

Fakulta životního prostředí
Katedra biotechnických úprav krajiny

Vliv hospodaření se srážkovou vodou na zmírnění extrémních hydrologických jevů

Autoreferát disertační práce

Ing. Jitka Pešková

Doktorská disertační práce „Vliv hospodaření se srážkovou vodou na zmírnění extrémních hydrologických jevů“ byla vypracována v rámci doktorského studia na Katedře biotechnických úprav krajiny Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze.

Uchazečka: Ing. Jitka Pešková

Obor: Úpravy vodního režimu krajiny

Školitel: doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Oponenti:

Prof. RNDr. Jakub Langhammer, PhD., FPř UK v Praze

Ing. Miroslav Tesař, CSc., Ústav pro hydrodynamiku Akademie věd ČR

Doc. Josef Křeček, CSc., FSv ČVUT v Praze

Obhajoba disertační práce se koná dne 22. 9. 2016 na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. S disertační prací se lze seznámit na oddělení pro vědu a výzkum Fakulty životního prostředí ČZU v Praze.

OBSAH

1	Úvod	4
2	Cíle disertační práce	6
2.1	Popis řešení	6
2.2	Harmonogram řešení	7
2.3	Přínosy řešení a možnosti využití výsledků	7
2.4	Spolupráce a návaznosti.....	8
2.5	Předpokládané výstupy	8
3	Hydrologické extrémy	8
4	Výsledky disertační práce	11
4.1	Studie I.....	12
4.2	Studie II.....	13
4.3	Studie III.....	14
4.4	Studie IV.	15
5	KOMENTÁŘ.....	16
5.1	Přínos práce a závěrečné shrnutí	25
6	SUMMARY	32
7	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	33
8	ODBORNÝ ŽIVOTOPIS	40
9	PUBLIKAČNÍ ČINNOST.....	43

1 ÚVOD

Lidé svou činností ovlivňují krajinu už několik tisíc let. Je to proces postupný a přirozený, ale nese s sebou i mnoho významných a často nevratných změn. V celém světě dochází k neustálému odlesňování. Je to činnost, která je člověku vlastní a není spojena jen s těžbou dřeva. Lesy ustupují novým sídlům, průmyslovým zónám, komunikacím, ale jsou káceny i proto, že na jejich místě vznikají plochy, na kterých se pěstují kulturní plodiny nebo jsou v místech, kde se nachází nerostné suroviny. Specifickým druhem odlesnění, které bylo pozorováno také v ČR, je odlesňování vynucené kyselými srážkami. Téměř polovina lesů, které pokrývaly Zemi před několika sty lety, byla vykácena a tento jev se neustále urychluje a rozšiřuje.

Další nepříznivou činností, která zasáhla i Českou republiku, bylo rozsáhlé scelování zemědělských pozemků, ke kterému došlo během kolektivizace. Malá políčka drobných hospodářů se proměnila v mnohahektarové lány. Při tomto procesu zaniklo nespočetné množství polních cest, mezí a remízků, které se v krajině původně vyskytovaly. Všechny tyto krajinné prvky se významně podílejí na vodním režimu území a zpomalují povrchový odtok. Po roce 1989, se změnou politického režimu, došlo k rozpadání zemědělských družstev a obnově soukromého vlastnictví, ale v podstatě již nedošlo k obnově původního hospodaření. Vyvlastněné pozemky byly postupně v restitucích vráceny. Mnohdy se jich nedočkal původní hospodář, ale až jeho potomci, kteří už k půdě častokrát neměli vztah nebo bydleli na druhé straně republiky, takže pro ně nejjednodušším, mnohdy jediným řešením, bylo pozemky prodat nebo pronajmout. A tak i po revoluci velmi často zemědělci hospodaří na pronajatých rozsáhlých v podstatě opět scelených pozemcích, které sice mají několik (občas i desítek) majitelů, ale nájemník je využívá téměř stejným způsobem jako za minulého režimu.

Během scelování pozemků byly také uměle narovnané a zahloubeny stovky drobných vodních toků. Tím se tyto vodoteče významně zkrátily a voda z nich

odtékala mnohem rychleji. V přirozeně meandrovitých tocích voda protéká významně pomaleji a dochází tak ke zdržení části objemu povodňové vlny, ale v uměle vytvořeném rovném prizmatickém korytě nelze toto zdržení očekávat. Za zmínku stojí i nevhodně navržené plošné meliorace, jejichž realizací došlo k negativnímu ovlivnění vodních, mokřadních i suchozemských ekosystémů. Zásadní roli při změně vodního režimu krajiny měla i intenzifikace zemědělské výroby a ním spojené jednostranné využívání půdy a krajiny.

I stavební činnost vede k významnému zakrytí půdního povrchu, kterým je znemožněno vsakování srážkové vody. Od 90. let 20. stol., díky změně společenských a ekonomických podmínek, došlo k prudkému nárůstu zastavěných území. Jedním z negativních důsledků vzrůstající urbanizace je také zpevnění dřívě propustných povrchů. Tím je zabráněno srážkové vodě, aby se přirozeně vrátila zpět do přírodního oběhu. Dochází ke zrychlenému přímému odtoku z území. Při přívalových srážkách potom tato situace mnohdy vede ke vzniku lokálních povodní v níže položených oblastech.

Zmíněný úbytek pěstovaných lesů, scelování zemědělských pozemků, zanedbávání cestních příkopů a mezí (jako infiltračních opatření) přispívá k vytváření podmínek pro prodlužování období sucha a stresového deficitu vody spolu s klimatickou změnou. V tomto případě variabilita srážek vede k opačnému extrému, narůstajícímu celkovému suchu až k desertifikaci. Tím dochází ke snižování zemědělské produkce, zvyšování ploch lesních požárů a ke snižování biodiversity.

Všechny výše uvedené skutečnosti mají velmi nepříznivý vliv na vodní režim. Důsledkem je nedostatečná retence vody v půdě a krajině. Obecně lze říci, že došlo k všestrannému narušení krajiny, jehož následkem je souběžné narušení hydrologického cyklu a vodního režimu reprezentované dlouhotrvajícími horky a suchy, větrnými smrštěmi či bleskovými povodněmi, které se až nyní začínají projevovat v plné své síle.

2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce se zabývá tematikou vlivu hospodaření se srážkovou vodou na zmírnění extrémních hydrologických jevů. Vzhledem k faktu, že se jedná o téma velmi široké a není možné jej komplexně zpracovat, bude se práce zabývat vybranými aspekty této problematiky. Následuje stručný strukturovaný popis cílů:

- Zpracování dostupných tuzemských a zahraničních poznatků o možnostech hospodaření s dešťovou vodou jak v krajině, tak v urbanizovaném území
- Popis jednotlivých variant vsakovacích a retenčních systémů
- Zjištění jejich hydraulické účinnosti a vhodnosti použití v konkrétních územích
- Návrh vodohospodářských opatření směřujících k úpravě vodního režimu
- Zaměření na zmírnění extrémních hydrologických jevů (povodně – sucha)

2.1 POPIS ŘEŠENÍ

- Teoretický popis vztahů (základní výchozí pohybové rovnice a vztahy)
 - Neustálené proudění v nasycené zóně, Boussinesquova rovnice
 - Transientní drenážní proudění v nasycené zóně, De Zeeuw-Hellingova rovnice
 - Nenasyčené proudění, Richardsovy rovnice
 - Neustálené a ustálené drenážní proudění v nenasyčené zóně
 - Ustálené proudění v nasycené zóně, Hooghoudtova rovnice
 - Harmonická analýza
- Výběr experimentálních ploch na Lounsku
 - Aridní oblast s častým opakováním přívalových srážek
 - Oblasti hojně zemědělsky využívané, ohrožené vodní erozí
 - Souhrn využití regulačních opatření na daných plochách v historii a zjištění výskytu extrémních hydrologických jevů a jejich opakování z archivních zdrojů
 - Popis současného stavu vsakovacích a retenčních systémů

- Hydraulická účinnost těchto opatření (hydro-fyzikální vlastnosti půdy)
 - Zjištění infiltračních schopností a hydraulických vlastností
 - Výstavba pokusného vsakovacího zařízení
 - Kontinuální měření srážkoodtokové odezvy
 - Vyhodnocení jednotlivých návrhových přístupů
- Vytipování území s nefunkčními opatřeními popř. bez opatření
- Návrh nových/obnovy stávajících vodohospodářských opatření
 - Popis těchto opatření
 - Zdůvodnění jejich použití
 - Vliv na vodní režim

2.2 HARMONOGRAM ŘEŠENÍ

- | | |
|--|-------------|
| 1. Studium dostupné literatury | 2010 - 2015 |
| 2. Získávání a vyhodnocování podkladů | 2011 - 2015 |
| 3. Účast na konferencích, seminářích, zahraničních stážích | 2011 - 2016 |
| 4. Publikace výsledků v odborných časopisech | 2014 – 2016 |
| 5. Státní doktorská zkouška | 9. 6. 2015 |
| 6. Obhajoba disertační práce | 22. 9. 2016 |

2.3 PŘÍNOSY ŘEŠENÍ A MOŽNOSTI VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ

- Optimalizace vodního režimu
- Zvýšení retenčního potenciálu území
 - Zmírnění extrémních hydrologických jevů
 - Snížení zranitelnosti vodních zdrojů
 - Eliminace erozní činnosti
 - Obnova ekologické rovnováhy kulturní krajiny
 - Ochrana obyvatelstva a jejich majetku

2.4 SPOLUPRÁCE A NÁVAZNOSTI

Disertační práce volně navazuje na diplomovou práci Úprava vodního režimu ve vybraných lokalitách v krajíně a urbanizovaných územích situovaných na Lounsku (Pešková, 2010). Diplomová práce se zabývá možnostmi úpravy vodního režimu. Jsou zde popsány varianty regulačních vodohospodářských opatření technických, biotechnických a organizačních s jejich stručnou charakteristikou. Součástí diplomové práce je rámcové návržení objektů upravujících vodní režim ve vybraném území, konkrétně v jde o návrhy v katastrálním území obce Ročov.

Průběžných výsledků získaných během přípravy disertační práce bylo využito v příslušných grantových projektech s obdobnou tematikou, řešených na katedře biotechnických úprav krajiny FŽP (kapitola 8).

2.5 PŘEDPOKLÁDANÉ VÝSTUPY

Výstupy z výzkumu této problematiky byly prezentovány na konferencích a publikovány v odpovídajících vědeckých a odborných časopisech, případně sbornících. Kompletní seznam publikovaných článků a prezentací z konferencí je uveden v kapitole 9.

