

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



VLIV HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVOU VODOU NA ZMÍRNĚNÍ EXTRÉMNÍCH HYDROLOGICKÝCH JEVŮ

Disertační práce typu „*Soubor prací*“

Doktorand: Ing. Jitka Pešková
Školitel: doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.
Obor: Úpravy vodního režimu krajiny

PRAHA 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně s použitím výsledků vlastní práce nebo společné práce s kolegy a s pomocí dalších zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Praze dne:

Ing. Jitka Pešková

Poděkování

Děkuji svému školiteli doc. Ing. Jakubu Štibingerovi, CSc. za odbornou podporu v průběhu doktorského studia. Dále děkuji všem spoluautorům za jejich odborný přínos a spolupráci. Zvláštní poděkování patří prof. Ing. Pavlu Kovářovi, DrSc. za jeho cenné rady, připomínky a konzultace během celého doktorského studia. V neposlední řadě patří mé poděkování rodině a všem blízkým, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

Abstrakt

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, které není možné komplexně zpracovat, práce cílí na vybrané aspekty této problematiky. Práce je rozdělena do dvou částí. První část práce je rozdělena do následujících 5 kapitol: Voda v krajině, Vodní režim, Hydrologické extrémy, Regulace vodního režimu a Legislativa. V rámci těchto kapitol jsou shrnuty dostupné tuzemské a zahraniční poznatky o možnostech hospodaření s dešťovou vodou jak ve volné krajině, tak v urbanizovaném území se zaměřením na zmírnění extrémních hydrologických jevů (povodně – sucha), včetně legislativního zabezpečení vodního hospodářství na úrovni ČR a EU.

Druhá část disertační práce je zpracována formou komentovaného souboru 4 vědeckých studií (soubor prací), jejichž výsledky byly prezentovány formou publikovaných článků ve vědeckých recenzovaných časopisech. První studie cílí na posouzení účinnosti přírodě blízkých způsobů hrazení bystřin z hydrotechnického hlediska a z pohledu prostupnosti pro vodní faunu. Druhá studie se zaměřuje na území pomoravské nívy, kde se opakovaně projevují negativní dopady povodní a sucha. Práce se zabývá řešením hydrologické bilance tohoto území pomocí modelu WBCM-7. Třetí studie se zaměřuje na určení retenční drenážní kapacity na územích odvodněných systematickou drenáží. Poslední studie pak popisuje možnost využití Fourierových řad při hodnocení vlivu evapotranspirace na odtoky z malých povodí během suchých období. V rámci disertační práce jsou tyto studie propojeny doplňujícím komentářem.

Klíčová slova

úpravy vodního režimu, hospodaření se srážkovou vodou, hydrologické extrémy

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	METODIKA DISERTAČNÍ PRÁCE	10
2.1	Cíle práce	10
2.2	Popis řešení:	10
2.3	Harmonogram řešení	11
2.4	Přínosy řešení a možnosti využití výsledků	11
2.5	Spolupráce a návaznosti	11
2.6	Předpokládané výstupy	12
3	VODA V KRAJINĚ	14
3.1	Hydrologický cyklus	14
3.2	Bilanční rovnice oběhu vody v ČR	15
3.3	Charakteristika srážkových vod	15
3.3.1	Základní charakteristiky kapalných srážek:	16
3.3.2	Přívalové deště	18
3.3.3	Náhradní intenzity přívalových dešťů	19
3.3.4	Truplova metoda stanovení náhradních intenzit přívalových dešťů	21
3.4	Funkce vody v krajině	22
4	VODNÍ REŽIM	22
4.1	Odtokový proces v krajině	23
4.1.1	Povrchový odtok	23
4.1.2	Hypodermický odtok	24
4.2	Vodní režim pedosféry	24
4.2.1	Půdní voda	25
4.2.2	Statika a dynamika půdní vody	27
4.2.3	Infiltrace vody do půdy	27
4.3	Výpar	28
4.3.1	Evapotranspirace	30
4.3.2	Intercepce	30
4.4	Retence a akumulace vody	31
5	HYDROLOGICKÉ EXTRÉMY	32
5.1	Sucho jako extrémní kalamitní situace vodního režimu v krajině	33
5.1.1	Meteorologické sucho	34
5.1.2	Agromické sucho	34
5.1.3	Hydrologické sucho	34
5.1.4	Socioekonomické sucho	34
5.2	Povodně jako extrémní kalamitní situace vodního režimu v krajině	35
5.2.1	Jarní povodně z tání sněhu	37
5.2.2	Ledové povodně	37
5.2.3	Letní povodně z trvalých dešťů	38
5.2.4	Přívalové povodně	39
5.3	Hydrologické extrémy – legislativa	39
5.3.1	Plány pro zvládnutí povodňových rizik	40
6	REGULACE VODNÍHO REŽIMU	40
6.1	Regulace vodního režimu v urbanizovaném území	41
6.1.1	Srážkové vody v urbanizovaném území	44
6.1.2	Historie hospodaření se srážkovými vodami	44

