořen radiální závitový otvor, kolem něhož je na druhé trubce 11 navařena matice. V matici a v radiálním závitovém otvoru je uložen stavěcí šroub 13, který slouží k ustavení trubek 10, 11 a zajištění jejich vzájemné polohy. Opačné konce trubek 10, 11, tj. konce bez spojovacích prvků, jsou zaslepeny plastovými zátkami 14.

Nasouvací trubka 4, rovněž nerezová, je opatřena třetím aretačním šroubem 15, který slouží k ustavení nasouvací trubky 4 a zjištění její polohy na děleném portálovém nosiči. Třetí aretační šroub 15 je uložen v radiálním otvoru vytvořeném v nasouvací trubce 4, kolem něhož je navařena matice sloužící pro uchycení třetího aretačního šroubu 15. Nasouvací trubka 4 je osazena portálem z nerezové pásoviny pro držák 5 pouzdra 6 ultrazvukové sondy. V nerezové pásovíně jsou vytvořeny otvory pro šrouby sloužící k uchycení držáku 5. Pásovina, osazená šrouby s podložkami a maticemi, je navařena v podélném směru na střed nasouvací trubky 4 tak, aby její příčná osa byla kolmá k tečně kružnice, kterou nasouvací trubka 4 při otáčení na děleném portálovém nosiči opisuje, a podélná osa byla rovnoběžná s podélnou osou nasouvací trubky 4. Držák 5 je rovněž zhotoven z nerezové pásoviny a je pomocí šroubů připevněn k pásovíně navařené k nasouvací trubce 4. Pouzdro 6 ultrazvukové sondy je zhotoveno z nerezové trubky, jejíž velikost odpovídá rozměru tubusu použité ultrazvukové sondy, a je připevněno k držáku 5.

Montáž portálového stojanu pro ultrazvukovou sondu se provede tak, že nejprve se sestaví teleskopické nohy stojanu a zaaretují se prvními aretačními šrouby 8. Poté se z trubek 10, 11 sestaví dělený portálový nosič, a to tak, že druhá trubka 11 se nasune na první trubku 10 s čepem 12 a zajistí se stavěcím šroubem 13. Na takto sestavený dělený portálový nosič se nasune nasouvací trubka 4 a zaaretuje se třetím aretačním šroubem 15. Na nasouvací trubku 4 se pak připevní držák 5, na který se našroubuje pouzdro 6 ultrazvukové sondy. Poté se dělený portálový nosič prostrčí pouzdry 3 v horních částech 2 teleskopických noh a zaaretuje se druhými aretačními šrouby 9.

Průmyslová využitelnost

Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu podle technického řešení je využitelný především pro přesné kontinuální nedestruktivní měření výšek hladin, resp. z nich odvozených veličin, zejména průtoků, drobných vodních toků pomocí ultrazvukových sond, a to zejména v lokalitách s horší dostupností. V kombinaci např. s mobilními Thomsonovými přelivy a vhodnými ultrazvukovými sondami může být součástí mobilní aparatury ke stanovování průtoků drobných vodních toků. Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu je rovněž jednoduše adaptabilní pro stanovování výšek hladin drobných vodních toků pomocí stacionárních metod, kdy je koryto upraveno tak, aby bylo přesně hydraulicky definováno.

NÁROKY NA OCHRANU

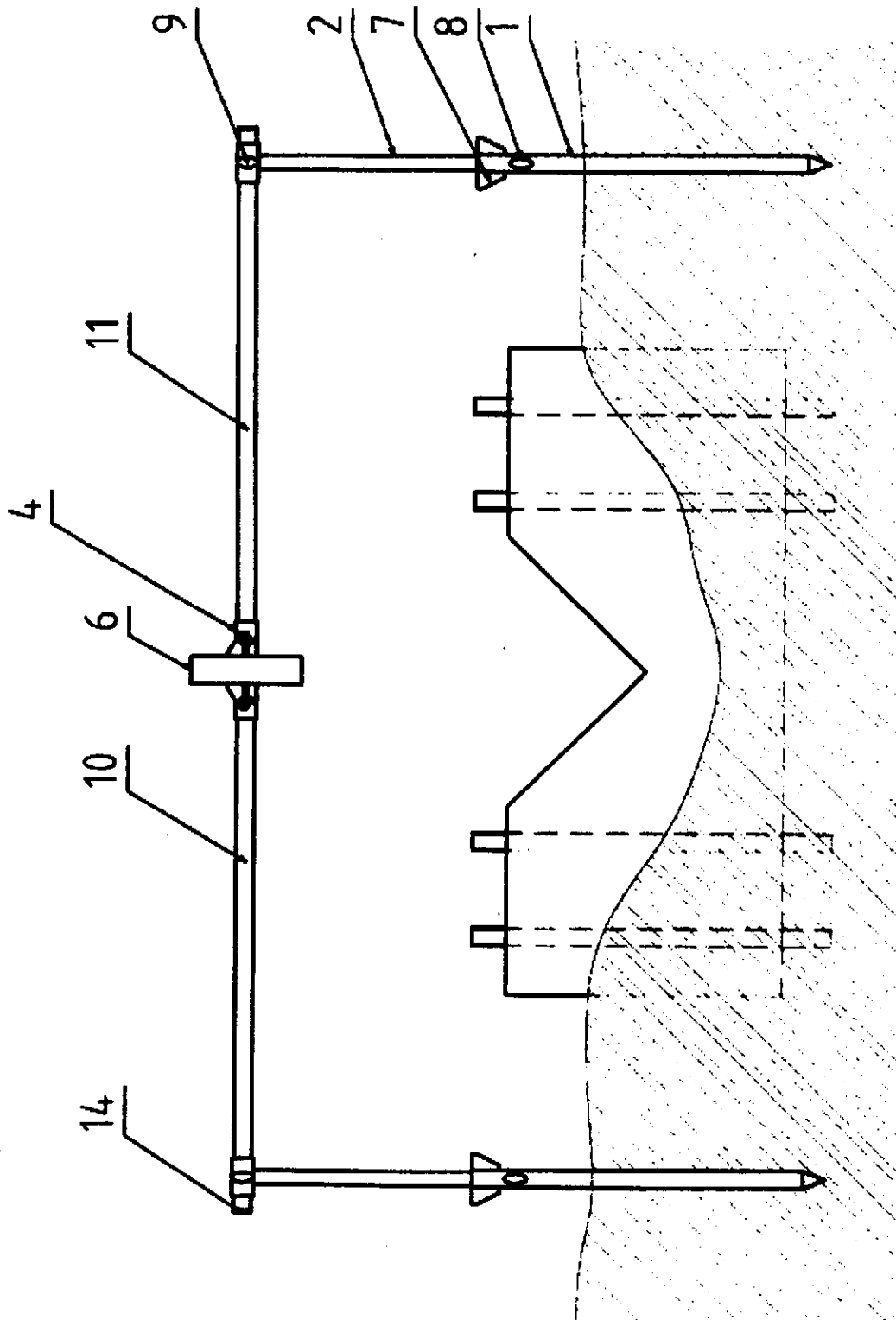
1. Portálový stojan pro ultrazvukovou sondu, zejména pro kontinuální měření výšek hladin drobných vodních toků, **vyznačující se tím**, že sestává ze dvou svislých výškově nastavitelných teleskopických noh, jejichž horní vsuvné části (2) jsou opatřeny pouzdry (3), ve kterých je vodorovně suvně uložen dělený portálový nosič, na kterém je uložena suvně a otočně kolem své podélné osy nasouvací trubka (4) opatřená držákem (5) s pouzdem (6) pro upevnění ultrazvukové sondy, přičemž dělený portálový nosič a nasouvací trubka (4) jsou v pracovní poloze zajištěny aretačními prvky.
2. Portálový stojan podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dolní nosné části (1) teleskopických noh jsou opatřeny zarážkami (7) a prvními aretačními šrouby (8) pro zajištění polohy horních vsuvných částí (2) teleskopických noh.
3. Portálový stojan podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pouzdra (3) pro uložení portálového nosiče jsou opatřena druhými aretačními šrouby (9) pro zajištění polohy děleného portálového nosiče.
4. Portálový stojan podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dělený portálový nosič je tvořen dvěma trubkami (10, 11), navzájem spojitelnými pomocí čepu (12), kterým je opatřen konec první trubky (10) a otvoru pro čep (12) vytvořeného na přilehlém konci druhé trubky (11), přičemž vzájemná poloha trubek (10, 11) je nastavitelná stavěcím šroubem (13) uspořádaným v radiálním otvoru vytvořeném v druhé trubce (11).
5. Portálový stojan podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nasouvací trubka (4) je opatřena třetím aretačním šroubem (15) pro zajištění její polohy na děleném portálovém nosiči.
6. Portálový stojan podle nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že je zhotoven z nerezového materiálu.

25

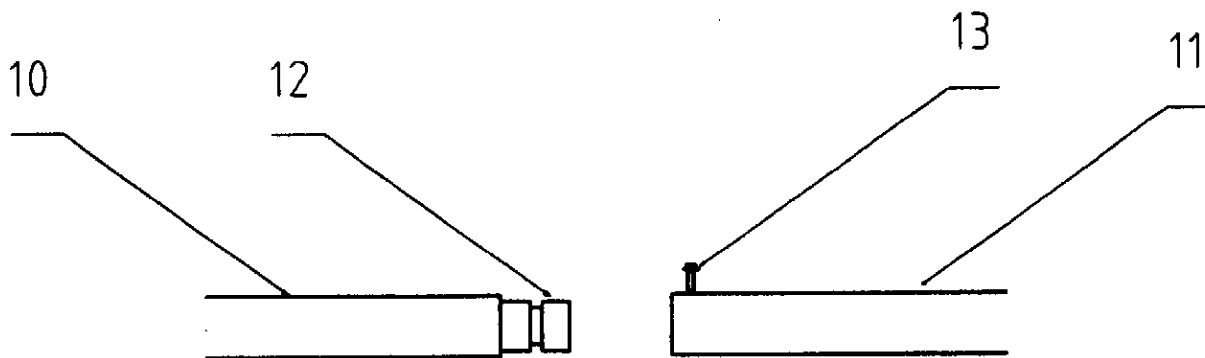
3 výkresy

Seznam vztahových značek:

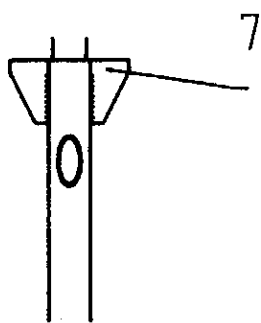
- | | | |
|----|----|--|
| | 1 | dolní nosná část teleskopické nohy |
| | 2 | horní vsuvná část teleskopické nohy |
| 30 | 3 | pouzdro pro uložení portálového nosiče |
| | 4 | nasouvací trubka |
| | 5 | držák |
| | 6 | pouzdro pro upevnění ultrazvukové sondy |
| | 7 | zarážka |
| 35 | 8 | první aretační šroub |
| | 9 | druhý aretační šroub |
| | 10 | první trubka děleného portálového nosiče |
| | 11 | druhá trubka děleného portálového nosiče |
| | 12 | čep |
| 40 | 13 | stavěcí šroub |
| | 14 | plastová zátka |
| | 15 | třetí aretační šroub. |



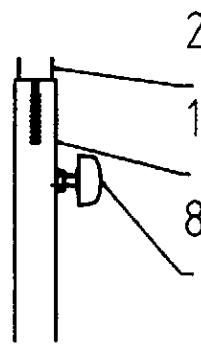
Obr. 1



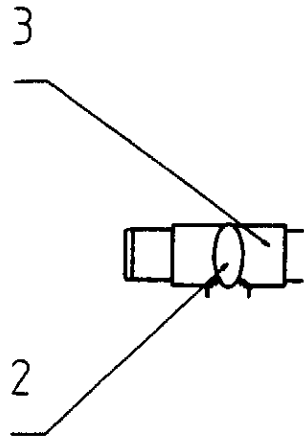
Obr. 2



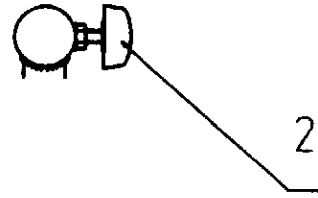
Obr. 3



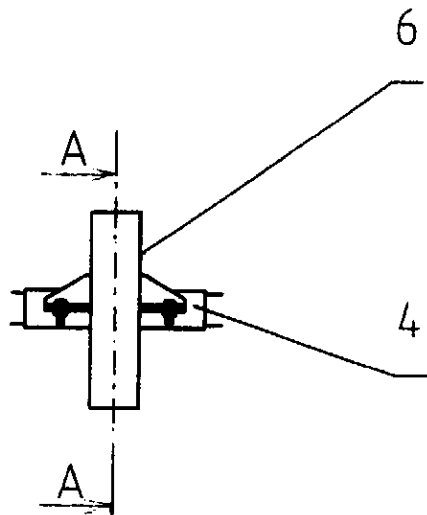
Obr. 4



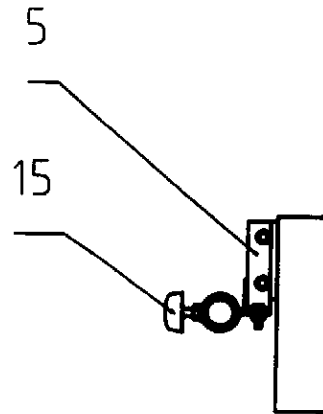
Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8

Konec dokumentu

Příloha 2. ODBORNÝ ČLÁNEK I.

DEUTSCHER, J., KUPEC, P. 2014. Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic. Environmental Monitoring and Assessment. DOI 10.1007/s10661-014-3661-5, 2014. sv. 186, č. 6, s. 3837-3846. ISSN 0167-6369.

Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic

Jan Deutscher · Petr Kupec

Received: 23 July 2013 / Accepted: 21 January 2014
© Springer International Publishing Switzerland 2014

Abstract At present, dynamic land use, climate change, and growing needs for fresh water are increasing the demand on the ecosystem effects of forest vegetation. Mountainous areas are at the forefront of scientific interest in European forest ecology and forest hydrology. Although uplands cover a significant area of the Czech Republic and other countries and are often covered with forest formations, they do not receive an appropriate amount of attention. Therefore, two experimental upland head micro-watersheds in the Bohemian Massif were selected for study because they display similar natural conditions, but different vegetative conditions (forest versus meadow). During the 2011 growing season, short-term streamflow measurements were carried out at the discharge profiles of both catchments and were evaluated in relation to climatic data (rainfall and temperature). The basic premise was that the streamflow in a forested catchment must exhibit different temporal dynamics compared to that in treeless areas and that these differences can be attributed to the effects of woody vegetation. These conclusions were drawn from measurements performed during dry periods lasting several days. A decreasing streamflow trend during the day part of the day (0900–1900 hours) was observed in both localities. The decrease reached approx. 44 % of

the initial morning streamflow ($0.24 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ day}^{-1}$) in the treeless catchment and approx. 20 % ($0.19 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ day}^{-1}$) in the forested catchment. At night (1900–0900 hours), the streamflow in the forested catchment increased back to its initial level, whereas the streamflow in the treeless catchment stagnated or slowly decreased. We attribute these differences to the ecosystem effects of woody vegetation and its capacity to control water loss during the day. This type of vegetation can also function as a water source for the hydrographic network during the night.

Keywords Micro-watershed · Streamflow · Woody vegetation · Uplands · Hydrologic function · Ecosystem effects of woody vegetation

Introduction

Dynamic land use, climate change, the need to increase the quality of freshwater, and other ecosystem effects of forest vegetation have increased the demand for a better understanding and management of watershed ecosystems (Sun et al. 2008; Vörösmarty et al. 2010). The awareness of rapid alterations of biodiversity among freshwater recipients has also increased (Allan and Flecker 1993; Richter et al. 1997; Dudgeon et al. 2006; Strayer 2006). One of the key questions concerning the environmental functions and effects of forested micro-watersheds is the relationship between temporal streamflow dynamics and vegetation cover. The flow of small streams is an integral part of the water

J. Deutscher (✉) · P. Kupec
Department of Landscape Management, Mendel University in
Brno, Brno, Czech Republic
e-mail: jan.deutscher@mendelu.cz

P. Kupec
e-mail: petr.kupec@node.mendelu.cz

balance for a whole area, and its values, changes, and dynamics determine much of the whole catchment status. There has been a significant amount of attention dedicated to the water regimes and management of terrestrial freshwater systems (Richter et al. 2003, 2006; Arthington et al. 2006, 2010). Streamflow is determined by long-term unchanging abiotic conditions (e.g., the slope, relief, geology, pedology), which, in some cases, may also include relatively stable biotic factors, such as vegetation cover. The question of changing vegetation cover in relation to land use and climate change is relevant to investigators across Europe and other continents (Lynch and Corbett 1990; Martin and Pierce 1980; Pomeroy 2003; Swank et al. 2001). A proper understanding of these changes and their effects on landscape functions plays a key role not only in predicting catastrophic scenarios (Kidane et al. 2012) but also in land use optimization (Langhammer and Vilímek 2008; Goldstein et al. 2007).

When evaluating these changes at the catchment level, paired catchments with similar sizes and natural conditions but with different vegetation cover are frequently used (Brown et al. 2004). According to Brown et al. (2004), the paired catchment studies reported in the literature can be divided into four broad categories: afforestation, re-growth, deforestation, and forest conversion experiments. The results of some of these studies were summarized in reviews by Bosch and Hewlett (1982) and Stednick (1996). These reviews highlight the significance of the topic, but also show that only a few paired catchment studies have been carried out in Central European environments. Several indicators are used to describe the relationships between temporal streamflow dynamics and vegetation cover in a catchment, namely, annual water yield and its response time and seasonal water yield (Brown et al. 2004). Although the current understanding of the impact of vegetation on the mean annual water yield is advanced (Zhang et al. 2001), the effects of vegetation on seasonal, monthly, and daily flows are less well understood but can be more important than the impact of the annual water yield (Brown et al. 2004). Understanding daily streamflow dynamics in catchments with particular types of vegetation cover can simplify the interpretation of the streamflow–evapotranspiration relationship by excluding some other difficult-to-estimate variables, i.e., the soil water content (Johnson and Kovner 1956). Head micro-watersheds have been extensively studied in the Czech Republic (CR); however, most of these studies were conducted in mountain or floodplain areas (Mráz et al. 1990;

Tesař et al. 1992; Kantor 1995; Křovák and Kuřík 2001; Kulhavý et al. 2002; Šanda et al. 2006, 2009; Švihla et al. 2010). Upland areas, which are defined by a more ragged topography, do not receive an appropriate amount of scientific attention, even though they cover a significant area of the CR and other countries and are often covered with forest formations or pastures.

Methodology

A paired catchment study design was used in this experiment (Brown et al. 2004). Two micro-watersheds with similar natural conditions (Table 1) were chosen in the Forest Training Enterprise Masaryk Forest Křtiny (TFE MF; see Fig. 1). For topography maps, see Figs. 2 and 3. Both experimental catchments are located in the Bohemian Massif, where the geological parent material is acidic granodiorite and soils are mainly cambisols, while fluvisols can only be found in close proximity to streams. The average soil depth reaches 70–90 cm for both catchments. The annual rainfall reaches 610 mm and the mean annual temperature is 7 °C. The climate is influenced by a distinctive ragged topography with significant effect of exposure.

Headwater catchments are hydrologically definable areas, and the natural conditions of these areas were therefore used during the evaluation process as an independent variable. Dynamically changing conditions were applied for the catchment areas, and input (rainfall), output (streamflow), and climatic factors (air temperature) were assigned. Daily streamflow patterns were estimated from short-term measurements (5-h minimum length) using the streamflow estimation method based on water level measurements performed above a mobile Thomson spillway with ultrasound water-level sensors, with a 5-min measurement interval (viz., Deutscher and Kupec 2010, 2012). These measurements were conducted at weekly intervals (with ten measurements performed at each locality) during the growing season in the CR (during days with minimum daily temperatures above 10 °C, following Culek et al. 2005) from May to October. Rainfall and temperature were measured using a Vantage Vue semiprofessional climatic station (Bibetus s.r.o., Brno, Czech Republic) placed within an insulated open area in the highest parts of the Kanice catchment according to the ICP forest manual for meteorological measurements (Raspe et al. 2010). This station was also used to collect temperature

Table 1 Experimental micro-watershed characteristics

Experimental catchment characteristics	Kanice micro-watershed	Habrůvka micro-watershed
Basin area (ha)	65	50
Stream length (m)	640	680
Mean altitude (m)	332	510
Exposure	North	North
Forest density (%)	98	10
Forest tree species (%)	<i>Fagus sylvatica</i> , 25; <i>Pinus sylvestris</i> , 20; <i>Quercus petraea</i> , 15; <i>Tilia plathyphyllos</i> , 15; <i>Picea abies</i> , 10; <i>Carpinus betulus</i> , 10; <i>Larix decidua</i> , 5	<i>Fagus sylvatica</i> , 55; <i>Acer pseudoplatanus</i> , 20; <i>Fraxinus excelsior</i> , 15; <i>Larix decidua</i> , 10

data from the Habrůvka catchment where only rainfall was measured with a rain gauge (MetOne 375, MetOne, Oregon, USA). The treeless Habrůvka catchment was used as a reference for the forested Kanice catchment. The streamflow in the treeless catchment is unaffected by woody vegetation. Because of the similar natural conditions of the two catchments, the observed differences could be explained by the ecosystem effects of woody vegetation (mainly evapotranspiration). When comparing the streamflows from different catchments, it is important to compare periods with similar precipitation to minimize variations related to the climate (Burt and Swank 1992). Therefore, only measurements conducted during dry periods were evaluated. Because there is no universal

definition of a dry period or drought (Wilhite and Glantz 1985), periods of at least 3 days with a maximum daily precipitation of 0.2 mm were considered dry periods.

According to Stocker (1956), the transpiration intensity changes during the day. During sunny days, it usually reaches maximum peak values around midday or shows two peak values and a decline around noon. Based on this information, streamflow estimations were performed during the morning (0900–1400 hours), afternoon (1400–1900 hours), and night (1900–900 hours) because the evapotranspiration processes appeared to increase up to midday and then decrease during the night. The average temperature and streamflow value measurements were evaluated together according to the

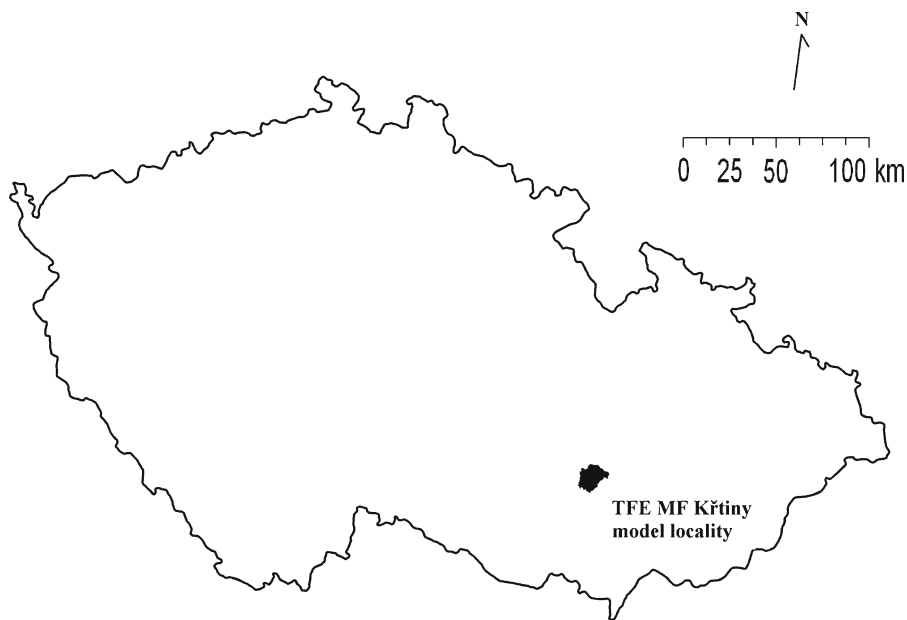
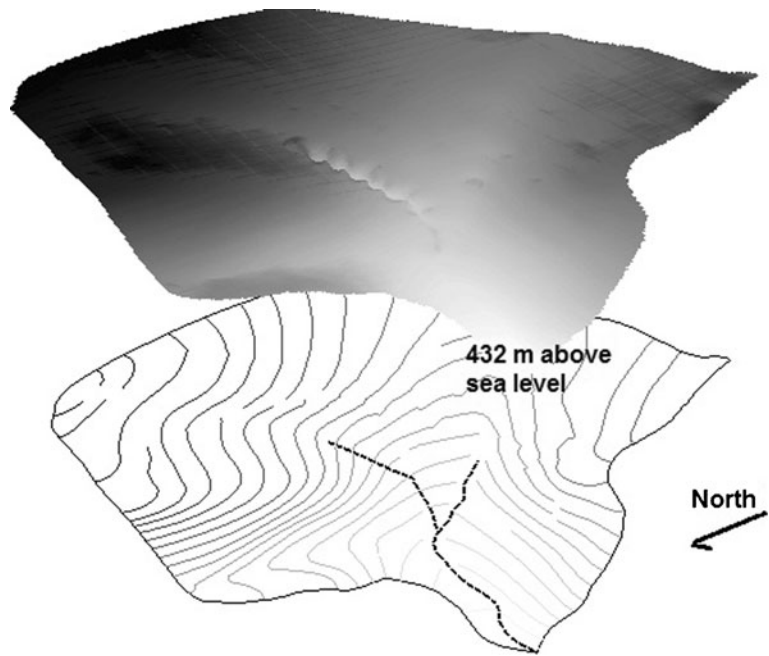


Fig. 1 Study area: Forest Training Enterprise Masaryk Forest Křtiny

Fig. 2 Topography map of Treeless Habrůvka catchment (THC)



daytime periods described above. Emphasis was placed on identifying the difference between the starting and ending values for each daytime period.

Results

Treeless Habrůvka catchment

The streamflow in the treeless Habrůvka catchment (THC) during dry periods of the growing season

exhibits values between 0.2 and $0.7 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$, displaying an average value of $0.4 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$. The temperature reaches its maximum peak at approximately 1430 hours, showing maximum daily values of $15\text{--}32 \text{ }^\circ\text{C}$. The minimum temperature occurs at approximately 0600 hours and ranges from 8 to $20 \text{ }^\circ\text{C}$. The mean specific discharge is $1.4 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Data for the THC are shown in Figs. 4, 5, and 6.

During the morning hours (0900–1400 hours), there is a clear correlation between increasing temperature and decreasing streamflow. The average increase in

Fig. 3 Topography map of Kanice forested catchment (KFC)

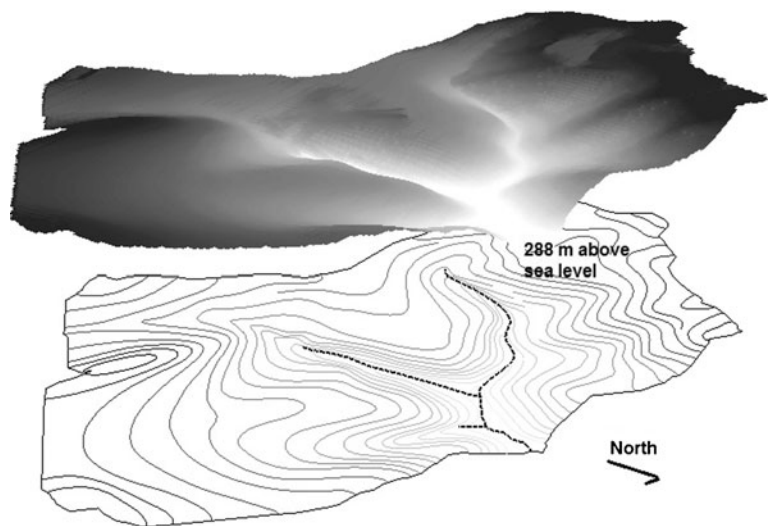
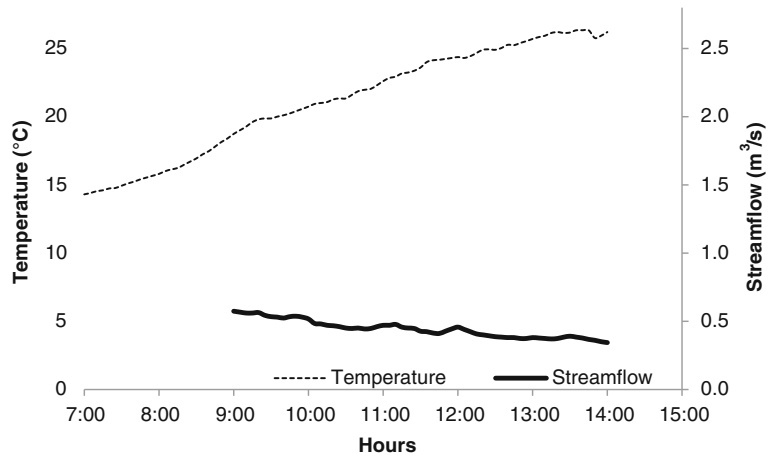


Fig. 4 Mean morning streamflow in the experimental Habrůvka catchment, Czech Republic, during dry periods of the growing season, 2011



temperature is 7 °C, which represents 45 % of the starting value. This trend causes a streamflow decrease of 0.18 dm³ s⁻¹, on average, with an intensity of 0.04 dm³ s⁻¹ h⁻¹, which is equal to 33 % of the starting value. However, this decrease is rather unstable, ranging from 20 to 50 %.