3 HYDROLOGICKÉ EXTRÉMY

Ačkoliv se vývojem klimatu výzkumníci zabývají již několik desetiletí, v důsledku očekávaných a již pozorovaných negativních dopadů začalo být toto téma řešeno velmi aktivně celospolečensky. Zvýšil se obecný zájem a pozornost nejen politiků, ekonomů, ale i veřejnosti. V celosvětovém měřítku jsou ve zvýšené míře pozorovány přírodní katastrofy. Mnohé studie, příkladem může být O'Keefe, O'Brien, Jayawinckrama (2015), upozorňují na skutečnost, že tyto katastrofy nejsou dílem „vyšší moci“, jak je velmi často laickou veřejností vnímáno, ale výrazně k nim přispívá společnost svým přístupem k přírodním zdrojům a ekosystémům.

Očekává se, že hydrologické extrémny budou mít v rámci celosvětového měřítku v jednotlivých dotčených oblastech dopady se zcela odlišnou významností

(Leisnham, 2011). Busby et al. (2014) konstatují, že Afrika, a to konkrétně Somálsko, jižní Súdán, východní pobřeží Madagaskaru a Mosambiku, severní Nigérie, jižní Mali, Burundi, Sierra Leone, Guinea a údolní části řek a pobřeží v Egyptě a Nigérii, se jeví jako nejzranitelnější. Na identifikaci rizik spojených s extrémními hydrologickými jevy se zaměřuje i studie Chen a Hsu (2014), která označuje jako velmi ohroženou Čínu. Vzhledem k velmi častým výskytům katastrofických událostí upozorňují na rizikovost jejího budoucího potravinového zabezpečení. S velmi zajímavým průzkumem přichází Manandhar et al. (2015). Výzkum byl proveden v hornaté oblasti povodí Mae Chaem v severním Thajsku mezi místním obyvatelstvem. Více než 70% domácností potvrdila negativní dopady sucha i srážek na jejich živobytí, přičemž téměř 45% z nich vnímá podstatnou změnu v posledních dvou desetiletích. Uvádějí rostoucí srážkové úhrny, klesající počet deštivých dnů a extrémně pozdní příchod období dešťů.

Extrémní hydrologické jevy, které jsou v posledních letech pozorovány ve zvýšené míře po celém světě, ukazují na zranitelnost mnoha městských sídel (Serrao-Neumann et al., 2015). Begum et al. (2014) upozorňují na fakt, že mezi priority snižování rizika katastrof a přizpůsobení se změně klimatu, patří snížení zranitelnosti a zvýšení odolnosti. Toho lze dosáhnout jedině díky komplexnímu řešení této problematiky na všech úrovních, tedy globálně, regionálně, na národních úrovních, ale hlavně místně. Bohužel koncept komplexního řešení velmi často naráží na odlišné přístupy a někdy i na odpor ze stran vnitrostátní politiky (Forino et al., 2014).

Ačkoliv jsou dopady katastrof vnímány především v urbanizovaných územích, Munang et al. (2013) upozorňují, že základním přístupem ke zmírnění extrémních hydrologických jevů by měla být ochrana či případná revitalizace ekosystémů, ne jejich postupná degradace, která neustále probíhá. To potvrzují i Bassett a Fogelman (2013), kteří ve své práci analyzují adaptaci přístupu ke změně klimatu od 70. let minulého století, zachycené v literatuře. Zaznamenali významnou politicko-hospodářskou kritiku v 70. a 80. letech, která byla postupně argumentována ze stran ekologů a environmentálních specialistů. Současně sledují masivní nárůst literatury týkající se klimatické změny zejména v posledních letech. Také si všímají,

že postupně dochází ke změnám pojmání adaptace, přičemž důraz je kladen na nastavení adaptačních přístupů, které povedou ke snížení celkové zranitelnosti.

Vzhledem k výše popsaným skutečnostem dochází v rámci celosvětového měřítka ke změně přístupu k vodním zdrojům. Moderním celosvětovým trendem je environmentální hospodaření s vodními zdroji (Filho, 2012). Je kladen důraz na snižování celkové spotřeby vody a její racionální využívání. Hospodaření s vodními zdroji a péče o ekosystémy v rámci volné krajiny je směřována k udržitelnému využívání těchto zdrojů, nápravě vzniklých škod a obnově původně fungujících systémů (Avery, 2012). Postupně se rozšiřuje i trend hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaných územích. Dochází tak k částečné substituci pitné vody vodou dešťovou. Navíc zadržení srážky v místě dopadu a její následné využití přispívá ke zmírnění jak povodní, tak i sucha. O aktuálnosti a rozšiřování hospodaření se srážkovými vodami po celém světě svědčí mnoho publikovaných studií. Pro ilustraci rozmanitosti oblastí, kde se moderní přístup k hospodaření se srážkovými vodami aktuálně řeší, je uveden výběr zemí: Mexiko (García-Montoya et al., 2015), Portugalsko (Silva et al., 2015), USA (Thomas et al., 2014), Súdán (Mahmoud et al., 2014); Malajsie (Hashim et al., 2013), Velká Británie (Ward et al., 2012), či např. Austrálie (Rahman et al., 2012).

V České republice je zmírňování hydrologických extrémů také hojně řešeným tématem. Během dlouhého období bez větších povodní se přestalo dbát na šetrné hospodaření na zemědělské půdě a došlo i k zanedbání péče o krajinu. Navíc lidé začali svá sídla rozšiřovat i do inundačních území. Také se významně zvýšila stavební aktivita, se kterou došlo k výraznému snížení retenční a infiltrační schopnosti povrchu. Poté, co se po roce 1997 vyskytlo několik významných až extrémních povodní, při kterých přišlo o život přes 100 obyvatel ČR a celkové škody byly vyčísleny na více než 180 mld. Kč, začíná být hospodaření se srážkovou vodou opět v popředí zájmu. Povodňové jevy jsou výzkumníky hojně studovány, např. Brázdil et al., 2005; Langhammer, 2007; Tyl et al., 2012; Daňhelka et al., 2014 a mnoho dalších. Taktéž jsou navrhovány koncepty protipovodňové ochrany jak v intravilánu, tak ve volné krajině. Současně se však v oblastech Žatecka a Lounska, ale i v oblasti jižní Moravy stále častěji projevují dopady sucha, které mají za následek neúrodu,

ale i nedostatek podzemních a povrchových vod. Problematika sucha tedy začíná být i v ČR také stále aktuálnějším tématem (Trnka, 2014).

4 VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE

STUDIE I (vlastní podíl 15%)

Kovář P., Křovák F., Rous V., Bílý M., Šálek, M., Vaššová D., Hrabalíková M., Tejnecký V., Drábek O., Bažatová T., Pešková J., 2014: *An appraisal of the effectiveness of nature-close torrent control methods - Jindrichovicky Brook case study*. Ecohydrology. Volume 7, Issue 5, 1 October 2014, Pages 1281-1296

IF₂₀₁₄: 2.426

STUDIE II (vlastní podíl 15%)

Kovář P., Heřmanovská D., Hadaš P., Hrabalíková M., Pešková J., 2016: *Water Balance Analysis of the Morava River Floodplain in the Kostice-Lanzhot Transect using WBCM-7 Model*. Environmental Monitoring and Assessment. Volume 188, Issue 2, February 2016, Article number 74, Pages 1 – 14

IF₂₀₁₅: 1.011

STUDIE III (vlastní podíl 50%)

Pešková J., Štibinger J., 2015: *Computation method of the drainage retention capacity of soil layers with a subsurface pipe drainage system*. Soil and Water Research. Volume 10, Issue 1, 2015, Pages 24-31

IF₂₀₁₅: 0.580

STUDIE IV (vlastní podíl 20%)

Kovář P., Pešková J., Doležal F., Bačinová H., Křovák F., Miháliková M.: *Study of the evapotranspiration impact on diurnal discharges in a small catchment*. V recenzním řízení Hydrology Research

IF₂₀₁₅: 1.779

4.1 STUDIE I.

An appraisal of the effectiveness of nature-close torrent control methods - Jindrichovicky Brook case study.

Pavel Kovář, František Křovák, Vít Rous, Michal Bílý, Miroslav Šálek, Darina Vaššová, Michaela Hrabalíková, Václav Tejnecký, Ondřej Drábek, Tereza Bažatová and Jitka Pešková

Ecohydrology, 7, 2014 (5): 1281–1296

Abstract: Discharge fluctuation and extreme bed load movement, i.e. erosion and sedimentation occurring on short upper reaches of the river, are characteristic features of torrential rivers. This paper presents a biotechnical appraisal of a torrent catchment for implementing revetments methods, focusing on selected hydraulic characteristics of the flow. The Infiltration and Kinematic wave hydrological model (KINFIL) hydrological model (for design discharges) is used to verify these variables and also the Hydrologic Engineering Centre’s River Analysis System and Sedimentation and River Hydraulics Two-Dimensional hydraulic models for channel flow. Data and computation for proposing nature-close remedial measures are demonstrated in a case study of the Jindrichovicky Brook, a mountain torrent located in the Ore Mountains (Czech Republic).

Particular attention is given to appropriate adaptation of the river for the invertebrate community. The hydraulic analysis is carried out in two sections of the river (section A: ‘nature-close’, restored in 2008, and section B: ‘old style’, regulated in the 1970s). The aim is to compute the major hydraulic characteristics (depths, velocities, shear stress values etc.). Then, a hydrobiological investigation is carried out in both sections to find how much the invertebrate communities extended their diversity and abundance as a consequence of better geomorphological diversity after restoration. It was found that, from the hydraulic point of view, the old section B is sufficiently robust and stable. However, it is clearly evident that this section can hardly be populated by fauna and if so, then only very sparsely and

impermanently. Section A meets both priorities, hydraulic stability and an acceptable living environment for the benthic community.

4.2 STUDIE II.

Water balance analysis of the Morava River floodplain in the Kostice-Lanžhot transect using the WBCM-7 model

Pavel Kovář, Darina Heřmanovská, Pavel Hadaš, Michaela Hrabalíková, Jitka Pešková

Environmental Monitoring and Assessment 188, 2016 (2), 1 - 14

Abstract: The study area of the Morava River floodplain is situated between the rivers Morava and Kyjovka in the reach from Hodonín to Lanžhot. This experimental area was chosen because during the last 30 years, there has been a serious problem with the frequent occurrence of hydrological extremes, such as floods and droughts. Dry seasons have a very negative impact on the floodplain forest and have been caused mainly by regulation of the Morava River channel in the 1970s. Since flooding in the catastrophic year 1977, a part of this area has served as a polder for flood impact mitigation of the urbanised area of the town of Lanžhot.

Management and farming practices have been heavily affected by the enormous economic and ecological damage due to long-term flooding of agricultural land. The purpose of this study is to assess the extent to which the precipitation in the growing season of the dry years 2003 and 2011 was deficient, in comparison with the normal year 2009, through a study of the actual evapotranspiration caused by the significant drought in the Morava floodplain. A similar but converse situation in the wet year 2010 was also analysed, with the aim to show the differences in the components of the water balance equation in the growing seasons of all the extreme years tested here. The daily data from the Kostice climatological station were processed using the

WBCM-7 model, where the input parameters were calibrated by the fluctuation of the groundwater table in the control borehole.

4.3 STUDIE III.

Computation Method of the Drainage Retention Capacity of Soil Layers with a Subsurface Pipe Drainage System

Jitka Pešková and Jakub Štibinger

Soil & Water Res., 10, 2015 (1): 24–31

Abstract: Methodological procedure for determining the drainage retention capacity (DRC) of surface layers under conditions of unsteady-state groundwater flow was demonstrated. DRC of the drainage system can be defined as a groundwater reservoir situated between the soil surface and the intermediate position of a parabola shaped water table above the drain level. Computation of DRC is based on analytical approximation of the subsurface total drainage discharge in unsteady-state groundwater conditions. DRC formula can serve as a simple tool for immediate estimation that requires only minimum amount of basic information (drainage design parameters, soil hydrology data). DRC is an important phenomenon of drainage policy, an inseparable part of drainage processes, which can mitigate negative impact of climate dynamics. A properly applied drainage policy, with the possibility of manipulating the retention capacities in the soil layers, can significantly improve soil and environmental protection. In agriculture, DRC extended by a drainage system can mitigate the negative effects of hydrological extremes such as floods and droughts.

4.4 STUDIE IV.

Study of the evapotranspiration impact on diurnal discharges in a small catchment

Pavel Kovář, Jitka Pešková, Hana Bačínová, František Křovák and Markéta Miháliková

Hydrology Research (přijatý manuskript, v oponentním řízení)

Abstract: This paper describes a new application of the Fourier series for a detailed simulation of the runoff on a catchment in dry periods when the stream flow is significantly impacted by evapotranspiration, particularly during daytime hours. Catchments can be considered as dynamic systems where evapotranspiration has an impact on streamflow day-night fluctuating discharges. Measurements of these discharges have been supported by the recent development of high-resolution sensing equipment based on the water pressure principle. Using a short time step on a small catchment, we were able to take measurements of diurnal streamflow fluctuations at any time of the day in a harmonic wave, and also to calculate the impact of the actual evapotranspiration. In parallel, we measured the free water evaporation and also the soil moisture content nearby. One of the reason of this measurement is to study a time shift of stream flow discharges delayed after water evaporation record due to hydraulic resistances. The Fourier Series Model (FSM) was implemented as a tool for mathematical analysis. This model provides computed discharge data through the harmonic coefficients. The major emphasis here is on the methodology of the FSM, which may be useful either for runoff simulation or for reconstructing evapotranspiration records where direct measurements are unreliable at the catchment scale.

5 KOMENTÁŘ

První studie se zaměřuje na posouzení účinnosti přírodě blízkých způsobů hrazení bystřin. Případová studie byla zaměřena na jednu z horských bystřin Krušných hor – Jinřichovický potok. K hydrotechnickému posouzení koryta bystřinného toku včetně jeho inundační zóny byly použity matematické hydraulické modely HEC-RAS, SRH 2D a pro navrhování návrhových průtoků model KINFIL. Modelové výpočty byly využity pro revitalizační úpravu v systému kamenný skluz nebo nízký stupeň - tůň. Cílem práce bylo posoudit variantní návrhy opevnění koryta při různých návrhových průtocích se zaměřením na následující hydraulické charakteristiky: kapacitu koryta, rychlosti, hloubky vody a tangenciální napětí. Dalším zohledněným faktorem byla prostupnost koryta pro bezobratlé živočišné organismy osídlující dno (zoobentos).

Analýza byla provedena ve dvou úsecích toku, a to v části A - nově upraveném přírodě blízkém korytě (úpravy provedeny v r. 2008) a v navazující části B, která byla upravena v 70. letech, kde byl využit původní robustní způsob regulace toku. Posuzované koryto části A je ve tvaru nepravidelného lichoběžníku se šířkou ve dně 1 – 2 m a příčným sklonem 1:1,5 – 1:2, opevnění je tvořeno kamennou rovnaninou, zbývající část svahu nad opevněním je oseta. Při návrhu nivelety, bylo nutné vzhledem k výraznému podélnému sklonu vybudovat velké množství příčných a spádových objektů. Ty jsou reprezentovány dřevěnými prahy, kamenitými stupni a kamenitými skluzy (tedy veskrze přírodními materiály). V částech toku, kde došlo k nátržím, byly vymleté prostory využity pro zbudování tůňek. Celá revitalizační úprava byla provedena tak, aby umožňovala obousměrnou migrační prostupnost. Konstrukční výška veškerých navržených objektů nepřesahuje 0,4 m a průtok je zabezpečen souvislým vodním paprskem u všech příčných řezů skluzové plochy. Navazující část toku B má celé koryto opevněno kamennou dlažbou a v trase se nachází několik až 2 metry vysokých stupňů, což je charakteristické pro původní styl úprav bystřin. Z hydrotechnického hlediska se jedná o robustní a stabilní zabezpečení, ovšem z pohledu osídlení biotou není tento druh úpravy optimální.

Původním záměrem přírodě-blízké úpravy bystřiny v části A byla nejen směrová a hloubková stabilizace koryta, ale i návrat bioty do vodního prostředí Jindřichovického potoka. Na základě hydraulických výpočtů, uvedených ve článku (viz příloha 1), lze konstatovat, že změny v parametrech koryta reprezentované podélným sklonem, drsností a navrženými objekty mají v případě Jindřichovického potoka vliv především u průtoků nižších než Q50. Revitalizačním návrhem se zvyšuje hloubka vody, což je odvislé od navrženého menšího podélného sklonu a vyšší drsnosti koryta. Díky členitějšímu podélnému profilu a zvýšené hloubce vody došlo i k zvýšení objemu vody. Rychlost proudění a tangenciální napětí se v souvislosti s výše uvedenými změnami naopak snížily. Co se týká podélného profilu koryta, u něj došlo díky střídání peřejí a tůň (step-pool profile) k přiblížení se k charakteristikám přírodního zvlněného profilu. Tůně, které se vyskytují nad i pod příčnými objekty, poskytují refugia pro vodní faunu při nízkých vodních stavech. Časté přepady zejména na balvanitých skluzech umožňují provzdušnění vody, kterým je zvýšena samočisticí schopnost toku. Neopomenutelným přínosem přírodě blízké úpravy je i její estetický vliv na krajinný ráz z pohledu hydroekologického hodnocení stavu vodního toku. Co se týká vzorkování makrozoobentosu, studie potvrdila očekávání autorů. Nové přírodě blízké úpravy vykazují podstatně vyšší zastoupení bentické fauny jak z pohledu kvantity, tak i taxonomickým složením. Výrazné převýšení bentosu v nově revitalizované části toku oproti částem s původními úpravami bylo pozorováno zejména v úsecích s pestrá škálou habitatů (písek, štěrk, kameny různých velikostí). Jako přínosné z pohledu zvýšení pestrosti a komplexnosti bentického společenstva se ukázaly i hojně se vyskytující písčiny pod hrázkami. Oproti tomu z habitatů nově upravovaného úseku se jeví pro vodní faunu jako nejméně vhodné části tvořené ze skládaných kamenů. Zároveň ale lze konstatovat, že i tato část úpravy představuje podstatně příznivější podmínky pro život vodních bezobratlých živočichů než souvislá kamenná dlažba, která je charakteristická pro původní úpravu.

Druhá studie se zaměřuje na modelové území pomoravské nivy. Zájmové území, které je v posledních 30 letech opakovaně sužováno hydrologickými extrémy, se nachází mezi řekami Moravou a Kyjovkou v úseku Hodonín-Lanžhot. Povodně zaznamenané v letech 1977, 2002, 2006, 2010 a 2013 měly značný vliv na

ekologické i ekonomické ztráty v oblasti zemědělského hospodaření. Během povodňových stavů část tohoto území plnila funkci povodňového poldru a zemědělská produkce tedy v důsledku dlouhodobého zatopení vykazovala značné ztráty. Suchá období zaznamenaná v letech 1947, 1976, 2003 a 2011 závažně ohrožují v lokalitě se nacházející cenné lužní lesy. Studie se zabývá porovnáním hydrologické bilance vegetačních období (1. 4. - 31. 10.) suchých let 2003 a 2011 a normálního roku 2009 zájmového území s klimatickou stanicí Kostice. Studie se zaměřila na suché roky, protože primárním cílem práce bylo získání podkladů k následné vodohospodářské úpravě území, jež by měla vést k ochraně lužních lesů, které jsou suchem výrazně ohrožovány.

Denní data bilance zájmového území byla zpracována modelem WBCM-7. Parametry modelu byly kalibrovány fluktuací hladiny podzemní vody v kontrolních vrtech ČHMÚ. Cílem práce bylo zjistit, do jaké míry byly srážky ve dvou odlišných suchých letech 2003 a 2011 deficitní oproti normálnímu roku 2009 skrze aktuální evapotranspiraci, která je příčinou výskytu významných such v oblasti pomoravské nivy. Zároveň byl analyzován i mokrý rok 2010 jako protipól let suchých. Cílem bylo ukázat rozdíly jednotlivých komponent bilanční rovnice během vegetačního období u všech let podrobených testování.

Studované území pomoravské nivy o celkové ploše 36 km² je napájeno podpovrchovou vodou z Moravy a Kyjovky. Bilanční rovnice tohoto území je následující:

$$SP = SQ + SAE + ASM + GWR - BF$$

Kde SP jsou srážky území. Druhou stranu rovnice reprezentuje celkový odtok $SQ = SOF + BF$, SAE aktuální evapotranspirace, ASM je změna půdní vlhkosti, GWR představuje zásobu podzemní vody, BF je základní odtok a SOF je přímý (povrchový) odtok.

Čistá změna zásoby podzemní vody je pak vypočtena (v mm) z:

$$SNGWR = SGWR - BF = ASM + GWR - BF$$

Kde *SNGWR* je čistá změna zásoby podzemní vody (odečten základní odtok) a *SGWR* je zásoba podzemní vody.