During the afternoon (1400–1900 hours), the temperature stagnates, exhibiting a maximum peak at approximately 1430 hours and beginning to decrease at approximately 1630 hours, with an average intensity of 1.5 °C/h. The decrease in the streamflow was quantified as 0.06 dm³ s⁻¹ (15 % of the starting value), showing an average intensity of 0.01 dm³ s⁻¹ h⁻¹.

At night (1900–0900 hours), the temperature decreases with an average intensity of 0.4 °C/h, displaying a minimum peak at approximately 0600 hours. The streamflow stagnates for most of the night. Between 0600 and 0900 hours, it increases with an intensity of

0.03 dm³ s⁻¹ h⁻¹, most likely because of horizontal precipitation.

Kanice forested catchment

The streamflow in the Kanice forested catchment (KFC) during dry periods of the growing season ranges from 0.6 to 1.2 dm³ s⁻¹, showing an average value of 0.7 dm³ s⁻¹. The temperature reaches its maximum peak at approximately 1200 hours, exhibiting maximum daily values of 20–30 °C. The minimum temperature occurs at approximately 0600 hours and ranges from 4 to 15 °C. The mean specific discharge is 1.08 dm³ s⁻¹ km⁻². Data for the KFC are shown in Figs. 7, 8, and 9.

During the morning hours (0900–1400 hours), the decrease in the streamflow appears to be linear, even though the temperature rises steeply. The temperature

Fig. 5 Mean afternoon streamflow in the experimental Habrůvka catchment, Czech Republic, during dry periods of the growing season, 2011

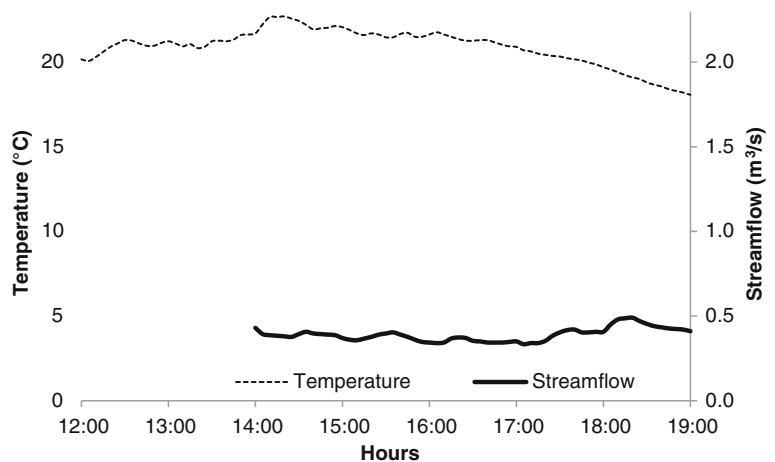
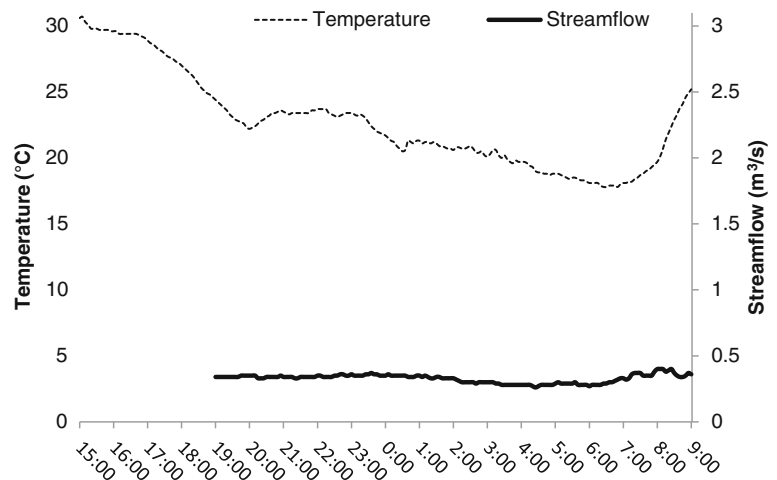


Fig. 6 Mean night streamflow in the experimental Habruvka catchment, Czech Republic, during dry periods of the growing season, 2011



increases by 4.5 °C, on average, which is equal to 30 % of the starting value. The decrease in the streamflow was quantified as 0.12 dm³ s⁻¹, or 13 % of the starting value. The intensity of the decrease is 0.03 dm³ s⁻¹ h⁻¹.

During the afternoon (1400–1900 hours), the temperature stagnates, displaying a maximum peak at approximately 1430 hours, and then starts to decrease at approximately 1800 hours. The minimum streamflow is observed at approximately 1800 hours. The decrease in the streamflow is 0.07 dm³ s⁻¹, on average (8 % of the starting value), with an average intensity of 0.02 dm³ s⁻¹ h⁻¹. After this time, the streamflow increases again.

The temperature decreases steeply from 1800–2300 hours, with an average intensity of 2 °C/h, and then continues to decrease until sunrise, with an intensity of 0.5 °C/h. The minimum temperature is reached at approximately 0600 hours. The streamflow increases linearly by 0.22 dm³ s⁻¹, which is equal to 38 % of the

starting value, with an intensity of 0.02 dm³ s⁻¹ h⁻¹. The maximum peak is reached at approximately 0830 hours.

Paired catchment evaluation

A decreasing streamflow is observed at both localities during the sunlit part of the day (0900–1900 hours). This daily decrease was quantified as 0.24 dm³ s⁻¹ day⁻¹ in the THC, or 44 % of the starting value, while in the KFC, it was 0.19 dm³ s⁻¹ day⁻¹, or 20 % of the starting value (viz., Table 2 and Fig. 10).

The biggest difference between the two catchments appears to be the temporal dynamics of the streamflow after sunset. The streamflow stagnates, with only a marginal increase being observed during the early morning in the THC. In contrast, a rather intense increase occurs in the KFC, quantified as 0.22 dm³ s⁻¹ overnight (38 % of the starting value).

Fig. 7 Mean morning streamflow in the experimental Kanice catchment, Czech Republic, during dry periods of the growing season, 2011

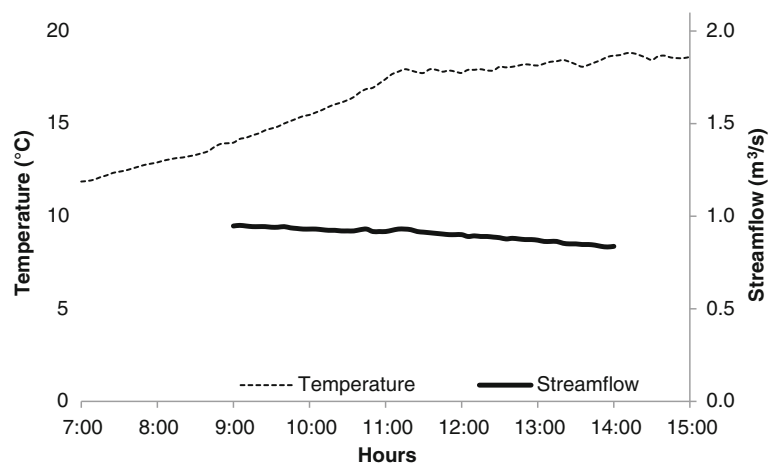
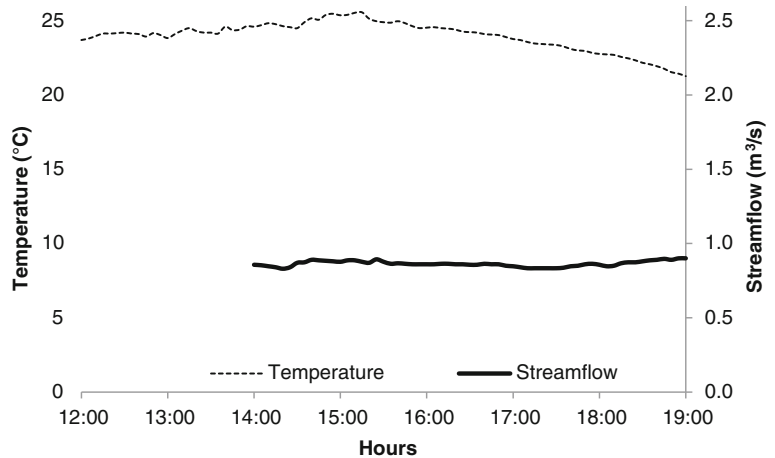


Fig. 8 Mean afternoon streamflow in the experimental Kanice catchment, Czech Republic, during dry periods of the growing season, 2011



During dry periods of the growing season, a constant decrease in the streamflow occurs in the THC, exhibiting an average intensity of $0.01 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ h}^{-1}$ and a maximum around midday of $0.035 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ h}^{-1}$. The total streamflow deficit for the THC reaches $0.21 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ day}^{-1}$. The non-woody vegetation of the catchment is unable to compensate for these evaporative losses. In contrast, the deficit during dry periods of the growing season for the KFC was close to zero. It could be concluded that the forest vegetation functions to supply water during the night and is able to compensate for the loss of evaporation.

Discussion

Using a paired catchment study design including two micro-watersheds allows the daily temporal dynamics

of both catchments to be described and relates them to the ecosystem effects of woody vegetation. Švihla (2001) stated that during low streamflow periods, small streams are exclusively supplied by water from forest sources. The mean annual discharge from forests in the CR reaches 0.75–1.04 times the discharge from agricultural land. This parameter varies according to the hydrological situation across years, and the highest levels are recorded during dry years. Our measurements show that when the specific discharge from the two localities is compared during dry periods of the growing season, the KFC discharges 0.77 times as much as the THC, which contrasts with the general results published by Švihla (2001). However, the same author also stated that during periods of relatively higher evaporation, the difference in discharge between forest and agricultural land in the uplands is usually higher, with forest discharge corresponding to

Fig. 9 Mean night streamflow in the experimental Kanice catchment, Czech Republic, during dry periods of the growing season, 2011

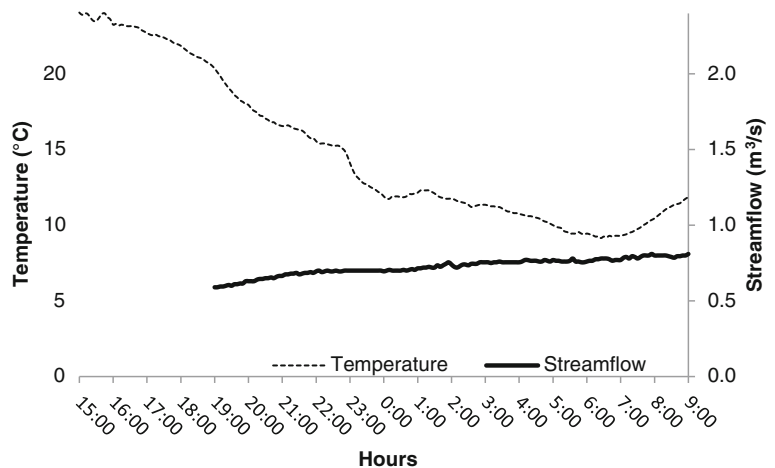


Table 2 Temporal dynamics of interday streamflow from two experimental micro-watersheds, Czech Republic, during dry periods of the growing season, 2011

Experimental catchment	Daytime (hours)	Average starting streamflow ($\text{dm}^3 \text{s}^{-1}$)	Average ending streamflow ($\text{dm}^3 \text{s}^{-1}$)	Average change ($\text{dm}^3 \text{s}^{-1}$)	Average change over 1 h ($\text{dm}^3 \text{s}^{-1} \text{h}^{-1}$)
Habrůvka	0900–1400	0.54	0.37	-0.17	-0.035
Habrůvka	1400–1900	0.41	0.35	-0.06	-0.012
Habrůvka	1900–0900	0.34	0.37	0.03	0.002
Kanice	0900–1400	0.95	0.83	-0.12	-0.025
Kanice	1400–1900	0.88	0.86	-0.02	-0.003
Kanice	1900–0900	0.59	0.79	0.2	0.014

0.6–0.7 times the discharge from treeless areas on average, in accord with our results.

Válek (in Riedl and Zachar 1974) found that the mean daily specific discharge values during dry periods were $1.21 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ in a forested mountain catchment and $0.78 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ in a treeless region. According to our observations, the mean daily specific discharge from the KFC during dry periods was $1.08 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, whereas it was $1.4 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ from THC. A similar evaluation of the effect of different vegetation types on discharge dynamics was carried out by Křovák and Kuřík (2001) in the Šumava mountains for three mountain micro-watersheds (10 ha). The mean daily specific discharge values during dry periods were observed to be $1.5 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ from a dead forest, $2.6 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ from cuttings, and $4.1 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ from a healthy forest (viz., Table 3).

These results highlight the different conditions found in mountain catchments, where the mean specific discharge during dry periods can be three to four times

higher than that in uplands. More importantly, our results show that even during dry periods lasting several days, the specific discharge from the KFC remains lower than that of the THC. In contrast to the results published by Válek (in Riedl and Zachar 1974) and Křovák and Kuřík (2001) for mountain areas, the temporal dynamics of the streamflow and ecosystem effects of vegetation in uplands are different, in accord with the findings of Švihla (2001).