Pro simulaci hydrologických procesů v bilančním smyslu, tj. s časovým krokem $\Delta t > 1$ den se používá bilančních modelů. Pro účely této studie byl využit bilanční model WBCM - 7. Jde o deterministický, celistvý a nelineární model s normálním pravděpodobnostním rozložením parametrů po ploše povodí na základě reprezentativních měření. Po ploše povodí jsou parametry modelu pravděpodobnostně rozděleny tak, aby byla zachována jejich plošná variabilita. Přirozená zásoba vody v jednotlivých vertikálních hydrologických subsystémech je reprezentována jednotlivými kapacitními elementy modelu. Model byl navržen pro studium jednotlivých komponent hydrologické bilance v závislosti na změnách hospodářského využití povodí. Pomocí modelu jsou simulovány denní bilanční hodnoty během vegetačního období, tedy rozhodujícího období pro výskyt vláhových deficitů. Zároveň model zohledňuje všechny podstatné interakce mezi jednotlivými zónami, tzn. mezi zónou nasycenou, nenasycenou a vegetační. Model pracuje s denními hydrometeorologickými daty a ve vzájemné interakci řeší následující dílčí hydrologické procesy:

- (1) Potenciální evapotranspirace, intercepce a podkorunové srážky
- (2) Tvorba povrchového odtoku a jeho transformace
- (3) Dynamika vlhkosti kořenové zóny
- (4) Půdní vlhkost a aktuální evapotranspirace
- (5) Dynamika podzemní vody, základní odtok a celkový odtok

Model WBCM-7 má 11 parametrů (všechny uvedeny v příloze č. 2), ale pouze 3 z nich mají být optimalizovány. Jedná se o parametry *S_{MAX}* - parametr reprezentující maximální kapacitu nenasycené zóny (mm), *G_{WM}* - parametr popisující maximální aktivní kapacitu nasycené zóny - podzemní vody (mm) a *B_K* - parametr transformace základního odtoku (den). Kritérii optimalizace modelu je kolísání hladiny podzemních vod v transektech (v úsečkách spojujících klimatickou stanici s vrty ČHMÚ). Modelový výpočet probíhal v jednodenním kroku, ale vzhledem k faktu, že kritériální hodnoty hladiny podzemních vod byly měřeny po

deseti dnech, byl optimalizační proces řešení hodnot parametrů (*SMAX*, *GWF* a *BK*) počítán pro všechny zkoumané roky v dekadách.

Na základě výsledků této studie lze konstatovat, že model WBCM, verze 7 byl vhodně zvolen. Velmi dobře se osvědčila úprava modelu na kritériální požadavek porovnávání kolísání hladiny podzemních vod měřených a vypočtených na rozdíl od předchozího systému komparace průtoků. Vodní bilance byla modelem simulována pro roky 2003 (suchý), 2009 (normální), 2010 (mokrý) a 2011 (suchý). Rozdíly mezi hydrologicky normálním, mokrým a suchými roky byly jasně prokázány grafy i statistickými kritérii. Obrázek č. 6 (příloha 2) potom prezentuje stěžejní výsledky této studie. Jsou zde zobrazeny dekadní bilance vegetačních období u všech sledovaných roků. Jsou uspořádány jako grafy s postupným odečítáním bilančních složek na pravé straně rovnice v každé dekádě tj. (1) SP, (2) SP - SAE, (3) SP – SAE - SOF, (4) SP – SAE – SOF - SGWR. Jak již bylo zdůvodněno výše, nejdůležitějšími studovanými etapami tohoto výzkumu byla vegetační období suchých let 2003 a 2011. Tyto roky jasně poukázaly na důležitost srážek jako hlavní složky bilanční rovnice. Výsledkem této studie jsou zároveň hydrologické podklady pro následující vodohospodářskou úpravu území, která by měla přispět ke zlepšení vodního režimu tohoto území.

Třetí studie je zaměřena na výpočet retenční drenážní kapacity půdních vrstev odvodněných systematickou drenáží. Primárním účelem podpovrchových systematických drenáží je umožnění zemědělské produkce v oblastech s nepříznivým vodním režimem půd (permanentní či dlouhotrvající zamokření území). Odvodněním takového území dochází k úpravě vodního režimu a zlepšení přístupnosti ploch pro obdělávání, což má kladný vliv na efektivnost zemědělské výroby. Vedlejším efektem odvodnění je zvýšení infiltrační schopnosti ošetřeného území. V důsledku odvodnění vzniká nad drenážním systémem retenční prostor, který se může podílet na zmírnění povrchového odtoku v případě extrémních srážek.

Autoři studie se zaměřili na metodu určení retenční kapacity podpovrchových vrstev půdy za podmínek nasyceného nestacionárního drenážního proudění.

Retenční drenážní kapacita může být definována jako retenční prostor nacházející se mezi půdním povrchem a parabolicky tvarovanou hladinou podzemní vody mezi jednotlivými drény. Metoda nabízí jednoduchý postup, na základě kterého lze odhadnout objem vody, který může být v retenčním prostoru dočasně zadržen. Vlastní výpočet je založen na analytické aproximaci celkového drenážního odtoku v podmínkách neustáleného proudění.

Pro ověření správnosti procesů, analýzy a výpočtů pro odhad retenční drenážní schopnosti půdních vrstev byla zvolena naměřená data ze dvou experimentálních území, která vykazují značné rozdíly v hydrologických, hydrogeologických i hydropedologických poměrech.

První zájmové území je součástí povodí Cerhovického potoka, které se nachází v Hořovické pahorkatině. Jedná se o experimentální území Výzkumného ústavu ochrany a meliorací půdy, v.v.i. Území s přibližnou rozlohou 41 hektarů je odvodněno podpovrchovou trubkovou drenáží. Parametry drenážního systému a hydropedologické poměry lze popsat následovně: rozchod drénů $L = 11 \text{ m}$, průměrná hloubka uložení drénů $h_d = 0,75 \text{ m}$, poloměr světlosti drénů $r_o = 0,06 \text{ m}$ a hodnota hydraulické vodivosti $K = 0,075 \text{ m/den}$. Úroveň nepropustného podloží se nachází méně než 1 m pod povrchem. Pro účely ověření byla využita data naměřená po intenzivních srážkách (úhrn 30 mm za 2 dny). Počáteční hodnota hladiny podzemní vody byla naměřena $h_o = 0,50 \text{ m}$.

Další data, která sloužila k ověření, byla získána na výzkumné ploše v Mashtulu, která se nachází v Egyptě v deltě řeky Nil. Tato oblast je také odvodněna systematickou podpovrchovou drenáží. Půdní profil tohoto území lze popsat jako relativně homogenní s velkou mocností, hydraulická vodivost v území je $K = 0,15 \text{ m/den}$. Hloubka nepropustné vrstvy je tedy umístěna velmi hluboko, pro případ výpočtu je počítáno, že se hodnota hloubky nepropustné vrstvy blíží nekonečnu. Stálá hladina podzemní vody se nachází 0,75 m pod povrchem. Parametry vlastního drenážního systému jsou následující: rozchod drénů $L = 15 \text{ m}$, poloměr světlosti drénů $r_o = 0,04 \text{ m}$ a průměrná hloubka uložení drénů $h_d = 1,35 \text{ m}$. V tomto případě byla pro ověření využita data, která byla měřena krátce poté, co

byla celá oblast zavlažena, přičemž krátce po závlaze stoupla hladina podzemní vody na úroveň 0,25 m pod úroveň terénu.

Ke zhodnocení retenční kapacity $R(t)$ podpovrchového drenážního systému je možné dojít za pomoci aproximace rovnic (8) a (11), které jsou uvedeny v příloze 3, přičemž je nutná znalost základních návrhových parametrů drenážních systémů (L , r_0 , h_d) a hydrogeologických charakteristik (K , P , h_0), kde P (-) představuje efektivní drenážní pórovitost a h_0 (m) počáteční úroveň hladiny podzemní vody v čase t_0 . Porovnání vypočtených hodnot a hodnot naměřených v zájmových územích ukazuje na vhodnost použití metody publikované v této studii k odhadu retenční drenážní kapacity nad podpovrchovým drenážním systémem.

Poslední studie se zaměřuje na možnost využití modelu Fourierových řad k hodnocení vlivu evapotranspirace na odtoky v malých povodích během suchých období. Na povodí je pohlíženo jako na dynamický systém, ve kterém může být evapotranspirace řešena měřením klimaticko-meteorologických dat a následným bilančním výpočtem (Penman-Monteith) nebo mohou být data získána na základě velmi přesného (high resolution) měření průtoku v uzávěrovém profilu povodí. Ve studii bylo využito druhé možnosti. Během období sucha má měřený průtok trend výtokové čáry povodí, která cyklicky (po 24 hod) vykazuje křivku tvaru Fourierových řad. Z teorie goniometrických ortogonálních řad jsou známé vlastnosti této křivky. Harmonické koeficienty jsou platné jak pro vztahy srážka-odtok, ale i pro vztahy odtok – evapotranspirace.

Malá povodí s rozlohou do několika km^2 , kde lze pozorovat výrazné rozdíly mezi průtoky ve dne a v noci, jsou optimální pro získání kvalitních dat k využití tohoto metodického postupu. Ten vyžaduje dobré charakteristiky sucha a výrazné podmínky výparu i fyziologické podmínky transpirace. Všechny tyto podmínky dobře splňuje i autority studovaný Starosuchdolský potok, který je měřen od roku 2011. Délka tohoto toku k uzávěrovému profilu činí přibližně 580 m a plocha povodí $2,95 \text{ km}^2$. Využití území lze charakterizovat následovně: 53 % je využito jako orná půda, 36 % je zastavěná plocha a zbylých 11 % tvoří lesní porost. Lesní porost se vyskytuje převážně ve spodních polohách povodí v blízkosti uzávěrového profilu a

to na obou stranách toku. Vedle keřové a bylinné vegetace je z lesních druhů nejvíce zastoupena olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), dub letní (*Quercus robur*) a sporadicky se v území vyskytuje i habr obecný (*Carpinus betulus*). V bezdešťových obdobích jsou v denní době ovlivněny průtoky evapotranspirací všech tří pater břehového porostu. Naměřená data průtoků mají podobu výtokové čáry hydrogramu vlnovitého tvaru se sestupným trendem s relativními maximy v nočních hodinách.

Jedním z nejvíce vypovídajících a nejdůležitějších procesů v hydrologii jsou průtoky vody. Jsou poměrně jednoduše měřitelné a velmi dobře popisují dynamiku odtoků z povodí. Jak již bylo uvedeno výše, Starosuchdolský potok je monitorován od roku 2011. Data zde jsou získávána za pomoci Thomsonova přelivu prostřednictvím hladinoměru Vega Vegawell 71, k digitalizaci výsledků je používán AD konvertor DRAK3. Měřená data jsou na příslušných katedrách ČZU k dispozici online. Pro účely této studie byla vybrána 3 naměřená bezdeštná období. Časový krok Δt měření je flexibilní, pro tuto studii byla vybrána $\Delta t = 1$ hod.