The intensity of transpiration changes during the day. On sunny days, it usually reaches a maximum peak around midday, or there are two peak values, and a decline is detected around noon, while the water intake is dominant at night, according to Stocker (1956). This trend explains the rather intense decrease in streamflow detected during morning hours (0900–1400 hours) at both localities. In the THC, the intensity of the decrease was $0.035 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ h}^{-1}$ in the morning (0900–1400 hours) and $0.012 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ h}^{-1}$ in the afternoon (1400–1800 hours). In the KFC, the intensity of the

Fig. 10 Temporal dynamics of interday streamflow from two experimental micro-watersheds, Czech Republic, during dry periods of the growing season, 2011

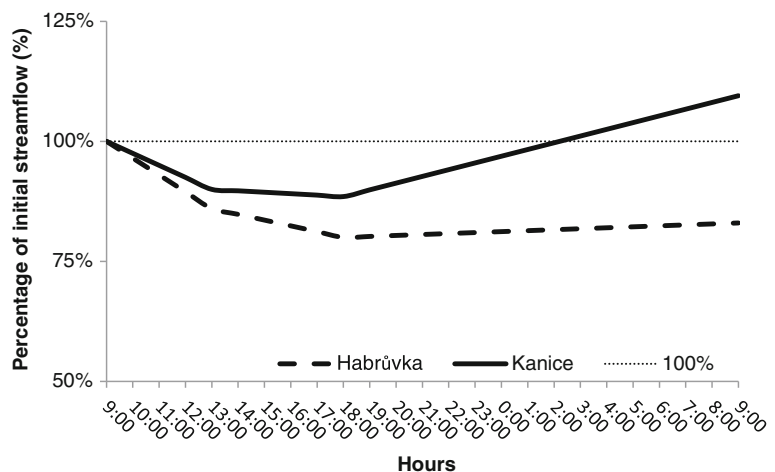


Table 3 Mean specific discharge from experimental micro-watersheds during dry periods, Czech Republic

Experimental catchment by author	Mean specific discharge (dm ³ s ⁻¹ km ⁻²)	
	Forest	Clear
Válek, 1962—mountain	1.21	0.78
Křovák, Kuřík, 2001—mountain	4.1	1.5
Deutscher, Kupec, 2011—upland	1.08	1.4

decrease was 0.025 dm³ s⁻¹ h⁻¹ in the morning and 0.016 dm³ s⁻¹ h⁻¹ in the afternoon. The relatively higher intensity of the streamflow decrease found in the KFC in the afternoon can be explained by the occurrence of more intense transpiration along with the assumption that the decreasing temperature in the THC decreases evapotranspiration, whereas in the KFC, the forest exhibits greater transpiration.

Summary

The effect of woody vegetation on the temporal dynamics of interday streamflow in upland micro-watersheds was evaluated in a paired catchment study. A treeless catchment was used as a reference; the differences between treeless and forested catchments were explained by the ecosystem effects of woody vegetation. The temporal dynamics of the streamflow were monitored during dry periods of the growing season when the streamflow is least affected by climatic variations. The results of our study show that streamflow in upland micro-watersheds decreases intensely during the morning hours (0900–1400 hours), independent of the vegetation present, mainly because of increased evaporation in relation to the noontime amplitude of forest transpiration. The intensity of the morning streamflow decrease was most apparent in the treeless catchment, whereas the forest appears to be able to minimize evaporative losses during the most sunlit periods of the day. During the afternoon (1400–1900 hours), the intensity of streamflow decrease is lower. Lower intensity of the decrease occurs in the treeless catchment, whereas the forest transpires rapidly; the intensity of streamflow decrease is therefore nearly the same as it is in the morning. However, the biggest difference in streamflow dynamics was observed during the night (1900–

0900 hours). In the treeless catchment, the streamflow remains constant for most of the night, with a marginal increase being observed during the early morning hours (most likely caused by horizontal precipitation). In contrast, the streamflow increases as woody vegetation supplies water back to the stream in amounts that are sufficient to compensate for daily evapotranspiration losses in the forested catchment.

Acknowledgments This research was supported by the Internal Grant Agency of the Faculty of Forestry and Wood Technology of Mendel University in Brno under project no. 45/2011.

References

- Allan, J. D., & Flecker, A. S. (1993). Biodiversity conservation in running waters. Identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *BioScience*, 43(1), 32–43.
- Arthington, A. H., Bunn, S. E., Poff, N. L., & Naiman, R. J. (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological Applications*, 16(4), 1311–1318.
- Arthington, A. H., Naiman, R. J., McClain, M. E., & Nilsson, C. (2010). Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: new challenges and research opportunities. *Freshwater Biology*, 55, 1–16.
- Bosch, J. M., & Hewlett, J. D. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 55(1/4), 3–23.
- Brown, E. A., Zhang, L., McMahon, A. T., Western, W. A., & Vertessy, A. R. (2004). A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *Journal of Hydrology*, 310(2005), 28–61.
- Burt, T. P., & Swank, W. T. (1992). Flow frequency responses to hardwood-to-grass conversion and subsequent succession. *Hydrological Processes*, 6(2), 179–188.
- Culek, M. et al. (2005). Biogeografické členění České republiky II. Praha. 589 pp. ISBN: 80-86064-82-4.
- Deutscher, J., Kupec, P. (2010). Flow rate evaluation of small forest streams [CD-ROM]. In: Colloquium of Landscape Management. (pp. 7–13). ISBN: 978-80-7375-397-9. Available at: <http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u21/dokumenty/Colloquium%20of%20landscape%20management%202010.PDF>.
- Deutscher, J., Kupec, P. (2012). Flow-rate estimation of a small watercourse as a basic water balance element of a forest microwatershed. In *Proceedings of the International Conference Integrated Management of Environmental Resources*, Suceava, November 4–6th, 2011. Suceava, Romania: Editura Universitatii “Stefan cel Mare” Suceava, Romania, pp. 119–124. ISBN: 978-973-666-388-8.

- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., et al. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81, 163–182.
- Goldstein, R. M., Carlisle, D. M., Meador, M. R., & Short, T. M. (2007). Can basin land use effects on physical characteristics of streams be determined at broad geographic scales? *Environmental Monitoring and Assessment*, 130, 495–510.
- Johnson, E. A., & Kovner, J. L. (1956). Effect on streamflow of cutting a forest understory. *Forest Science*, 2, 82–91.
- Kantor, P. (1995). Vodní režim smrkových a bukových porostů jako podklad pro návrh druhové skladby vodohospodářsky významných středohorských lesů. Habilitation thesis. Brno, MZLU 1995, Lesnická a dřevařská fakulta: 332 pp.
- Kidane, Y., Stahlmann, R., Beierkuhnlein, C. (2012). Vegetation dynamics, and land use and land cover change in the Bale Mountains, Ethiopia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(12), 7473–7489. ISSN 1573–2959.
- Křovák, F., Kuřik, P. (2001). Vliv lesních ekosystémů na odtokové poměry krajiny. Aktuality šumavského výzkumu. Smí. pp 75–79.
- Kulhavý, Z., et al. (2002). *Extrémní průtoky v pokusných povodích a pravděpodobnost jejich výskytu*. Pardubice: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha.
- Langhammer, J., & Vilímek, V. (2008). Landscape changes as a factor affecting the course and consequences of extreme floods in the Otava River basin, Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144, 53–66.
- Lynch, J. A., & Corbett, E. S. (1990). Evaluation of best management practices for controlling nonpoint pollution from silvicultural operations. *Water Resources Bulletin*, 26, 41–52.
- Martin, C. W., & Pierce, R. S. (1980). Clearcutting patterns affect nitrate and calcium in streams of New Hampshire. *Journal of Forestry*, 78, 268–276.
- Mráz, K. et al. (1990). Vodní režim půdy, vztah k přírůstu dřevní hmoty a odtok vody v porostech různých dřevin. Final report. Strnady, 50 pp.
- Pomeroy, J. H. (2003). Stream turbidity signatures in the Hayward Brook watershed study. MS thesis, Faculty of Forestry and Environmental Management, University of New Brunswick, P.O. Box 4400, Fredericton, NB, Canada E3B 5A3.
- Raspe, S., Beuker, E., Preuhsler, T., Bastrup-Birk, A. (2010). Meteorological measurements. Manual Part IX, 35 pp. In: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1.
- Richter, B. D., Braun, D. P., Mendelson, M. A., & Master, L. L. (1997). Treats to imperiled freshwater fauna. *Conservation Biology*, 11(5), 1081–1093.
- Richter, B. D., Mathews, R., Harrison, D. L., & Wigington, R. (2003). Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications*, 13(1), 206–224.
- Richter, B. D., Warner, A. T., Meyer, J. L., & Lutz, K. (2006). A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations. *River Research and Applications*, 22, 297–318.
- Riedl, O., Zachar, D. a kol. (1974). Lesotechnické meliorace. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 568 pp.
- Šanda, M., Hmčič, M., Novák, L., & Císlarová, M. (2006). Vliv půdního profilu na srážko-odtokový proces. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 54, 183–191.
- Sanda, M., Kulasová, A., & Císlarová, M. (2009). Hydrological processes in the subsurface investigated by water isotopes and silica. *Soil and Water Research*, 4(Special Issue 2), 83–92.
- Stednick, J. D. (1996). Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield. *Journal of Hydrology*, 176(1/4), 79–95.
- Stocker, O. (1956). Die Abhängigkeit der Transpiration von den Umweltfaktoren. In: *Encyclopedia of Plant Physiology*, vol. III Water Relations of Plants (Ed. by W. Ruhland), pp. 436–488. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg
- Strayer, D. L. (2006). Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of North American Benthological Society*, 25(2), 271–287.
- Sun, G., Mcnulty, S. G., Moore Myers, J. A., & Cohen, E. C. (2008). Impacts of multiple stresses on water demand and supply across the southeastern United States. *Journal of American Water Resources Association*, 44(6), 1441–1457.
- Švihla, V. (2001). Vliv lesa na odtokové poměry na malém povodí. Lesnická práce 2. Dostupný také z. Retrieved from <http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-2-01/vliv-lesa-na-odtokove-pomery-na-malem-povodi>. Accessed 5 Feb 2014.
- Švihla, V., Čermohous, V., & Šach, F. (2010). Hydrologická bilance elementární odtokové plochy lesního povodí v Orlických horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55(3), 201–210.
- Swank, W. T., Vose, J. M., & Elliott, K. J. (2001). Long-term hydrologic and water quality responses following commercial clear cutting of mixed hardwoods on a southern Appalachian catchment. *Forest Ecology and Management*, 143, 163–178.
- Tesař, M., Šír, M., Kubík, F., Pražák, J., & Strnad, E. (1992). Transpirace lesního porostu ve vegetačním období při dostatku vody v půdě. *Lesnictví-Forestry*, 38, 877–888.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., et al. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467, 555–561.
- Wilhite, D. A., Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International* 10, 111–120.
- Zhang, L., Dawes, W. R., & Walker, G. R. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research*, 37(3), 7001–7708.

Příloha 3. ODBORNÝ ČLÁNEK II.

DEUTSCHER, J., KUPEC P., URBAN, J. Evaluating the dynamics of and relationship between intraday streamflow and transpiration during dry periods of the growing season in an upland forested micro-watershed, Bohemian Massif, Czech Republic, Europe. Environmental Monitoring and Assessment.

Environmental Monitoring and Assessment

EVALUATING THE DYNAMICS OF AND RELATIONSHIP BETWEEN INTRADAY STREAMFLOW AND TRANSPIRATION DURING DRY PERIODS OF THE GROWING SEASON IN AN UPLAND FORESTED MICRO-WATERSHED, BOHEMIAN MASSIF, CZECH REPUBLIC, EUROPE

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	EVALUATING THE DYNAMICS OF AND RELATIONSHIP BETWEEN INTRADAY STREAMFLOW AND TRANSPIRATION DURING DRY PERIODS OF THE GROWING SEASON IN AN UPLAND FORESTED MICRO-WATERSHED, BOHEMIAN MASSIF, CZECH REPUBLIC, EUROPE
Article Type:	Original Research
Keywords:	intraday transpiration dynamics; intraday streamflow dynamics; european uplands; small forest streams; soil water content; forest hydrology
Corresponding Author:	Jan Deutscher, Ing. Mendel University in Brno Brno, CZECH REPUBLIC
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Mendel University in Brno
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Jan Deutscher, Ing.
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Jan Deutscher, Ing. Petr Kupec, doc., Ing., Ph.D. Josef Urban, doc., Ing., Ph.D.
Order of Authors Secondary Information:	
Suggested Reviewers:	Matjaž Čater Slovenian Forestry Institute matjaz.cater@gozdis.si Martyn Futter Swedish University of Agricultural Sciences martyn.futter@slu.se Dušan Húska Slovak University of Agriculture in Nitra dusan.huska@uniag.sk Pavel Kovář Czech University of Life Sciences Prague kovar@fzp.czu.cz

EVALUATING THE DYNAMICS OF AND RELATIONSHIP BETWEEN INTRADAY STREAMFLOW AND TRANSPIRATION DURING DRY PERIODS OF THE GROWING SEASON IN AN UPLAND FORESTED MICRO-WATERSHED, BOHEMIAN MASSIF, CZECH REPUBLIC, EUROPE

Deutscher Jan¹, Kupec Petr¹, Josef Urban²

¹Department of Landscape Management, Mendel University in Brno, Czech Republic

²Department of Forest Botany, Dendrology and Geobiocoenology, Mendel University in Brno, Czech Republic

Deutscher Jan (Corresponding author)

Email: jan.deutscher@mendelu.cz

Telephone: +420 777 594 967

1 ABSTRACT

During the 2012 growing season, a number of water balance parameters were experimentally determined in an upland forested micro-watershed (65 ha), and streamflow in the receiving watercourse was measured. Stand transpiration, rainfall and temperature were measured continuously, and streamflow at the discharge point was estimated from short-term measurements. Dry periods lasting several days (at least 3 days with no rainfall) were identified for evaluation of trends in the intraday dynamics of both transpiration and streamflow. Only data from dry periods were evaluated to help exclude the effects of canopy interception and initial soil water content on the assessed parameters. The results demonstrate that in the experimental catchment, during multi-day dry periods within the growing season when streamflow was not affected by rainfall, it was also not significantly affected by the amount of soil water. The main factor altering streamflow at these times was stand transpiration. A decrease in streamflow was observed during the day and an increase at night. The observed lag time between the morning increase in transpiration and the response of decreasing streamflow was approximately 1 hour. The response time for the afternoon decline in transpiration was slower, taking approximately 2 more hours until the streamflow reached its minimum. The decline in transpiration after sunset was accompanied by a continuous increase in streamflow throughout the night up to its initial maximum in the morning.