EPIZODA 1: 24. 6. (20:00) – 29. 6. (05:00) 2011; (n = 106 h)

EPIZODA 2: 22. 5. (09:00) – 29. 5. (02:00) 2011; (n = 162 h)

EPIZODA 3: 8. 8. (02:00) – 16. 8. (20:00) 2011; (n = 211 h)

Současně jsou v uzávěrovém profilu povodí Starosuchdolského potoka měřeny dalšími dvěma sensory teploty vzduchu ($^{\circ}\text{C}$) a vlhkosti půdy v hloubce kořenové zóny (cca 30 cm pod povrchem). Zároveň je cca 1,5 km od plošného těžiště povodí kontinuálně měřen výpar z volné hladiny. Měření je prováděno automatickým zařízením EWM. Obě měřicí zařízení (Vegawell a EWM) jsou časově sledovány, aby poskytnutá data mohla být použita k vyhodnocování posunů maxima a minima průtoků vzhledem k extrémům evaporace z vody a také vzhledem k posunům ovlivněným hydraulickou rezistencí. Ke stanovení aktuální evapotranspirace je využito relativní vlhkosti půdy, z níž je stanovena polní vodní kapacita (FC). Ke stanovení polní vodní kapacity bylo využito definice (Romano a Santini, 2002): objem vody v půdě odpovídá průměru $0,371 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ se standardní odchylkou $0,063 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ a použit přístroj HYPROP (Schindler et al., 2010).

Jedním z cílů v rámci studie Starosuchdolského potoka bylo určení aktuální evapotranspirace na malém povodí. Tu je možné určit následovně:

$$AE(i) = FWE(i) \cdot \left(\frac{SMC(i)}{FC} \right)$$

Kde:

AE (i) je vypočtená aktuální evapotranspirace (územní výpar) (mm.h-1)

FWE (i) reprezentuje měřený výpar z volné vodní hladiny (mm h-1)

SMC (i) je měřená půdní vlhkost (-)

FC je měřená polní vodní kapacita PVK (-)

Vliv evapotranspirace na odtok z povodí je velmi zajímavý fenomén. Spotřeba vody břehovým porostem je úzce spojena s denní dynamikou průtoků v povodí. Model Fourierových řad využívá všech výhod matematických vlastností těchto řad, tedy harmonických funkcí, konvolučních principů a silné konvergence. Metodiku založenou na sadě rovnic 2 – 9 (uvedených v příloze 4) lze označit jako poměrně snadnou, ale její využití je možné až s příchodem měřících přístrojů s vysokým rozlišením, které jsou dostupné v posledních desetiletích. Využití Fourierových řad pro aproximace vlivu aktuální evapotranspirace na odtokový proces je evidentně s využitím transformace quasi-lineární konvolucí jednodušší než fyto-fyziologická transformace řešení kapilárního proudění stomaty rostlin. Stejně metody lze využít i v procesu odtok-výpar. Použitý model Fourierových řad lze užít i pro výpočet chybějících dat časové řady s harmonickými procesy (ortogonalita procesu), což je nesporně jednou z největších výhod této metody.

5.1 PŘÍNOS PRÁCE A ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ

První článek se zaměřuje na bystřinné toky, pro něž je typická rozkolísanost průtoků. Náhlá změna průtoků, přičemž průtok má strmý vzrůst, je charakteristická pro období přivalových dešťů, kdy na malou plochu bystřinného povodí s velkým sklonem vypadne velké množství srážek během krátkého časového období (Beven, 2006). Dalším typickým znakem bystřinných toků je extrémní splaveninový režim, který se projevuje vymíláním a sedimentací splavenin i v krátkých úsecích toku. K největším škodám v bystřinných povodích tedy dochází prostřednictvím velkého erozního namáhání dna a břehů koryta proudící vodou, což vede k devastaci úseků toku a objektů na nich vybudovaných (Kovář a Křovák, 2002). Současně dochází k akumulaci splavenin v dolních částech toku. Původně užívaná alpská tradice hrazení bystřin, která byla v rámci lesního hospodářství praktikována téměř 150 let, vzbuzuje na území České republiky stále hojně diskuze o předimenzování a nadbytečnosti bystřinných úprav. Dřívější způsob hrazení bystřin vytváří překážky, které zabraňují v pohybu ryb i makrobentických společenstev, což je negativně hodnoceno nejen řadou autorů, kteří se zabývají ekologií a hydrologií (Gordon et al., 1996, Brookes a Shields, 1996 či Waal et al., 2000), ale i Rámcovou směrnicí EU o vodě (2000/60/ES), která definuje ryby, bezobratlé a fytoplankton jako cílové organismy pro zlepšení vodního životního prostředí.

V posledních letech tak dochází k postupnému rozvoji nových možností při hrazení bystřin, přičemž jsou úpravy navrhovány tak, aby došlo nejen k naplnění účelových požadavků, tedy požadavků na kapacitu koryta a odolnost proti eroznímu namáhání, ale aby vyhovovaly i z hlediska ekologického. Úpravy jsou tedy prováděny tak, aby byla zachována migrační prostupnost bioty v toku. Důraz je také kladen na využití přírodě blízkých způsobů opevnění a pro ochranu koryta jsou užívány břehové porosty (Just, 2005). Vzhledem ke skutečnosti, že se bentičtí bezobratlí vyskytují již v pramenných oblastech bystřin, je třeba preferovat od prvních stovek metrů soustředěného odtoku takové úpravy, které umožní migraci této bioty před klasickými návrhy vysokých stupňů a přehrážek.

Druhá studie, která cílí na oblast pomoravské nivy, se také zabývá ovlivněním či spíše narušením životního prostředí území, ke kterému došlo nevhodně provedenou vodohospodářskou úpravou. Historicky byly řeky Morava a Dyje charakteristické četnými meandry. Vzhledem ke geomorfologickým podmínkám území pro ně byly typické jak jarní záplavy z tání sněhu, tak i letní povodně. Netík (2012) uvádí, že od 30. let do konce 60. let minulého století docházelo v této oblasti dva až třikrát ročně k povodním s průměrnou délkou trvání 40 dnů. Tyto podmínky byly velmi příznivé pro vzácné lužní lesy, které v současné době pokrývají v České republice pouhých cca 33 000 ha. Tento druh lesa je závislý na specifických hydrogeologických a pedologických podmínkách (Klimo et al., 2008), a právě proto se většina z těchto lesů se nachází v soutoku Moravy a Dyje, v aluviu Labe a Odry a v Litovelském Pomoraví (Buček a Štykar, 2002; Klimo et al., 2013 a Machar, 2013).

Ačkoliv bylo území pomoravské nivy předmětem vodohospodářských úprav dlouhodobě (Hrib et al., 2004), zásadní pro toto území byla úprava realizovaná v 70. letech 20. stol. (Penka et al., 1991, Veselý, 2004). V důsledku rozvoje průmyslu a intenzifikace zemědělství byl v roce 1975 zahájen projekt „Komplexní vodohospodářské úpravy jižní Moravy“. Z důvodu protipovodňové ochrany okolních pozemků došlo k úpravě směru i příčného profilu toku včetně tvrdé prohrádky dna řeky Moravy (Soukalová, 2012). Současně s narovnáním řeky Moravy došlo i k jejímu ohrázení protipovodňovou hrází dimenzovanou na průtok Q100. Jak uvádějí autoři Vašíček (1991), Klimo a Kulhavý (1999), Kulhavý a Grunda (2000) či Prax et al. (2005) touto komplexní úpravou došlo k celkovému poklesu hladiny podzemní vody, výraznému snížení její kolísavosti a omezení pravidelných záplav přilehlého území, které každoročně do lužního lesa přinášely povodňové kaly a živiny. Důsledkem pak bylo schnutí vrcholů korun stromů, snížení jejich radiálních přírůstků a ubývání druhů vázaných na trvale vysoce položenou hladinu podzemních vod. Negativní důsledky vodohospodářské úpravy na lužní lesy si jako první uvědomili lesníci. Ti ve spolupráci s hydrology připravili v 90. letech projekt, který měl na základě systému kanálů, stavidel, propustků a hradítek vodu na území lužních lesů opět navrátit (Vybíral, 2007). Tím bylo opět dosaženo zavlažení cenných lužních porostů. Tento revitalizační systém ale postrádá centrální řízení a současně

nejsou regulovány nečekané transporty sedimentů při zvýšených průtocích v korytě řeky Moravy.

V současné době je území sužováno jak povodněmi, tak suchem. Na zemědělské ploše této oblasti jsou pozorovány krátkodobé záplavy nivy, které znemožňují její obhospodařování. Zamokření se v této oblasti následně vyskytuje po dlouhé období, a to z důvodu půdního prostředí, které je pro tuto oblast charakteristické. Směrem od povrchu přibývá jílovitých a jílovohlinitých částic, propustnost se snižuje a nasycená hydraulická vodivost i drenážní pórovitost stále klesají, přičemž v hloubkách 1,5 – 1,7 m pod povrchem se téměř blíží nule (Kovář et al., 2013). Vzhledem ke geomorfologickým a hydropedologickým podmínkám území lze část lokalit hodnotit jako bezodtokové oblasti. Oproti tomu horninové prostředí vyskytující se cca 6,5 m pod terénem, ve kterém probíhá odtok podzemních vod, tvoří propustné říční štěrky a štěrkopísky. V důsledku narovnění Moravy a prohrádky dna dochází v suchých obdobích k odvádění podzemní vody níže k soutoku s Dyjí. Tvrdá prohrádka dna řeky Moravy v suchých obdobích působí v daném území jako otevřený drén. Tento efekt se velmi negativně projevuje na vitalitě výše popisovaných lužních lesů.

Vodní režim řeky Moravy je tedy ovlivňován nejen vývojem srážko-odtokových poměrů, ale i stavem vodohospodářských zásahů do krajiny v povodí. Tyto změny se obvykle hodnotí vodohospodářskou bilancí, jejíž základem je hydrologická bilance. Vzájemnými vztahy podzemní a povrchové vody v územích říčních niv a vodní bilancí se zabývají i zahraniční autoři, pro příklad lze uvést práce Krause et al., 2007 a, b. K řešení hydrologické bilance takovýchto území lze využít i ve studii představený model WBCM-7.

Aktuální evapotranspirace způsobující sucha, která je jednou z komponent hydrologické bilance řešené ve studii II, je předmětem i poslední výše komentované studie. V rámci ekosystému tvoří vzájemná interakce mezi vegetací, hypodermickou zónou a zónou mělkých podzemních vod velmi důležité vztahy. Burt (1979) ve své práci popsal první příznaky kolísání stavů průtoků vody v důsledku sucha na malém povodí během suchého roku 1976. Zpoždováním základního odtoku za přímým se

zohledněním režimu dne a noci se zabýval Bond et al. 2002 či Loheide et al., 2005. Během posledních desetiletí pak byla publikována řada článků (např. Zhang et al., 2001; Brown et al., 2004; Loheide et al. 2005; Winsemius et al. 2006, Fenicia et al., 2006), které se věnují popisu zvlněných výtokových čar průtoků, přičemž se soustředí na vliv evapotranspirace během 24 hodin (dne a noci). K tomuto zvýšenému zájmu o tuto problematiku nesporně přispěla i dostupnost extrémně přesných měřicích zařízení.