Key words

intraday transpiration dynamics, intraday streamflow dynamics, uplands, small forest streams, soil water content, forest hydrology

33 2 INTRODUCTION

34 2.1 THEORETICAL BACKGROUND

35 The influence of forests on water supplies has been studied since as early as the beginning of the 20th century.
36 Catchment experiments have been used worldwide as a method for determining the effects of forest
37 management practices on water yield (Hewlett et al. 1969). The general results have been summarized in
38 reviews by Hibbert (1967) and more recently by Bosch and Hewlett (1981). The former defined three main
39 effects of forests on water yield worldwide: 1. A reduction of forest cover increases water yield. 2. The
40 establishment of forest cover on sparsely vegetated land decreases water yield. 3. Responses to treatment are
41 highly variable and, for the most part, unpredictable (Hibbert, 1967). The latter review updated this summary,
42 reinforcing the first two conclusions and redefining the third one. According to Bosch and Hewlett (1981), the
43 response of streamflow to land cover change depends on the mean annual precipitation (MAP) and on the
44 precipitation during the year of the treatment. In other words, the streamflow response to land cover change
45 differs between dry and rainy areas (as well as periods) but is not unpredictable. More importantly, the review
46 of Bosch and Hewlett (1981) clearly indicated that more experiments in the 600–1200-mm zone are needed.
47 Previous experiments on deciduous hardwoods have been limited to regions with a mean annual rainfall of
48 900 mm and above and those on conifers to 1200 mm and above. This pattern is in accord with the situation in
49 the Czech Republic (CR), where catchment experiments in forested micro-watersheds have mostly been
50 conducted in mountain regions where MAP is generally above 900 mm (Bohemian forest, Giant mountains)
51 (Švihla (2001), Švihla, Černohous and Šach (2010), Kantor (1995), Šanda et al. (2006, 2009), Mráz et al. (1990)
52 and Tesař et al. (1992). Too little attention has been paid to uplands with a MAP of approximately 600 mm
53 even though they cover significant areas of the CR (39%, Demek, 2006) and other countries and are often
54 covered with forest formations. The water management of these areas might play an important role in altering
55 the effects of climate change on European ecosystems.

56 2.2 THESES

57 Deucher and Kupec (2014) stated that during dry periods of the growing season in a forested micro-
58 watershed in the uplands of the Bohemian Massif in TFE MF Křtiny (Training Forest Enterprise Masaryk Forest
59 Křtiny of Mendel University in Brno, Kanice Forested Catchment - KFC, 65 ha, 610 MAP) the intraday
60 streamflow in the receiving watercourse is affected by the evapotranspiration of the forest stands, primarily
61 transpiration. In accordance with the findings of Stocker (1956), they demonstrated that in the described
62 conditions, the intraday temporal dynamics of streamflow were inversely related to the expected stand
63 transpiration dynamics, which involve one or two daily peaks around midday with a possible decline around
64 noon. At night the streamflow increased back to its initial morning value as transpiration declined (Deutscher
65 and Kupec, 2014). In the original paper, these results were published as a paired catchment study of intraday
66 streamflow dynamics in a forested and a non-forested catchment during dry periods of the 2011 growing
67 season, so that the direct effect of rainfall could be excluded and transpiration could be considered an
68 independent variable. In 2012, the research in the KFC was expanded to include transpiration measurements
69 with the following goals: 1. to verify that the changes in the intraday streamflow of small forest streams
70 correspond to intraday trends of stand transpiration dynamics and possibly 2. to determine the response time
71 of decreasing streamflow to the morning increase in transpiration.

72 3 MATERIAL AND METHODS

73 3.1 STUDY SITE

74 The study area is located in the TFE MF Křtiny (property of Mendel University in Brno). The experimental
75 micro-watershed covers a total area of 0.65 km² with a mean altitude of 332 m and MAP of 610 mm. The
76 geological parent material is granodiorite, and the soils are primarily cambisols, with fluvisols surrounding the
77 streams. Forests are mixed stands that cover almost 100% of the area. The major species are beech, oak,
78 hornbeam, lime, pine, spruce and larch (see Table 1). The study site has been the location of experiments and
79 continuous research since 2009. Various gauges and measuring devices have been installed there with the aim
80 of fully understanding the water balance, its parameters and their mutual relationships. This experimental
81 basin has the potential to become a study site with relevance to other similar upland catchments in the area of
82 the Bohemian massif as well as all other upland areas with similar natural conditions in the Czech Republic
83 (Deutscher and Kupec 2014).

84 3.2 DATA ACQUISITION

85 Rainfall and temperature data were obtained from the semiprofessional meteo-station Vantage Vue (Davis,
86 California). Its location was chosen according to the ICP forest manual (Raspe S. et al., 2010) on a clear site at
87 the top part of the watershed. The climatic station data allowed for the identification of dry periods.

88 The streamflow at the discharge point was estimated from short-term measurements (5 hours)
89 collected at biweekly intervals via the method of continuous water level measurement above a mobile
90 Thomson spillway using an ultrasound sensor (US1200) connected to a datalogger (M4016-RV) (Fiedler-Mágr,
91 České Budějovice, Czech Republic). The time distribution of the measurements was designed to represent the
92 whole day. Because Stocker (1956) indicated that stand transpiration on sunny days usually reaches one or
93 two peaks around midday with a potential decline around noon, the streamflow measurements were collected
94 during the morning (0900–1400 hours), afternoon (1400–1900 hours), and night (1900–900 hours) (viz
95 Deutscher, Kupec 2014). A total of 10 streamflow measurements were performed.

96 Water loss by transpiration was estimated based on the sap flow measurements of individual trees.
97 Seven forest stands representing the variation in species composition and age of the watershed were selected
98 for the sap flow measurements. Sap flow measurements were performed in the period from 26 June to 8
99 October 2012. The stands and tree species studied are described in Table 2.

100 To evaluate the changes in the soil water content and the water available for plant transpiration
101 during the dry periods, nests of soil moisture gauges were used. The nests were placed along the water divide
102 on both sides of the basin, starting closest to the stream and following the water divide at 20-50 meter
103 intervals to allow for the evaluation of a potential hillslope effect. A total of 10 nests were placed, 4 and 6 on
104 each side of the stream with one being placed within 2 m of the stream. These nests were provided with PR2
105 soil profile probe sensors (Delta-T Devices Ltd, Cambridge, England) with a length of 40 cm, soil moisture
106 sensors at depths of 10, 20, 30 and 40 cm and a soil moisture sensor at 5 cm (Delta-T Devices Ltd, Cambridge,
107 England). The collection of soil moisture data by all nests was performed seven times, each time within 2 hours
108 at all nests.

109 3.3 DATA PROCESSING

110 Similarly to the original paper (Deutscher, Kupec, 2014), only data from dry periods within the growing season
111 from May to October 2012 were processed. Dry periods were considered days following 3 days with a total
112 precipitation no higher than 0.2 mm. The vegetation period was considered to span the days with a minimum
113 temperature above 10°C following Culek et al. (2005). With these conditions, it was reasonable to exclude the
114 direct effects of rainfall on both transpiration and streamflow. The effect of soil water content was excluded
115 the same way, as was, indirectly, the amount of water available for plant transpiration. It was assumed that
116 the water table would never be low enough to alter the transpiration rate. This assumption was
117 experimentally supported by soil moisture measurements verifying that in the described conditions only the
118 uppermost parts of the soil are affected by normal rainfall and that even during dry periods lasting several

119 days, the soil moisture remains virtually unchanged. At the same time, the original data on intraday
120 streamflow dynamics from 2011 were compared with relevant data from 2012 to allow a verification of the
121 published results.

122 As for transpiration, up-scaling from single trees to the stand level was based on regression analysis
123 between tree diameter at breast height and the tree's water use (Čermák et al. 2004). Stand transpiration was
124 then compared to the reference evapotranspiration, and the crop factor of the transpiration part of the dual
125 crop coefficient was calculated (Allen et al. 1998). By this analysis, three forest stand types were distinguished:
126 1. broadleaved stands, with the highest ratio of transpiration to the reference evapotranspiration (max 4 mm
127 day⁻¹), 2. old coniferous stands (max 2.7 mm day⁻¹), and 3. young coniferous stands (max 2.6 mm day⁻¹),
128 characterized by the lowest transpiration. The transpiration of a particular forest stand type was defined as the
129 mean value of the forest stands belonging to the stand type. Intraday trends in transpiration and temperature
130 dynamics were evaluated from the mean hourly values obtained during dry periods, antecedent to streamflow
131 measurements. The mean transpiration in the catchment was defined as the sum of the mean values of each
132 forest stand type weighted by their respective areas (Table 3).

133 Soil moisture was evaluated separately for the nest closest to the stream (2 m), which was affected by
134 inundation, and averaged for all other nests.

135 Intraday trends in streamflow dynamics were evaluated separately from 10-minute intervals for the
136 three parts of the day described above (morning, afternoon, night) as the average of all measurements from
137 each respective part of the day.

138 Final data processing is presented as a trend analysis of the investigated phenomena (transpiration,
139 temperature and streamflow) aimed at demonstrating the trends in their intraday dynamics according to the
140 above-cited sources.

141 4 RESULTS

142 4.1 2011 AND 2012 COMPARISON

143 The comparison of streamflow and temperature during the dry periods of growing seasons in the two years
144 indicated that the year 2011 was wetter than 2012. In 2011, the mean observed streamflow reached 0.8 dm³ s⁻¹
145 vs. 0.4 dm³ s⁻¹ in 2012. The absolute streamflow values from 2011 were approximately 0.4 dm³ s⁻¹, whereas
146 the observed temperature was virtually the same (Figs. 1-3). The highest intensity of streamflow decrease was
147 observed in the morning from 0900–1400; the mean amount of this decrease for the years 2011 and 2012 was
148 0.12 dm³ s⁻¹ (12.6%) and 0.05 dm³ s⁻¹ (11.1%), respectively. During the afternoon from 1400–1900, the
149 decrease was less apparent, averaging 0.02 dm³ s⁻¹ for both years (2.3% in 2011 and 5.4% in 2012). At night
150 from 1900–0900, increasing streamflow was observed up to the initial morning value during both years, with
151 changes of 0.2 dm³ s⁻¹ (33.9%) in 2011 and 0.1 dm³ s⁻¹ (27%) in 2012 (Fig. 4, Table 4). Despite different
152 hydrological conditions in the two years, the intraday temporal streamflow dynamics displayed similar trends
153 of decreasing streamflow during the sunlit part of the day and increasing streamflow after sunset, in
154 accordance with the expected transpiration processes of forest stands. Although the absolute values of
155 streamflow differed between years, the relative intraday temporal dynamics were without significant
156 differences.

157 4.2 SOIL MOISTURE EVALUATION

158 The soil moisture measuring nest closest to the stream (Fig. 5) displayed distinctly different values than the
159 nests located further away (20 m or more) (Fig. 6). The soil moisture was highest in the vicinity of the stream,
160 with an observed maximum of 49% at a 40 cm depth, where the water table level most likely is. In this case,
161 down to 10 cm of depth, soil moisture is most likely affected by direct interaction with the water in the stream
162 and therefore displayed variations that may be the reverse of those at lower depths. With increasing depth,

163 soil moisture stabilized and below 20 cm remained virtually unchanged apart from a dry period in September
164 2012 (Fig. 5). In the other nests without direct contact with the stream, relevant changes in soil moisture were
165 only apparent down to 20 cm of depth. With increasing depth, soil moisture stabilized and appeared to be
166 unaffected by climatic events of normal intensity (Fig. 6). Even the dry period in September 2012 caused only a
167 marginal decrease in soil moisture in the deeper parts of the soil. These facts justify the soil water content
168 during the described conditions being considered as an independent variable.

169 4.3 TEMPORAL DYNAMICS OF INTRADAY STREAMFLOW AND STAND TRANSPIRATION

170 The transpiration measurements for individual trees indicated that there are three forest stand types in the
171 KFC with different transpiration rates. Although the absolute values of transpiration are different for each
172 forest stand type, their temporal intraday dynamics are similar. During the dry periods of the 2012 growing
173 season, an increase in the mean transpiration rate for the whole catchment was observed from approximately
174 0800-1100 from $0.02 \text{ mm hour}^{-1}$ to $0.15 \text{ mm hour}^{-1}$. A more stable period followed, reaching approximately 0.2
175 mm hour^{-1} with a peak at approximately 1400. After 1600, a decrease in transpiration rate symmetrical to the
176 morning increase was observed from approximately $0.18 \text{ mm hour}^{-1}$ to $0.02 \text{ mm hour}^{-1}$ at approximately 2100.
177 After sunset, transpiration was almost zero (Figs. 7, 8). The comparison between the whole growing season
178 (Fig. 7) and only the dry periods of the growing season (Fig. 8) indicates only marginal differences, the largest
179 difference being a hint of dual transpiration peaks observed midday at approximately 1100 and 1400 during
180 the dry periods, in accordance with the findings of Stocker (1956), who states that during periods of high
181 potential evaporation, a dual amplitude in the transpiration rate can be observed, also known as midday
182 depression (Grelle A. et al. 1997).

183 The morning decrease in streamflow was observed to begin at 0900, approximately 1 hour after the
184 beginning of the observed increase in transpiration (Fig. 9). The steep increase in the transpiration rate during
185 the morning was correlated with a decrease in streamflow that became less apparent at approximately 1400,
186 approximately 1 hour after the observed stabilization of the transpiration rate around midday. From then until
187 the transpiration rate began to decrease at approximately 1600, and later during its afternoon decline, the
188 streamflow continued to slowly decrease for approximately 2 more hours (Fig. 10). Beginning at approximately
189 1900, the streamflow increased slowly throughout the whole night, in accordance with the transpiration rate
190 of zero reached at approximately 2100 (Fig. 11).

191 The relationship between the temporal dynamics of intraday streamflow and stand transpiration is
192 here discussed in more detail (Table 5, Fig. 12). The transpiration rate displayed a trend of a symmetrical
193 increase and decline during the day from approximately 0800-1900 with peak at approximately 1400. After
194 1900, the transpiration rate declines to virtually zero. In inverse correlation to that, streamflow displays a
195 decreasing trend during the whole day. The decrease is most intense in the morning from 0900-1400, then it
196 becomes less apparent, reaching its minimum at approximately 1800. After that, the streamflow continuously
197 increases up to its initial morning value, with the maximum observed at approximately 0900. The inflection
198 points at 1400 and 1900 both indicate a very close relationship between the two variables. It is apparent that
199 stand transpiration substantially affects the formation of streamflow. However, there is a lag in the response
200 time of streamflow to transpiration rate changes. During the dry periods of the 2012 growing season, the
201 observed response time lag was approximately 1 hour for the morning increase in transpiration rate and
202 approximately 2 hours for the afternoon decrease.