Autoři studie vycházeli z výše uvedených poznatků. Předkládané využití Fourierových řad pro aproximace vlivu aktuální evapotranspirace na odtokový proces je evidentně s využitím transformace quasi-lineární konvolucí jednodušší než fyto-fyziologická transformace řešení kapilárního proudění stomaty rostlin. Stejně metody lze využít i v procesu odtok-výpar. Použitý model Fourierových řad lze užít i pro výpočet chybějících dat časové řady s harmonickými procesy (ortogonalita procesu), což je nesporně jednou z největších výhod této metody.

Studie č. III cílí na jeden z fenoménů úprav vodního režimu zemědělského území, který vyvolává v současnosti velmi rozporuplné reakce. V ČR je odvodněna více než ¼ zemědělských ploch, jedná se o území větší než 1 milion ha, což je přibližně 14 % celkové rozlohy (Štibinger, Kulhavý, 2010). K masivním hydromelioračním zásahům došlo zejména v 70. a 80. letech minulého století. V současné době je pro nedostatečnou péči a odpovídající údržbu stav drenážních systému na mnoha místech v neutišeném stavu (Soukup, 2006). Drenáže i odvodňovací systémy přestávají plnit svou funkci, potrubí i otevřené příkopy zarůstají, jsou zanášeny zeminou, úseky potrubí vystavené mrazu se rozpadají (Kulhavý, Soukup, 2010). Nefunkční drény a šachtice pak vedou k vyvěrání vody, která odtéká po povrchu a způsobuje vodní erozi. Problematické je i střídání nájemců zemědělských pozemků. Ti velmi často nemají přehled o odvodněných plochách, a tudíž nerespektují specifické podmínky těchto pozemků (VÚMOP, 2005).

Lze konstatovat, že by jednostranně fungující odvodňovací systémy měly být nahrazeny takovým systémem, který řeší vodní režim území komplexně

(Kulhavý, 2005). Moderním způsobem řešení je návrh integrovaného vodohospodářského systému, který slouží k optimálnímu nastavení hladiny podzemní vody s ohledem na pěstované plodiny v konkrétním území (Kulhavý F., Kulhavý Z., 2008). Stále se jedná o odvodňovací systém, který je ale díky technickým úpravám, jakými jsou např. stavítka, navržen tak, že je možné z hydraulického hlediska generovat i opačnou funkci – závlahu (Štibinger, Kulhavý, 2010). Cílem by měla být retence, akumulace, neškodné odvádění a environmentální využití vod, optimalizace vodohospodářské bilance, regulace a optimalizace vláhového režimu, ochrana kvantity a kvality vodních zdrojů a v neposlední řadě by neměla být opomenuta protierozní ochrana (Janeček, 2002; Srovátka et al. 2003; Slavík, Neruda, 2004; TNV 75 4221, 2004; Soukup et al., 2008, Kulhavý Z., Fučík P., Tlapáková L., 2013).

Autory předkládaný článek uvažuje o půdním prostoru nad systematickou drenáží jako o nástroji, který by mohl přispět částečně ke zmírnění povrchového odtoku při extrémních srážkových událostech. Jednak je třeba uvést, že na zmíněné zmírnění je nahlíženo jako na komparaci funkční drenáže se systémy nefunkčními na stále obhospodařovaných zemědělských plochách, kde je primárním účelem efektivní pěstování kulturních plodin. Předmětem studie tedy není posuzování vhodnosti užití systematické drenáže jako takové ani možnost využití podpovrchové drenáže jako účelového prostředku se snížení dopadů hydrologických extrémů. Toto zmírnění je vnímáno jako dílčí doplňkový efekt drenážních systémů. Současně jsou si autoři vědomi, že tento účinek může být v mnohých případech velmi sporný. Tím, že za pomoci systematické drenáže dojde k uvolnění retenčního prostoru nad drény, dojde současně ke zvýšení infiltrační schopnosti daného území, které může být přímo v lokalitě vnímáno velmi pozitivně, ale zároveň si je třeba uvědomit, že tato voda není ve většině případů v dotčeném území převedena do podzemních vod, ale odtéká do nižších částí povodí. Současně se systematickým odvodněním stává krajina celkově sušší a tudíž i náchylnější k opačnému hydrologickému extrému, tedy suchu a s ním spojené větrné erozi. Z výše uvedených důvodů je tedy vhodnějším způsobem návrh integrovaného vodohospodářského systému, který je možné regulovat v závislosti na aktuálním stavu území.

V celosvětovém měřítku jsou integrované vodohospodářské systémy využívány zejména při pěstování rýže, která je v současné době celosvětově významnou komoditou a její nedostatek by měl nedozírné následky zejména v Africe a Asii (např. Egypt, Nigerie, Vietnam, Čína, Indie, Thajsko) s dopadem na celosvětovou ekonomiku (Oweis, Hachum, 2006). Při pěstování rýže v semi-aridních a aridních oblastech, jako je Indie, Egypt či Pákistán, je vážným problémem salinita (Ritzema, 2009). V těchto oblastech má drenáž nejen funkci úpravy vodního režimu, ale zejména chrání půdu a zdroje podzemních vod před zasolením (Ritzema et al., 2007). Problematikou úpravy vodního režimu se nezabývají pouze státy Afriky a jihovýchodní Asie, ale toto téma je velmi aktuální i v Americe a zemích EU. Integrované vodohospodářské systémy se zde jeví jako optimální varianta při obhospodařování nových zemědělských ploch, které jsou zakládány na místech s nevhodným vodním režimem (Budelsky, Galatowistch, 2000). Odvodňovací systémy se tak stávají významnými stavbami nejen pro optimalizaci vodního režimu, ale také technickým opatřením pro ochranu životního prostředí a investic v zemědělství, který je v mnoha zemích důležitým hospodářským odvětvím.

Jak již bylo uvedeno v rámci této práce výše, řešené téma je velmi široké, přičemž jsou mezi jednotlivými činiteli a faktory identifikovány komplexní vazby. Z těchto důvodů nelze výsledky generalizovat. V rámci studia se autorka seznamovala s jednotlivými aspekty, jakým způsobem lze vodu v krajině regulovat a jak účinně zmírňovat dopady extrémních hydrologických jevů. Během studia jí byla umožněna realizace vlastních projektů financovaných interní grantovou agenturou, ale i spolupráce na grantech řešených Katedrou biotechnických úprav krajiny (jejichž plný výčet je uveden v kapitole 13). Díky těmto výzkumným záměrům se mohla autorka seznámit s možnostmi úprav vodního režimu v urbanizovaném území i volné krajině. Do disertační práce pak byly zvoleny studie zabývající se bystřinným povodím (studie 1), evapotranspirací v malém povodí (studie 4), posuzováním hydrologických poměrů říční nivy (studie 2) a vodohospodářskými úpravami v zemědělských plochách (systematická drenáž), které jsou reprezentovány studií č. 3.

Pokud by autorka měla najít společné téma výše uvedených prací, uvedla by jednoznačně antropogenní zásahy. Všechna témata, která byla během studia autorkou řešena, zřetelně ukazovala na negativní ovlivnění vodního režimu lidskou činností. Na tomto místě by autorka ráda poukázala na fakt, že ve střednědobém a dlouhodobém horizontu se mohou jevit jako nevyhovující i takové úpravy vodního režimu, které z krátkodobého pohledu vedou k očividnému zlepšení stavu. Tím nejsou myšlena účelová opatření, jako narovnání a zahloubení toků prováděná s cílem lepšího obhospodaření pozemků, ale např. ve studii uvedená (z dnešního pohledu předimenzovaná) hydrotechnická úprava bystřinného toku, která znemožnila migraci bioty, či zásadní úprava koryta řeky Moravy, která primárně měla vést k ochraně území před povodněmi, u níž se až nyní se v plné míře projevují fatální dopady na celý vodní režim této lokality. Zde se nabízí úvaha, zda extrémní zásahy do vodního režimu, ač dobře myšlené, mohou vygenerovat jiný účinek než extrémní odezvu.

Ačkoliv se revitalizacemi a optimalizací vodního režimu na našem území odborníci intenzivně zabývají již od počátku devadesátých let a k dispozici mají stále modernější nástroje i přístroje a jejich studie přinášejí jednoznačné výsledky, je možné konstatovat, že přístup k úpravám vodního režimu stále není optimální. I v současné době se můžeme setkat s účelovým jednáním různých zájmových skupin, které je upřednostňováno před dlouhodobým celospolečenským prospěchem.

6 SUMMARY

This dissertation deals with the impact of rainwater harvesting on mitigation of hydrological extremes. Due to the fact that it is a very broad topic that cannot be completely elaborated, the work targets selected aspects of this issue. The work is divided into two parts. The first part is divided into the following five chapters: The water in the landscape, Water regime, Hydrological extremes, Water regime adjustment and Legislation. These chapters summarize available worldwide knowledge about rainwater harvesting both in the landscape and in urbanized areas with a focus on mitigation of extreme hydrological phenomena (floods - drought), including legislative security of water management on national and EU level.

The second part of the thesis is compiled in the form of an annotated set of four scientific studies, whose results were presented in articles published in scientific journals. The first study targets the efficiency of torrent control (hydro-technical point of view and migration of water fauna). The second study focuses on the territory of the Morava River floodplains, where negative impacts of floods and droughts appear repetitively. The study solves the hydrological balance of the area using the WBCM-7 model. The third study focuses on computation method of the retention drainage capacity in the agricultural area drained by subsurface pipe drainage system. The last paper describes a new application of the Fourier series for detailed simulation of the runoff on a catchment in the dry periods. Within the thesis, these studies have been interconnected by explanatory comments.

7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

Avery L. M., 2012: *Rural Sustainable Drainage Systems*. Environmental Agency, Horizon House, Bristol. UK. 146 pp.

Bassett T. J., Fogelman Ch., 2013: *Déjà vu or something new? The adaptation concept in climate change literature*. Geoforum. Vol. 48, August 2013, Pages 42 - 53

Begum R. A., Sarkar S., K., Jaafar A. H., Pereira J. J., 2014: *Toward conceptual frameworks for linking disaster risk reduction and climate change adaptation*. International Journal of Disaster Risk Reduction. Volume 10, Part A, December 2014, Pages 362 – 373

Beven K. J., 2006: *Rainfall-Runoff Modelling*. The Primer. John Wiley & Sons, Chichester. UK, 472 p.

Bond B. J., Jones J. A., Moore G., Phillips N., Post D., McDonnell J. J., 2002: *The zone of vegetation on baseflow revealed by diel patterns of streamflow and vegetation water use in a headwater basin*. Hydrol. Process 16. 1671 – 1677

Buček A., Štykar J., 2002: *Geobiocenologické mapování příbřežního pásma vodních toků v povodí Odry*. Beskydy, 15: 17–24.

Budelsky R. A., Galatowistch S. M., 2000: *Effects of water regime and competition on the establishment of a native sedge in restored wetlands*. Journal of Applied Ecology. Volume 37, issue 6: 971 – 975.