203 5 DISCUSSION

204 One of the methodological keys to the evaluation of the experiment is to understand the effect of soil water
205 content on stand transpiration. The effect of decreasing soil water content on the reduction of transpiration in
206 forest stands has been an issue in several studies, as discussed by Lagergren and Lindroth (2002). The main
207 conclusion to be drawn from their paper is that on average, the reduction of transpiration does not begin until

208 80% of the extractable amount of soil water has been depleted. This is also supported by Stewart (1988) and
209 to some extent by the findings of Ewers et al. (2001), Irvine et al. (1998) and Granier et al. (2000), all discussed
210 in Lagergren and Lindroth (2002). According to our soil moisture measurements, such a dramatic depletion of
211 soil water content was never present for the evaluated period. Both the findings of the above-mentioned
212 authors and our own measurements support the premise that after certain simplifications, under the
213 conditions specified in this paper, it is reasonable to consider the soil water content to be independent of
214 stand transpiration.

215 Another methodological basis for the experiment evaluation is that stand transpiration in the
216 described conditions of a forested upland headwater catchment is the most important component of total
217 evaporation. Grelle A. et al. (1997) states that during the growing season in an experimental coniferous forest,
218 transpiration made by far the largest contribution to total evaporation with maximum values of approximately
219 4 mm per day. Similar values for conifers have also been published by, among others, Kelliher et al. (1993). At
220 the same time, the transpiration of broadleaves is generally even higher, with maximum values often being
221 distinctly lower or higher depending on many factors such as structure, age, species composition, climatic and
222 soil-water conditions etc. (Köstner 2001; Schipka et al. 2005; Schume and Jost 2004; Střelcová et al. 2002;
223 Čermák and Prax 2001). During our experiment, the observed maximum daily values were lower in total but
224 were still higher for broadleaves than conifers. Apart from transpiration, an indisputable part of total stand
225 evaporation is forest floor evaporation, whose magnitude varies widely in the published literature; many of
226 the published measurements, however, come from production monoculture plantations, which are not easily
227 comparable to mixed forests. In these monocultures the forest floor evaporation reaches distinctly higher
228 values, up to 50% of total evaporation in the case of very young stands (Table 6.). Of the mentioned examples,
229 the closest to our experimental catchment as far as tree species composition and age structure is the one
230 described by Grelle A. et al. (1997), for which the total evaporation was partitioned as 65% transpiration, 20%
231 interception, and 15% forest floor evaporation. If interception is excluded because it does not occur during dry
232 periods, it is possible to simply recalculate these proportions as 81% transpiration and 19% forest floor
233 evaporation. In the conditions of the KFC, it is reasonable to expect an even higher proportion of stand
234 transpiration of approximately 85% or more due to the presence of broadleaved trees with higher
235 transpiration rates. At the same time it is reasonable to expect that the intraday dynamics of forest floor
236 evaporation would be somewhat similar to stand transpiration. These findings justify the evaluation of the
237 observed trends in the intraday dynamics of streamflow based primarily on the transpiration processes of
238 forest stands under the described conditions of the KFC. Grelle A. et al. (1997) describes transpiration rates
239 observed during a sunny dry day. In this case, the transpiration reached virtually the same values as total
240 evaporation, which indicates a rather small proportion of forest floor evaporation during dry periods, in
241 accordance with our theses. They also state that the transpiration exhibited a smooth asymmetric pattern with
242 a sharper increase in the morning and a slower decrease after the maximum peak was reached at noon. This
243 they explain as the result of the increased water storage in the trunks of trees after intense morning
244 transpiration, which acts as a type of buffer and causes a delay in water uptake processes. There was no clear
245 tendency toward the so-called midday depression caused by stomatal closure during this day. Although our
246 results also confirmed only limited occurrence of midday depression (hints apparent only during the hottest
247 days), a slower decrease in the transpiration rate in the afternoon was not observed. Rather, the decrease was
248 symmetrical to the morning increase. This difference could be explained as an effect of dry periods, where the
249 trees are not able to hold enough water in their trunks to allow for the mentioned buffering due to the lower
250 water potential in the soil.

251 As for the trends in the intraday dynamics of both forest stand transpiration and the streamflow of
252 the receiving watercourse presented in this paper, it is important to note that even though it was possible to
253 demonstrate them by the methods and evaluation used, they are only true for the specific conditions of the
254 KFC. It is reasonable to expect that under different conditions (climatic and vegetation), the response of
255 streamflow to stand transpiration could (and most likely would) be different.

256 6 SUMMARY

257 The evaluation of the temporal dynamics of streamflow and stand transpiration and their relationship was
258 conditional on the exclusion of the effects of rainfall and soil water content. To achieve this, only data from dry
259 periods in the 2012 growing season lasting several days were evaluated. Furthermore, to exclude the effect of
260 soil water content, it was considered independent of both streamflow and transpiration. This assumption was
261 experimentally verified, and our soil moisture measurements indicated that at soil depths below 20 cm, soil
262 water content remained virtually unchanged during the observed period. This indicates that with certain
263 simplifications and in accordance with the literature (Lagergren and Lindroth 2002), soil water content was
264 rather stable during the observed period and did not have a significant effect on the evaluated parameters.

265 Another goal of our experiment was to verify the results on the temporal dynamics of intraday
266 streamflow during dry periods of the 2011 growing season already published by Deutscher and Kupec (2014).
267 The verification process was performed by comparison of the results obtained by the same methodology from
268 the two years of measurements (2011 and 2012). It indicated that depending on the hydrological situation of a
269 given year, considerable differences in the absolute values of streamflow in the receiving watercourse may
270 occur. However, the relative temporal dynamics of intraday streamflow remain similar. Additionally, the effect
271 of transpiration on streamflow is similar. In other words, regardless of initial streamflow, a rather similar
272 relative amount of water was drained by the stand transpiration processes in the same parts of the day during
273 the dry periods of both studied years. This indicates that the KFC, a headwater upland forested micro-
274 watershed with the described conditions, has a rather stable inner hydrological system.

275 The main goal of this experiment was to verify whether the intraday trends of streamflow in the
276 receiving watercourse actually correspond to the intraday trends of stand transpiration. Our results confirm
277 that during dry periods of the growing season in the KFC, the streamflow was unaffected by rainfall or, to a
278 great extent, by initial soil water content. In this case, stand transpiration acts as the main factor influencing
279 intraday streamflow, in accordance with the findings of Grelle A. et al. (1997). The relationship is characterized
280 by decreasing streamflow during the day and a return during the night up to its initial morning value. The
281 observed response time lag of morning streamflow decrease after the morning transpiration increase at
282 approximately 0800 was approximately 1 hour. The observed response time lag for increasing streamflow
283 following the decrease of transpiration at approximately 1600 was a bit longer, approximately 2 hours. The
284 nighttime decline in the intensity of transpiration, reaching virtually zero at approximately 2100, caused a
285 continuous increase in streamflow during the whole night up a maximum at approximately 0900.

286 7 ACKNOWLEDGEMENT

287 This research was supported by the Internal Grant Agency of the Faculty of Forestry and Wood Technology of
288 Mendel University in Brno under project number 32/2012.

289 8 REFERENCES

- 290 ALLEN RG, PEREIRA LS, RAES D, SMITH M (1998) Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water
291 requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome 300.
- 292 BOSCH J.M. and HEWLETT J.D. (1981). A review of catchment experiments to determine the effect of
293 vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 55 (1982) 3--23
- 294 ČERMÁK J, PRAX A (2001) Water balance of a southern Moravian floodplain forest under natural and modified
295 soil water regimes and its ecological consequences. *Annals of forest science* 58:15–29.
- 296 ČERMÁK, J., KUČERA, J., NADEZHDINA., N. (2004). Sap flow measurements with some thermodynamic
297 methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. *Trees* 18: 529–
298 546. DOI: 10.1007/s00468-004-0339-6.

299 DEMEK, J., MACKOVČIN, P. (2006). Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Brno: Agentura ochrany přírody a
300 krajiny ČR, 2006. 582 s. ISBN 80-86064-99-9.

301 DEUTSCHER, J., KUPEC, P. (2014). Monitoring and validating the temporal dynamics of interday
302 streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of
303 the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic. *Environ Monit Assess.* DOI 10.1007/s10661-014-
304 3661-5"

305 EWERS, B.E., OREN, R., PHILLIPS, N., STRÖMGREN, M., LINDER, S., (2001). Mean canopy stomatal conductance
306 responses to water and nutrient availabilities in *Picea abies* and *Pinus taeda*. *Tree Physiol.* 21, 841–850.

307 GRANIER, A., LOUSTAU, D., BREDA, N., (2000). A generic model of forest canopy conductance dependent on
308 climate, soil water availability and leaf area index. *Ann. For. Sci.* 57, 755–765.

309 GRELE, A., LUNDBERG, A. LINDROTH, AS. MOREN a E. CIENCIALA. (1997) Evaporation components of a
310 boreal forest: variations during the growing season. *Evaporation components of a boreal forest: variations*
311 *during the growing season. 1997, Journal of Hydrology* 197, 70–87.

312 HEWLETT J.D., LULL H.W. AND REINHART K.G. (1969). In defence of experimental watersheds. *Water Resour.*
313 *Res.*, 5(1): 306--316.

314 HIBBERT A.R. (1967). Forest treatment effects on water yield. In: W.E. Sopper and H.W. Lull (Editors), *Int.*
315 *Syrup. For. Hydrol.*, Pergamon, Oxford, 813 pp.

316 IRVINE, J., PERKS, M.P., MAGNANI, F., GRACE, J., (1998). The response of *Pinus sylvestris* to drought: stomatal
317 control of transpiration and hydraulic conductance. *Tree Physiol.* 18, 393–402.

318 KANTOR P. (1995). Vodní režim smrkových a bukových porostů jako podklad pro návrh druhové skladby
319 vodohospodářsky významných středohorských lesů. Habilitation thesis. Brno, MZLU 1995, Lesnická a dřevařská
320 fakulta: 332 pp.

321 KELLIHER, F.M., LEUNING, R. AND SCHULZ, E.-D., (1993). Evaporation and canopy characteristics of coniferous
322 forests and grasslands. *Oecologia*, 95: 153–163.

323 KÖSTNER B (2001) Evaporation and transpiration from forests in Central Europe—relevance of patch-level
324 studies for spatial scaling. *Meteorology and Atmospheric Physics* 76:69–82.

325 LAGERGREN, F. a A. LINDROTH. (2002). Transpiration response to soil moisture in pine and spruce trees in
326 Sweden. *Transpiration response to soil moisture in pine and spruce trees in Sweden. Agricultural and Forest*
327 *Meteorology* 112, 67–85.

328 MRÁZ K. et al. (1990). Vodní režim půdy, vztah k přírůstu dřevní hmoty a odtok vody v porostech různých
329 dřevin. Final report. Strnady, 50 pp.

330 RASPE, S., BEUKER, E., PREUHLER, T., BASTRUP-BIRK, A. (2010). Meteorological measurements. Manual Part
331 IX, 35 pp. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling,
332 assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests
333 Programme Coordinating Centre, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1."

334 ŠANDA M., HRNČÍŘ M., NOVÁK L., CÍSLEROVÁ M. (2006). Vliv půdního profilu na srážko-odtokový proces.
335 *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 54, 183–191.

336 ŠANDA M., KULASOVÁ A., CÍSLEROVÁ M. (2009). Hydrological processes in the subsurface investigated by
337 water isotopes and silica. *Soil and Water Research*, 4(Special Issue 2), 83–92.

338 SCHIPKA F, HEIMANN J, LEUSCHNER C (2005) Regional variation in canopy transpiration of Central European
339 beech forests. *Oecologia* 143:260-70.

340 SCHUME H, JOST G (2004) Soil water depletion and recharge patterns in mixed and pure forest stands of
341 European beech and Norway spruce. *Journal of Hydrology* 289:258-274.

342 STEWART, J.B., (1988). Modelling surface conductance of pine forests. *Agric. For. Meteorol.* 43, 19–35.

343 STOCKER, O. (1956). Die Abhängigkeit der Transpiration von den Umweltfaktoren. In: *Encyclopedia of Plant*
344 *Physiology*, vol. III *Water Relations of Plants* (Ed. by W. Ruhland), pp. 436–488. Springer-Verlag, Berlin,
345 Göttingen, Heidelberg

346 STŘELCOVÁ K, MATEJKA F, MINDÁŠ J (2002) Estimation of beech tree transpiration in relation to their social
347 status in forest stand. *Journal of Forest Science* 48:130-140.

348 ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH, F. (2010). Hydrologická bilance elementární odtokové plochy lesního povodí
349 v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 55(3), 201–210.
350 ŠVIHLAV. (2001). Vliv lesa na odtokové poměry namalém povodí. Lesnická práce 2. Dostupný také z. Retrieved
351 from <http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-2-01/vliv-lesa-naodtokove-pomery-na-malem-povodi>.
352 Accessed 5 Feb 2014.
353 TESAŘ M., ŠÍR M., KUBÍK F., PRAŽÁK J., STRNAD E. (1992). Transpirace lesního porostu ve vegetačním období
354 při dostatku vody v půdě. Lesnictví-Forestry, 38, 877–888.

Figure 1. Mean morning temperature and streamflow during dry periods of the 2011 and 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

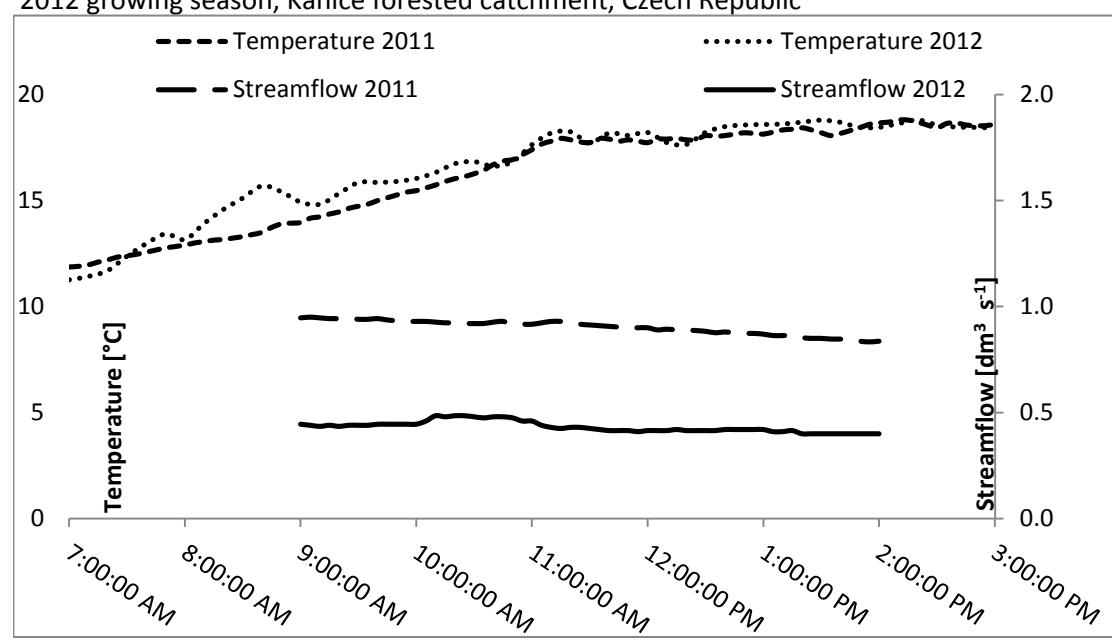


Figure 2. Mean afternoon temperature and streamflow during dry periods of the 2011 and 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

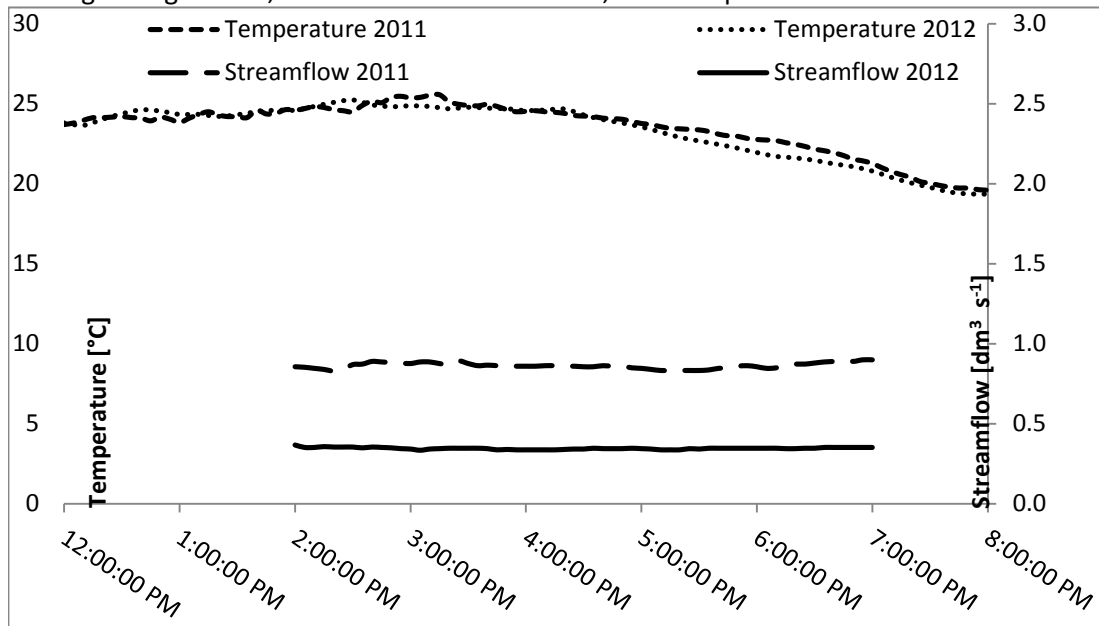


Figure 3. Mean night temperature and streamflow during dry periods of the 2011 and 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

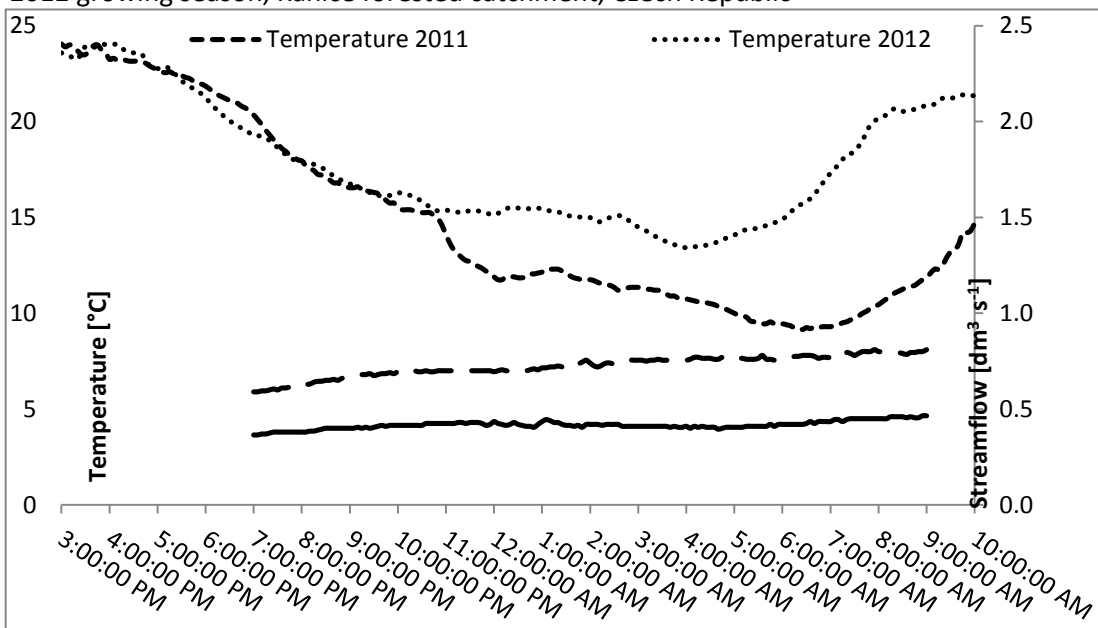


Figure 4. Intraday trends in temporal dynamics of streamflow during dry periods of the 2011 and 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

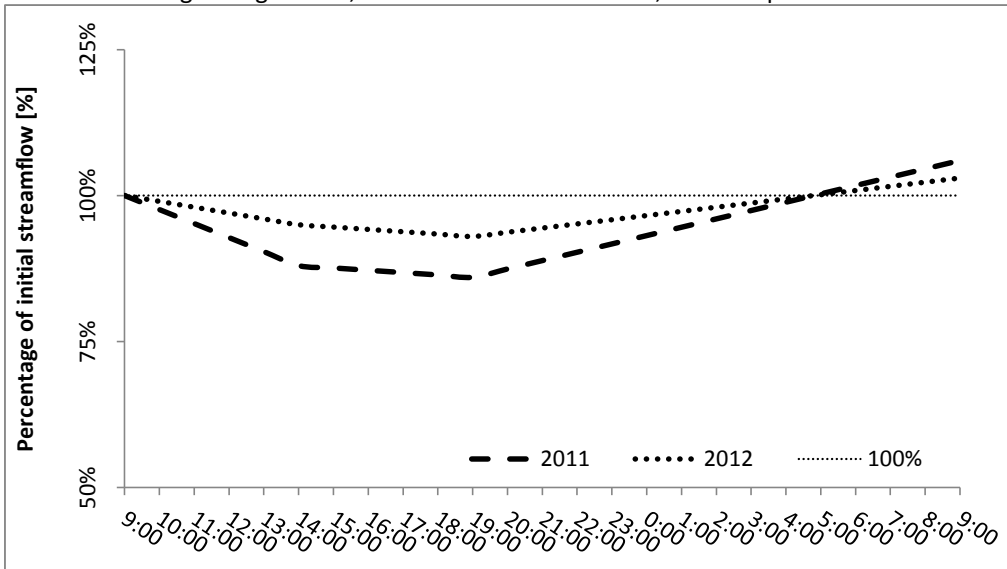


Figure 5. Soil moisture in various depths close to the stream during the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

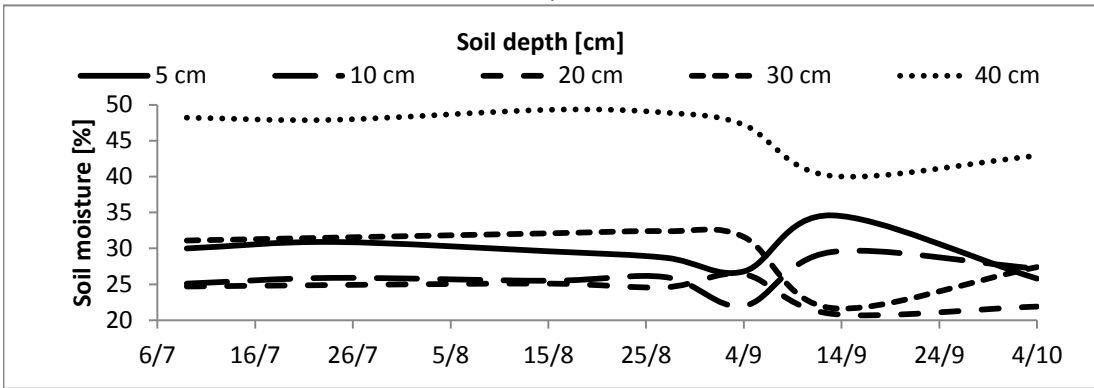


Figure 6. Mean soil moisture in various depths during the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

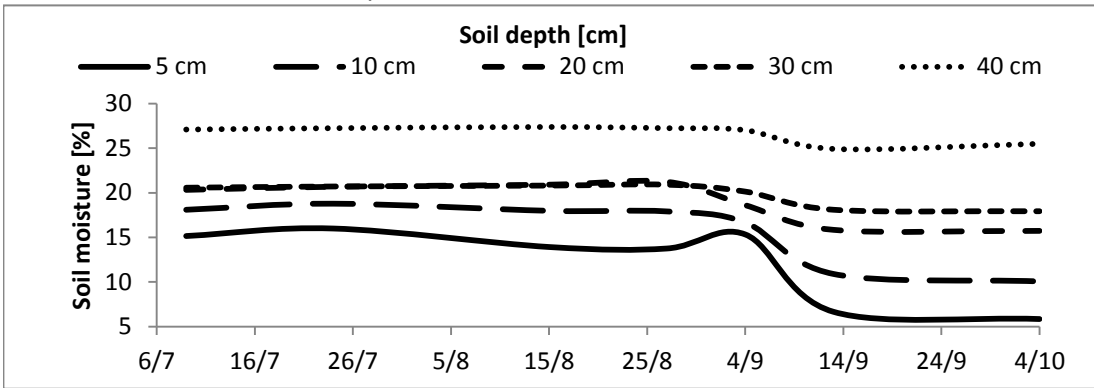


Figure 7. Intraday transpiration rate during the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

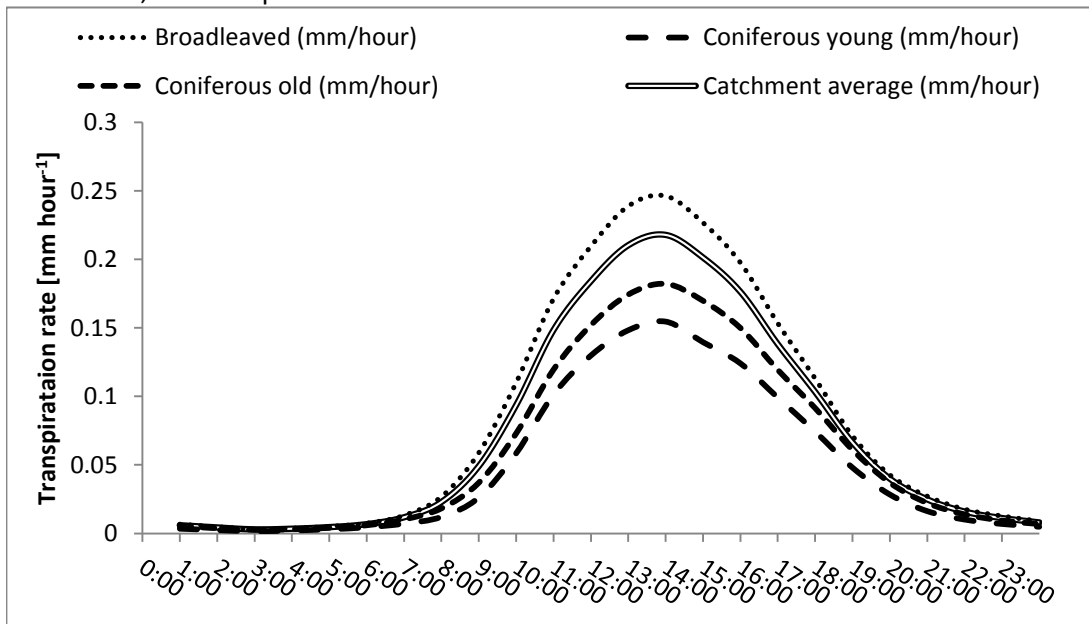


Figure 8. Intraday transpiration rate during dry periods of the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