Busby J. W., Smith T. G., Krishnan N., 2014: *Climate security vulnerability in Africa mapping 3.0*. Political Geography. Vol. 43, November 2014, Pages 51 – 67.

Burt T. P., 1979: *Diurnal variations in stream discharge and throughflow during a period of low flow*, Journal of Hydrology, Vol. 41, issue 3-4: 291-301

Brázdil R., Dobrovolný P., Elleder L., Kakos V., Kotyza O., Květoň V., Macková J., Müller M., Štekl J., Tolasz R., Valášek H., 2005: *Historie počasí a podnebí v českých zemích VII: Historické a současné povodně v České republice*. Masarykova univerzita, ČHMÚ, Brno, Praha, 370 s.

- Brookes A., Shields F. D., (eds.) 1996:** *River channel restoration*. J. Wiley & Sons., Chichester, UK, 433 pp.
- 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: 28 - 61.
- Chen K. Z., Hsu C., 2014:** *Managing Climate Change Risk in China's Agricultural Sector: The Potential for an Integrated Risk Management Framework*. Journal of Integrative Agriculture. Vol. 13, Issue 7, July 2014. Pages 1418-1431
- Daňhelka J., Kubát J., Šercl P., Čekal R. (eds.), 2014:** *Povodně v České republice v červnu 2013*. ČHMÚ, Praha. 85 s.
- Fenicia F., Savenije H. H. G., Matgen P., Pfister L., 2006:** *Is the groundwater reservoir linear? Learning from data in hydrological modelling*. Hydrology and Earth System Sciences, 10: 139 -150
- Filho W. L. (Ed.), 2012:** *Climate Change and the Sustainable Use of Water Resources*. Springer, ISBN: 978-364222265, Berlin, Germany, 823 p.
- Forino G., von Meding J., Brewer G., Gajendran T., 2014:** *Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation Policy in Australia*. Procedia Economics and Finance. Vol. 18, 4th International Conference on Building Resilience, Incorporating the 3rd Annual Conference of the ANDROID Disaster Resilience Network, 8th – 11th September 2014, Salford Quays, United Kingdom, Pages 473 - 482
- García-Montoya M., Bocanegra-Martínez A., Nápoles-Rivera F., Serna-González M., Ponce-Otrega J. M., El-Halwagi M. M., 2015:** *Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting in a residential complex*. Computers & Chemical Engineering. Vol. 76, May 2015, Pages 104 – 116
- Gordon N. D., McMahon T. A., Finlayson B. L., 1996:** *Stream hydrology – An introduction for ecologist*. J. Wiley & Sons., W. Sussex, 526 pp.
- Hashim H., Hudzori A., Yusop Z., Ho W. S., 2013:** *Simulation based programming for optimization of large-scale rainwater harvesting system: Malaysia case study*. Resources, Conservation and Recycling. Vol. 80, November 2013, Pages 1 - 9
- Hrib M. et al., 2004:** *Lužní les v Dyjsko-moravské nivě*. Břeclav, Moraviapress: 591 s.

Janeček M., 2002: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV nakladatelství, Praha: 201 s.

Just T., 2005: *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Český svaz ochránců přírody, MŽP ČR, 359 str.

Klimo E., Kulhavý J., 1999: *Present condition and revitalization of the important roles of floodplain forest ecosystems in the watershed of the Morava and Dyje Rivers (Southern Moravia)*. *Ekológia* (Bratislava), 18 (1): 120–132.

Klimo E., Hager H., Matič S., Anič I., Kulhavý J. (eds), 2008: *Floodplain forests of the temperate zone of Europe*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými Lesy, 623 p.

Klimo E., Kulhavý J., Prax A., Menšík L., Hadaš P., Mauer O., 2013: *Functioning of South Moravian floodplain forests (Czech Republic) in forest environment subject to natural and anthropogenic change*. *International Journal of Forestry Research*, 2013: article ID 248749.

Kovář P., Křovák F., 2002: *Hrazení bystřín*. Učební texty FLD, ČZU, 43 str.

Krause S., Bronstert A., Zehe E., 2007a: *Groundwater – surface water exchange fluxes in a pleistocene lowland catchment and the impacts on riparian zone water balance and nitrate conditions*. In: Webb B.W., De Boer D. (eds.): *Water quality and sediment behaviour of the future: predictions for the 21st century*. Wallingford, International Association of Hydrologic Sciences: 98–107.

Krause S., Bronstert A., Zehe E., 2007b: *Groundwater-surface water interactions in a North German lowland floodplain – implications for the river discharge dynamics and riparian water balance*. *Journal of Hydrology*, 347: 404–417.

Kulhavý F., 2005: *Vodohospodářská koncepce krajinného plánování*. In: *Voda v krajině 21. století*. Sborník z konference krajinné inženýrství 2005. Pardubice: 178 - 187.

Kulhavý F., Kulhavý Z., 2008: *Navrhování hydromelioračních staveb*. Ediční rada C Technická knihnice, Informační centrum ČKAIT, Praha: 432 s.

Kulhavý J., Grunda B., 2000: *Loss of inundation in floodplain forests: danger for their sustainable management*. In: *Proceeding of poster abstract from international symposium Managing Forest Soil for Sustainable productivity*, 18–22 September 2000, Vila Real –Portugal: 219.

Kulhavý Z., Kovář P., 2000: *Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí.* VÚMOP, Praha: 123s.

Kulhavý Z., Soukup M., 2010: *Zemědělské odvodnění a krajina.* In: Voda v krajině, Lednice 31.5. -1. 6. 2010: str. 97 – 104

Kulhavý Z., Fučík P., Tlapáková L., 2013: *Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině.* Metodická příručka pro žadatele OPŽP, MŽP, VÚMOP, Praha. 79 s.

Langhammer J. (ed.), 2007: *Povodně a změny v krajině.* Katedra fyzické geografie a geoekologie. PřF, UK v Praze. 396 s.

Loheide S. P., Butler J. R. J., Gorelick S., M., 2005: *Estimation of groundwater consumption by phreatophytes using diurnal water table fluctuations: A saturated - unsaturated flow assessment.* Water Resources Research, vol. 41, 14 p.

Leisnham P. T., 2011: *Vulnerable Populations and Regions.* Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Encyclopedia of Environmental Health. Pages 705 – 714

Machar I., 2013: *Applying landscape ecological principles in sustainable forest management of the floodplain forest in the temperate zone of Europe.* Ekológia, Bratislava, 32 (4): 369–375

Mahmoud W., H., Elagib N. A., Gaese H., Heinrich J, 2014: *Rainfall condition and rainwater potential in the urban area of Khartoum.* Resources, Conservation and Recycling. Vol. 91, September 2014, Pages 89 - 99

Manandhar S., Pratoomchai W., Ono K., Kazama S., Komori D., 2015: *Local people's perceptions of climate change and related hazards in mountain areas of northern Thailand.* International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol. 11, March 2015, Pages 47 – 59.

Munang R., Thiawk I., Alverson K., Liu J., Han Z., 2013: *The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction.* Current Opinion in Environmental Sustainability. Vol. 5, Issue 1, March 2013, Pages 47 – 52.

Netík, 2012: *Ústní sdělení řešitelům výzkumného projektu NAZV QJ1220033 Optimalizace vodního režimu na modelovém území pomoravské nivy.*

O'Keefe P., O'Brien G., Jayawickrama J., 2015: *Disastrous Disasters: A Polemic on Capitalism, Climate Change, and Humanitarianism*. In: Collins A., Jones S., Manyena B., Walsh S., Shroder J. F. (eds.), 2015: *Hazards, Risks and Disasters in Society*. Academic Press. Pages 33 - 44

Oweis T., Hachum A., 2006: *Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming system in West Asia and North Africa*. Agricultural Water Management, Volume 80, Issues 1-3: 57-73

Penka M., Vyskot M., Klimo E., Vašíček F., 1991: *Floodplain forests ecosystem. After water management measures*. Amsterdam, Elsevier: 629 s.

Prax P., Kloupar M., Prax A., Heteša J., Soukup I., 2005: *Optimalizace hydrologického režimu lužního ekosystému po antropických zásazích a její zpracování do zásad managementu na polesí Tvrdonice*. Grantová služba LČR, Teplice. Závěrečná zpráva: 627s.

Rahman A., Keane J., Imteaz M. A., 2012: *Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits*. Resources, Conservation and Recycling. Vol. 61, April 2012, Pages 16 - 21

Ritzema H. P., Satyanarayana T. V., Raman S., Boonstra J., 2007: *Subsurface drainage to combat waterlogging and salinity in irrigated lands in India. Lesson learned in farmers' fields*. Agricultural Water Management, Volume 95, Issue 3: 179 - 189

Ritzema H. P., 2009: *Drain for gain*. Making water management worth its salt. Subsurface drainage practices in irrigated agriculture in semi-arid and arid regions. CRC Press Balkema, Netherlands: 208 s.

Romano N., Santini A., 2002: *Water retention and storage*. In: Dane J. H., Topp G. C. (Eds.), 2002: *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods*. Madison: ASA; SSSA, 721-738.

Schindler U., Durner W., von Unold G., Mueller L., Wieland R., 2010: *The evaporation method: Extending the measurement range of soil hydraulic properties using the air-entry pressure of the ceramic cup*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 173, 563-572.

Serrao-Neumann S., Crick F., Harman B., Schuch G., Choy D. L., 2015: *Maximising synergies between disaster risk reduction and climate change adaptation: Potential*

enablers for improved planning outcomes. Environmental Science & Policy. Vol. 50, June 2015, Pages 46 – 61

Silva C. M., Sousa V., Carvalho N. V., 2015: *Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences.* Resources, Conservation and Recycling. Vol. 94, January 2015, Pages 21 - 34

Slavík L. a Neruda M., 2004: *Vodní režimy v krajině.* Fakulta životního prostředí UJEP, Ústí nad Labem: 134 s.

Soukalová, E., 2012: *Režim podzemní vody v soutokové oblasti Moravy a Dyje.* In: Rožnovský J., Litschmann T., Středa T., Středová H. (Eds.), 2012: *Vláhové poměry krajiny.* Sborník recenzovaných příspěvků z mezinárodní konference. ISBN 978-80-86690-78-0, Mikulov, 4. - 5. 4. 2012, str. 147 - 150.

Soukup M. (ed.), 2006: *Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů.* VÚMOP Praha

Soukup M. (ed.), 2008: *Biotechnická opatření v krajině pro zvýšení retence vody na odvodněných pozemcích v pramenných oblastech.* Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha: 82s.

Syrovátka O., Šír M., Tesař M., 2003: *Retence vody v půdě – základ revitalizace krajiny.* In: Šír M., Lichner L., Tesař M. (eds), 2003: *Hydrologie půdy v malém povodí.* Ústav pro hydrodynamiku AVČR, Praha: 237-244.