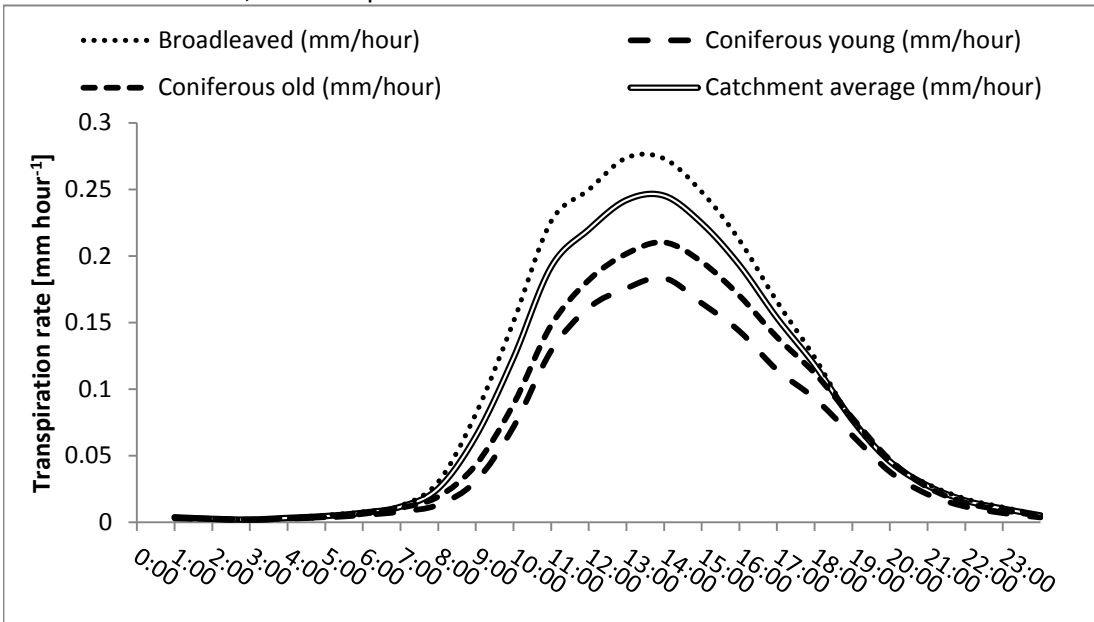


Figure 9. The dynamics of morning streamflow and transpiration during dry periods of the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

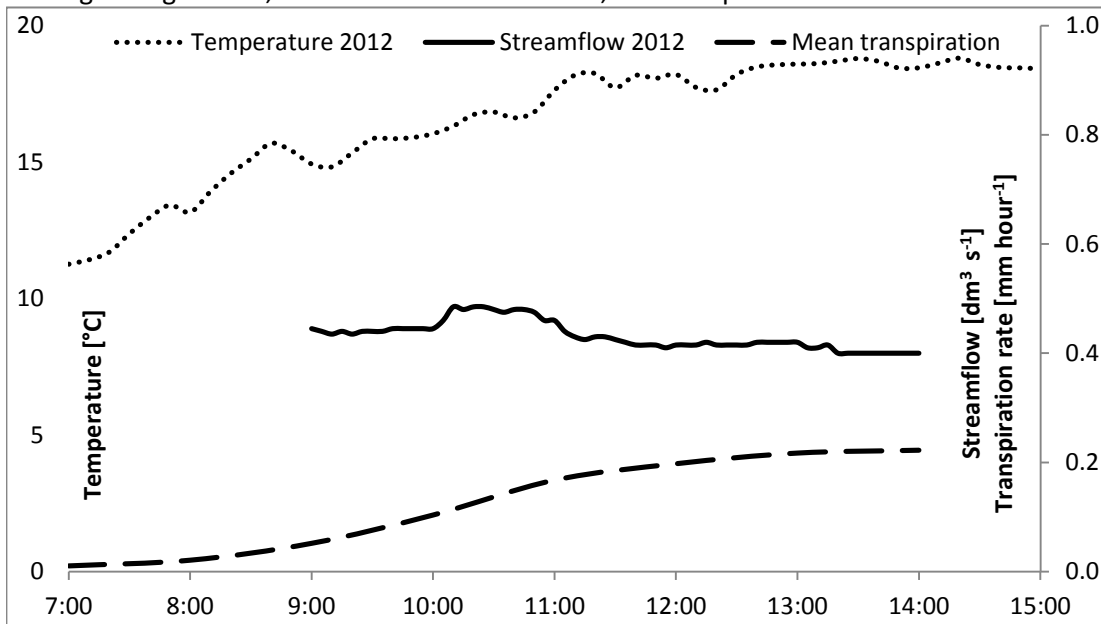


Figure 10. The dynamics of afternoon streamflow and transpiration during dry periods of the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

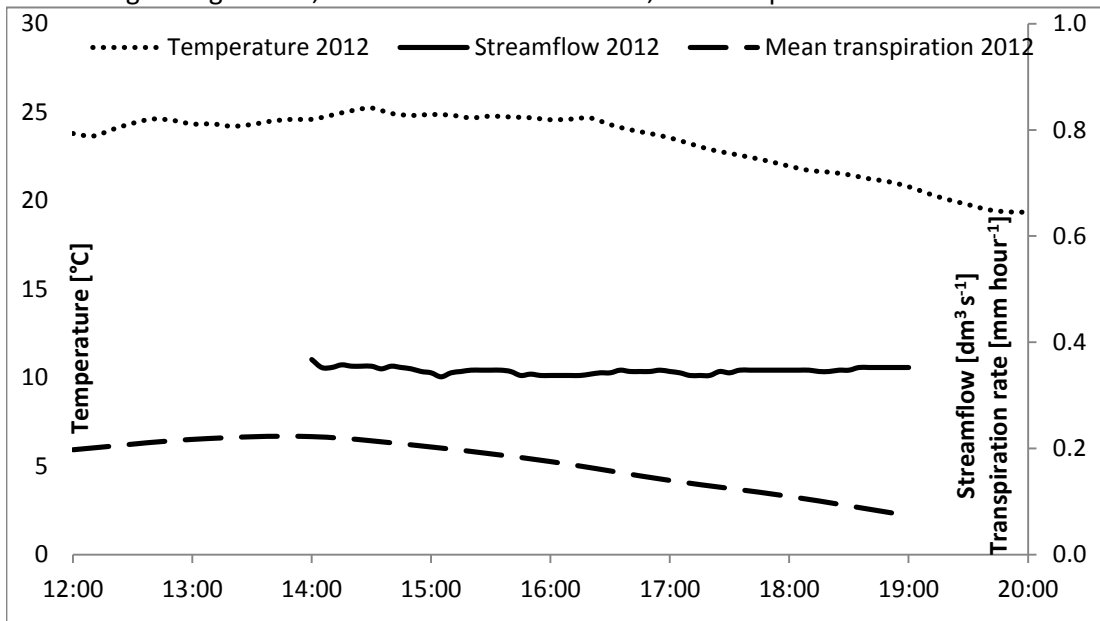


Figure 11. The dynamics of night streamflow and transpiration during dry periods of the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

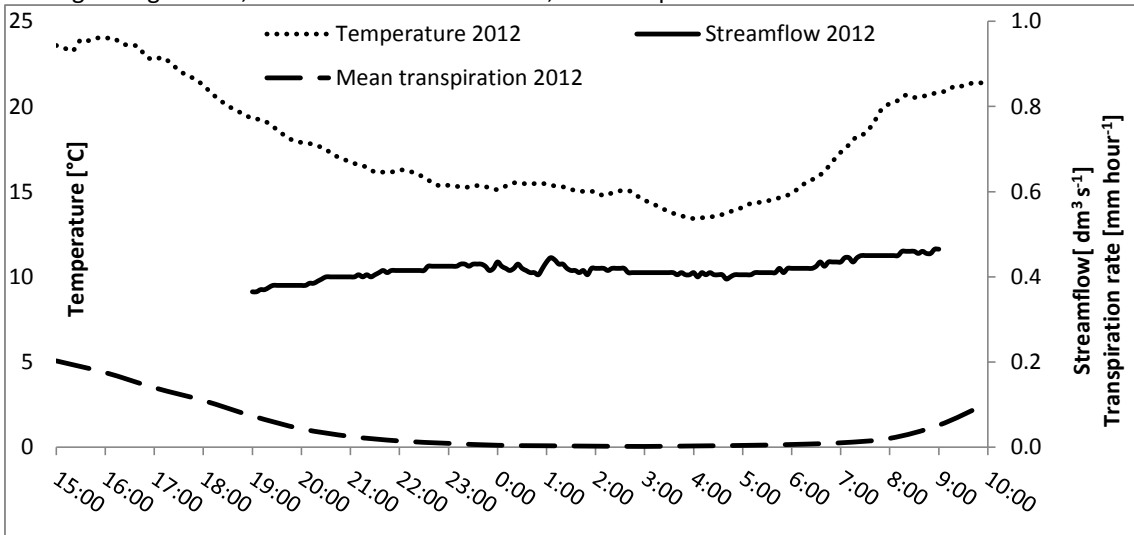


Figure 12. The temporal dynamics of intraday streamflow and transpiration during dry periods of the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

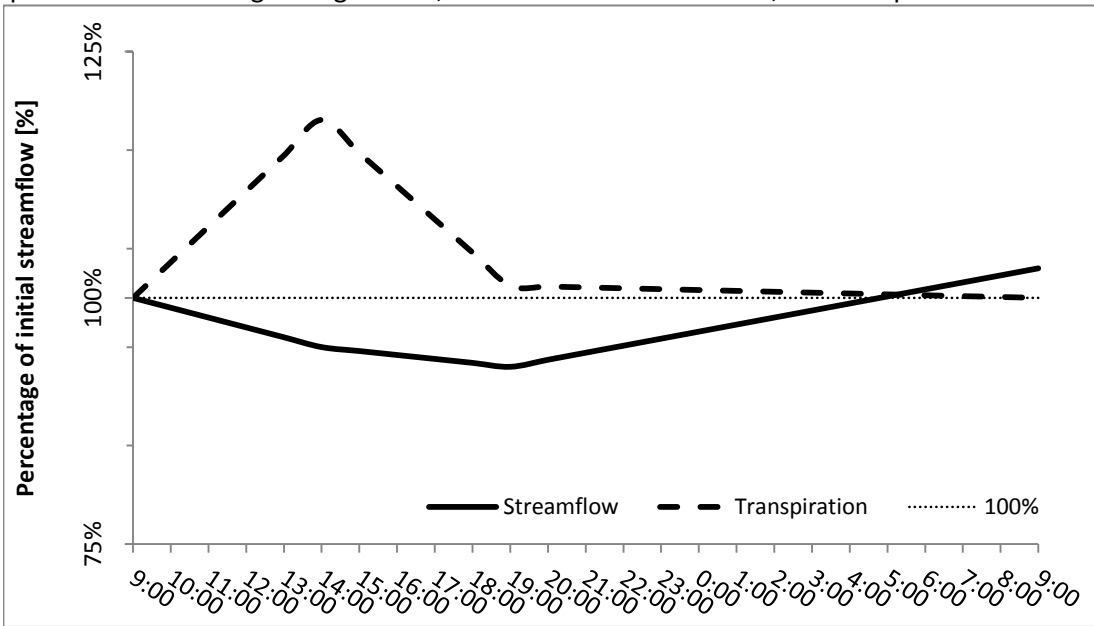


Table 1. Experimental micro-watershed characteristics, Kanice forested catchment, Czech Republic

Experimental catchment characteristics	Kanice forested catchment	Landuse formations	Kanice forested catchment
Basin area (Ha)	65	Forest density (%)	98
Main stream length (m)	640	Broadleaved stands	55
Mean altitude (m)	332	Coniferous stands	43
Exposure	North	Grasslands	2

Table 2. Sap flow measurements, Kanice forested catchment, Czech Republic

Forest stand	Measured species	number of trees
1	<i>Picea abies</i>	5
2	<i>Picea abies</i>	7
3	<i>Tilia cordata</i> , <i>Carpinus betulus</i>	12
4	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Larix decidua</i>	5
5	<i>Pinus sylvestris</i>	7
6	<i>Tilia cordata</i> , <i>Larix decidua</i>	12
7	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Carpinus betulus</i>	12

Table 3. Different forest stand types according to transpiration, Kanice forested catchment, Czech Republic

Forest stand type	Area [Ha]	Percentage
Broadleaved trees	37.4	57
Pld Coniferous	26.1	40
Young Coniferous	1.7	3
Total	65.2	100

Table 4. The temporal dynamics of intraday streamflow during dry periods of the 2011 and 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

Experimental catchment, year	Daytime (hour)	Mean starting streamflow (l/s)	Mean ending streamflow (l/s)	Mean absolute change (l/s)	Mean percentual change (%)
Kanice, 2011	9 - 14	0.95	0.83	-0.12	-12.6
Kanice, 2011	14 - 19	0.88	0.86	-0.02	-2.3
Kanice, 2011	19 - 9	0.59	0.79	0.2	33.9
Kanice, 2012	9 - 14	0.45	0.4	-0.05	-11.1
Kanice, 2012	14 - 19	0.37	0.35	-0.02	-5.4
Kanice, 2012	19 - 9	0.37	0.47	0.1	27.0

Table 5. The temporal dynamics of intraday streamflow and transpiration during dry periods of the 2012 growing season, Kanice forested catchment, Czech Republic

Experimental catchment, year	Daytime [hour]	Mean starting streamflow [dm ³ /s]	Mean ending streamflow [dm ³ /s]	Mean absolute change [dm ³ /s]	Mean percentual change [%]	Hourly absolute change [dm ³ /s]
Kanice, 2012	9 - 14	0.45	0.4	-0.05	-11.1	-1.00E-02
Kanice, 2012	14 - 19	0.37	0.35	-0.02	-5.4	-4.00E-03
Kanice, 2012	19 - 9	0.37	0.47	0.1	27.0	7.14E-03
Experimental catchment, year	Daytime [hour]	Mean starting transpiration [mm/hour]	Mean ending transpiration [mm/hour]	Mean absolute change [mm/hour]	Mean percentual change [%]	Hourly absolute change [mm/hour]
Kanice, 2012	9 - 14	0.06	0.25	0.18	279.87	3.61E-02
Kanice, 2012	14 - 19	0.25	0.08	-0.17	-68.62	-3.37E-02
Kanice, 2012	19 - 9	0.08	0.06	-0.01	-16.11	-8.86E-04

Table 6. Forest floor evaporation partition from total evaporation

Author	Basic stand description	LAI	Forest floor evaporation %
Masahiro (2011)	mature Japanese cypress (<i>Chamaecyparis obtusa</i>) plantation	4.1	11
Grelle A. et al (1996)	50-year-old Norway spruce (<i>Picea abies</i>) and Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i>) plantation	4	15
Granier et al. (1990)	Maritime pine (<i>Pinus pinaster</i>) plantation	3	28
Spittlehouse and Black (1982)	Douglas-fir (<i>Pseudotsuga menziesii</i>) plantation	4.5	35
Ovhed (1995)	Birch (<i>Betula pendula</i>) plantation	2	35
Whitehead et al. (1994)	young Monterey pine (<i>Pinus radiata</i>) plantation	3,2-5,2	44
Kelliher et al. (1990)	4-year-old <i>Pinus radiata</i> plantation	3	50