Štibinger J., Kulhavý Z., 2010: *Úpravy vodního režimu odvodněním.* Vydalo: ČZU Praha, FŽP a VÚMOP Praha – Zbraslav, Praha. 108 s.

Thomas R. B., Kirisits M. J., Lye D. J., Kinney K. A., 2014: *Rainwater harvesting in the United States: a survey of common system practices.* Journal of Cleaner Production. Vol. 75, July 2014, Pages 166 - 173

Trnka M., 2014: *Představení projektu InterSucho aneb proč je sucho aktuální problém.* Vodní hospodářství. Roč. 64 (4). Str. 29 - 30

Tyl R., Durčanský I., Kubát J. (eds.), 2012: *10. výročí povodně 2002.* Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost a ČHMÚ. Sborník konference. 14. – 15. 8. 2012, Praha.

Vašíček J., 1991: *Changes in the structure and biomass of the herb layer under the condition of a medium moisture gradient.* In: Penka M. et al. (eds.): Floodplain forest ecosystem. After water management measures. Amsterdam, Elsevier: 197–242.

Veselý D., 2004: *Vodní hospodářství v oblasti dolního toku řek Moravy a Dyje, povodně a regulace toků od historie po současnost.* In: Hrib, M., Kordiovský, E.: Lužní les v Dyjsko-moravské nivě. Břeclav, Moraviapress: 49–66

VÚMOP Praha-Zbraslav, 2005: *Zemědělské odvodnění v kulturní krajině.* Sborník z panelové diskuse a workshopu. ISBN 80-239-7308-8, vydal VÚMOP-Praha Zbraslav, Praha: 103 s.

Vybíral J., 2007: *Lužní lesy v Biosférické rezervaci Dolní Morava.* Sborník Regionálního muzea v Mikulově: 36 – 42. Dostupné na: <http://www.rmm.cz/regiom/2007/05%20vybral%20-%20lesy.pdf>

Waal L. C., Large A. R., G., Wade P. M., 2000: *Rehabilitation of rivers.* John Wiley & Sons, Chichester, UK, 331 pp.

Ward S., Memon F. A., Butler D., 2012: *Performance of a large building rainwater harvesting system.* Water Research. Vol. 46, Issue 16, October 2012, Pages 5127 – 5134

Winsemius H. C., Savenije H. H. G., Gerrits A. M. J., Zapreeva E. A., Kless R., 2006: *Comparison of two model approaches in the Zambezi river basin with regard to model reliability and identifiability.* Hydrology and Earth System Sciences, 10: 339-352.

Zhang L., Dawes W. R., Walker G. R., 2001: *Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale.* Water Resources Research 37: 7001-7708.

8 ODBORNÝ ŽIVOTOPIS

Jméno a příjmení: Ing. Jitka PEŠKOVÁ

Datum narození: 5. srpna 1986

Místo narození: Louny

Trvalé bydliště: U Pramenu 2490, Louny

Telefon: +420 737 306 843

E-mail: jita.peskova@seznam.cz

VZDĚLÁNÍ:

2010 – doposud

(doktorandské studium)

Úpravy vodního režimu krajiny

ČZU v Praze

2008 – 2010

(magisterské studium)

Krajinné inženýrství

ČZU v Praze

2005 - 2008

(bakalářské studium)

Krajinářství

ČZU v Praze

2001 - 2005

Gymnázium Václava Hlavatého

Poděbradova 661, Louny

Jazykové znalosti:

anglický jazyk – slovem i písmem

německý jazyk – základní znalost

Jiné dovednosti:

práce na PC

(MS office, Outlook, Internet, základy AutoCAD, ArcGIS)

řidičský průkaz skupiny B

ZAMĚSTNÁNÍ A PRAXE:

MŠMT, Odbor řízení Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání, odd. koncepčního řízení, leden 2016 - doposud

MŠMT, Odbor řízení Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace, odd. koncepčního řízení, listopad 2014 – prosinec 2015

MÚ Louny, oddělení územního plánování – 1 měsíc

Aquion, s.r.o. (využití a vsakování dešťové vody, ochrana vodních zdrojů) – 19 měsíců

VÝZKUMNÉ PROJEKTY

VLASTNÍ VÝZKUMNÉ PROJEKTY (IGA – Interní grantová agentura)

Moderní systémy využívané k retenci a infiltraci srážkových vod v urbanizovaném území a porovnání návrhových modelů pro použití v ČR.

- **IGA 2012, ČZU (hlavní řešitel), číslo grantu 2.01243e+007**

Vliv úpravy vodního režimu zemědělsky využívaného území na retenční a infiltrační schopnosti povrchových vrstev.

- **IGA 2011, ČZU (hlavní řešitel), číslo grantu 2011421903140**

SPOLUPRÁCE NA GRANTECH KBÚK

Metodika návrhu a realizace infiltračních a záchytných opatření v rámci obnovy hydrologických poměrů a způsobů hospodaření v krajině.

- **QH 92 086 (spoluřešitel 2010 a 2011)**

Posílení infiltračních procesů regulací odtoku vod z malých povodí.

- **QJ 1220050 (spoluřešitel 2012, 2013, 2014)**

Autoregulace hypodermického odtoku v malých povodích.

- **TA 02020384 (spoluřešitel 2012, 2013, 2014)**

Optimalizace vodního režimu na modelovém území pomoravské nivy.

- **NAZV QJ1220033 (spoluřešitel 2013, 2014)**

ZAHRANIČNÍ ZKUŠENOSTI

International Center for Land Policy Studies and Training

The 115th Regular Session on Land Policy for Sustainable Rural Development

Taoyuan, Taiwan, The Republic of China

19. 10. - 28. 11. 2012

The EU Summer School - Soil and Water Relationship

Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University (OMÜ) in Samsun, Turkey

3. - 18. 6. 2013

VEDENÉ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Bezděk P., 2013: *Využití retenčních schopností vegetačních střech při ochraně urbanizovaných území.* Bakalářská práce.

Hyrčová L., 2014: *Moderní systémy využívané k retenci a infiltraci srážkových vod.* Bakalářská práce.

Zlatníková S., 2014: *Hospodaření s dešťovou vodou - kvalita a čištění.* Bakalářská práce.

Hyrčová L., 2015: *Hydrologické extrémy z pohledu veřejné správy a veřejnosti v České republice.* Diplomová práce. Konzultant

9 PUBLIKAČNÍ ČINNOST

Kovář P., Pešková J., Doležal F., Bačinová H., Křovák F., Miháliková M.: *Study of the evapotranspiration impact on diurnal discharges in a small catchment.* V oponentním řízení časopisu Hydrology Research (odesláno II. 2016)

Kovář P., Heřmanovská D., Hadaš P., Hrabalíková M., Pešková J., 2016: *Water Balance Analysis of the Morava River Floodplain in the Kostice-Lanzhot Transect using WBCM-7 Model.* Environmental Monitoring and Assessment. Volume 188, Issue 2, February 2016, Article number 74, Pages 24-31

Pešková J., Štibinger J., 2015: *Computation method of the drainage retention capacity of soil layers with a subsurface pipe drainage system.* Soil and Water Research. Volume 10, Issue 1, 2015, Pages 24-31

Kovář P., Křovák F., Rous V., Bílý M., Šálek, M., Vaššová D., Hrabalíková M., Tejnecký V., Drábek O., Bažatová T., Pešková J., 2014: *An appraisal of the effectiveness of nature-close torrent control methods - Jindrichovický Brook case study.* Ecohydrology. Volume 7, Issue 5, 1 October 2014, Pages 1281-1296

Kovář P., Dvořáková Š., Pešková J., Doležal F., Sůva M., 2014: *Aplikace harmonické analýzy pro studium evapotranspirace břehových porostů v suchém období. Případová studie Starosuchdolského potoka.* In: Brych K., Tesař M. (eds.), 2014: Hydrologie malého povodí 2014. Praha: 22. – 24. 4. 2014, Český hydrometeorologický ústav, Ústav pro hydrodynamiku AV ČR. s. 230 - 237

Pešková J., 2014: *Moderní systémy využívané k retenci a infiltraci srážkových vod v urbanizovaném území.* In Rožnovský J. a kol. (eds.), 2014: Extrémy oběhu vody v krajině. Sborník abstraktů z mezinárodní konference: Mikulov 8. – 9. 4. 2014, Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, Praha

Kovář P., Hrabalíková M., Pešková J., 2014: *Řešení hydrologické bilance pomoravské nivy v úseku Hodonín-Lanžhot modelem WBCM.* In Rožnovský J. a kol. (eds.), 2014: Extrémy oběhu vody v krajině. Sborník abstraktů z mezinárodní konference: Mikulov 8. – 9. 4. 2014, Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, Praha

Kovář P., Štibinger J., Pešková J., 2013: *Problematika vodohospodářské bilance pomoravské nivy v úseku Hodonín - Lanžhot.* In: Rožnovský J., Litschmann T., Středová H., Středa T. (Eds.), 2013: *Voda, půda a rostliny*, Sborník recenzovaných příspěvků z mezinárodní konference. ISBN 978-80-87577-17-2 Křtiny, 29. - 30. 5. 2013

Štibinger J., Pešková J., 2013: *Terénní experimentální stanovení hydraulické vodivosti mokřadů v Jizerských horách v lokalitě Horní Maxov.* In: Rožnovský J., Litschmann T., Středová H., Středa T. (Eds.), 2013: *Voda, půda a rostliny*, Sborník recenzovaných příspěvků z mezinárodní konference. ISBN 978-80-87577-17-2, Křtiny, 29. - 30. 5. 2013

Pešková J., 2012: *Použití multikriteriální analýzy při volbě optimálního návrhu úpravy vodního režimu zemědělsky využívaného území* In: Rožnovský J., Litschmann T., Středa T., Středová H. (Eds.), 2012: *Vláhové poměry krajiny*. Sborník recenzovaných příspěvků z mezinárodní konference. ISBN 978-80-86690-78-0, Mikulov, 4. - 5. 4. 2012, str. 135 – 138

Kovář P., Štibinger J., Pešková J., 2012: *Metodika stanovení podkladů pro návrh a realizaci infiltračních a záchytných opatření v rámci obnovy hydrologických poměrů Jizerských hor.* Uplatněná certifikovaná metodika. Výsledek je využíván orgány státní nebo veřejné správy, Ministerstvo zemědělství ČR, Sekce vodního hospodářství. ČZU Praha, FŽP, KBÚK.

Pešková J., 2011: *The impact of adjustments of the water regime of agricultural land on the retention and infiltration abilities of the surface layers.* In: UCOLIS, 2011: 2. ročník mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků, abstrakt ve sborníku, 23. 11. 2011, ČZU v Praze.

Pešková J., 2010: *Úprava vodního režimu ve vybraných lokalitách v krajině a urbanizovaných územích situovaných na Lounsku.* Diplomová práce.