6.1.3	Návrh infiltračních a retenčních opatření.....	46
6.1.4	Povrchová infiltrační zařízení	49
6.1.5	Podzemní infiltrační zařízení	51
6.1.6	Infiltrace s regulovaným odtokem	52
6.1.7	Odvádění srážek do povrchových vod	53
6.1.8	Zeleň jako retenční prvek v urbanizovaném území	55
6.2	Regulace vodního režimu ve volné krajině	56
6.2.1	Regulační opatření technického charakteru	58
7	LEGISLATIVA.....	63
8	SOUBOR VĚDECKÝCH STUDÍ.....	71
9	KOMENTÁŘ K PUBLIKACÍM	72
9.1	Stručný popis vědeckých studií	72
10	PŘÍNOS PRÁCE A ZÁVĚREČNÉ SHRUTÍ.....	80
10.1	Souhrn současného stavu v ČR a zahraničí.....	86
11	POUŽITÁ LITERATURA A OSTATNÍ ZDROJE.....	90
12	PUBLIKAČNÍ ČINNOST	109
13	ODBORNÝ ŽIVOTOPIS	111
	Vzdělání	111
	Zaměstnání a praxe	111
	Výzkumné projekty	112
	Zahraniční zkušenosti.....	112
	Vedené závěrečné práce	112
14	PŘÍLOHY	113
	Příloha 1	113
	Příloha 2	113
	Příloha 3	113
	Příloha 4	113

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1:	Schéma hydrologického cyklu.....	15
Obr. 2:	Langův dešťový faktor pro oblasti ČR.....	18
Obr. 3:	Ombrogram se znázorněním dešťových oddílů.....	20
Obr. 4:	Čáry náhradních intenzit přívalových dešťů.....	21
Obr. 5:	Schéma srážko-odtokový proces.....	23
Obr. 6:	Schéma odtokového procesu v krajině.....	24
Obr. 7:	Pásma vody a vertikální rozložení půdní vlhkosti.....	25
Obr. 8:	Základní půdní charakteristiky a jejich vztahy.....	27
Obr. 9:	Průměrný roční úhrn výparu z vodní hladiny.....	29
Obr. 10:	Schéma intercepce na vegetaci.....	31
Obr. 11:	Schéma rozdělení povodní.....	36
Obr. 12:	Hydrogram - povodeň z tání.....	37
Obr. 13:	Hydrogram - ledová povodeň.....	38
Obr. 14:	Hydrogram - dešťová povodeň.....	38
Obr. 15:	Hydrogram - přívalová povodeň.....	39
Obr. 16:	Schéma vlivu urbanizace na srážko-odtokový proces.....	41
Obr. 17:	Srážko-odtokové poměry s přítomností urbanizovaného území.....	44
Obr. 18:	Princip hydrologické bilance u vegetační střechy.....	47
Obr. 19:	Drenážní nopová fólie.....	48
Obr. 20:	Plošná infiltrace srážkové vody.....	49
Obr. 21:	Vsakovací průleh.....	50
Obr. 22:	Vsakovací šachta.....	52
Obr. 23:	Vsakovací nádrž s regulovaným odtokem.....	53
Obr. 24:	Vsakovací blok a retenční galerie z plastových prefabrikátů.....	54
Obr. 25:	Umělý mokřad.....	55
Obr. 26:	Plošný rozsah zemědělského odvodnění v ČR.....	57
Obr. 27:	Srážko-odtokové poměry ve volné krajině.....	58
Obr. 28:	Soustava protierozních příkopů.....	59
Obr. 29:	Schéma protierozních ochranných hrázek.....	61
Obr. 30:	Schéma retenční nádrže.....	62

SEZNAM TABULEK

Tab. 1:	Vliv nadmořské výšky na dlouhodobý průměrný srážkový úhrn dle Gregora.....	17
Tab. 2:	Klimatické oblasti.....	17
Tab. 3:	Charakteristiky přívalových dešťů.....	19
Tab. 4:	Doporučené součinitele odtoku ψ	42
Tab. 5:	Orientační hodnoty četnosti výpočtových dešťů.....	42
Tab. 6:	Maximální přípustné hodnoty střední průtočné rychlosti pro zpevněné příkopy.....	59
Tab. 7:	Legislativa EU v oblasti vodního hospodářství.....	64
Tab. 8:	Legislativa ČR v oblasti vodního hospodářství.....	66

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 zahloubené 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 dříve 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 prodloužení 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 METODIKA DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce je zpracována formou komentovaného souboru prací. Tento komentovaný soubor prací bude členěn do následujících kapitol:

- Úvod do problematiky
 - Forma literární rešerše
- Vlastní práce
 - Rozbor jednotlivých článků dle požadavků nařízení děkana¹
- Komentář k pracím
 - Logická provazba jednotlivých článků
 - Diskuze vlastních publikovaných výsledků s jinými vědeckými prameny
 - Formulace závěrů

2.1 Cíle 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)

2.2 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
 - Nenasycené proudění, Richardsovy rovnice
 - Neustálené a ustálené drenážní proudění v nenasycené zóně
 - Ustálené proudění v nasycené zóně, Hooghoudtova rovnice
 - Harmonická analýza
- Výběr experimentálních ploch na Lounsku
 - Aridní oblast s častým opakováním přívalových srážek

¹ Nařízení děkana č. 02/2015 – Specifikace povinností studentů DSP FŽP ČZU v Praze, Disertační práce typu soubor prací – požadavky.

- 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

2.3 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

2.4 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

2.5 Spolupráce a návaznosti

Disertační práce volně navazuje na diplomovou práci Úprava vodního režimu ve vybraných lokalitách v krajinně 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 navržení objektů upravujících vodní režim ve vybraném území, konkrétně 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 13).

2.6 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 12.

ČÁST PRVNÍ – LITERÁRNÍ REŠERŠE

3 VODA V KRAJINĚ

Dle ČSN 75 0101 Vodní hospodářství – Základní terminologie se v krajině vyskytují tyto druhy vod:

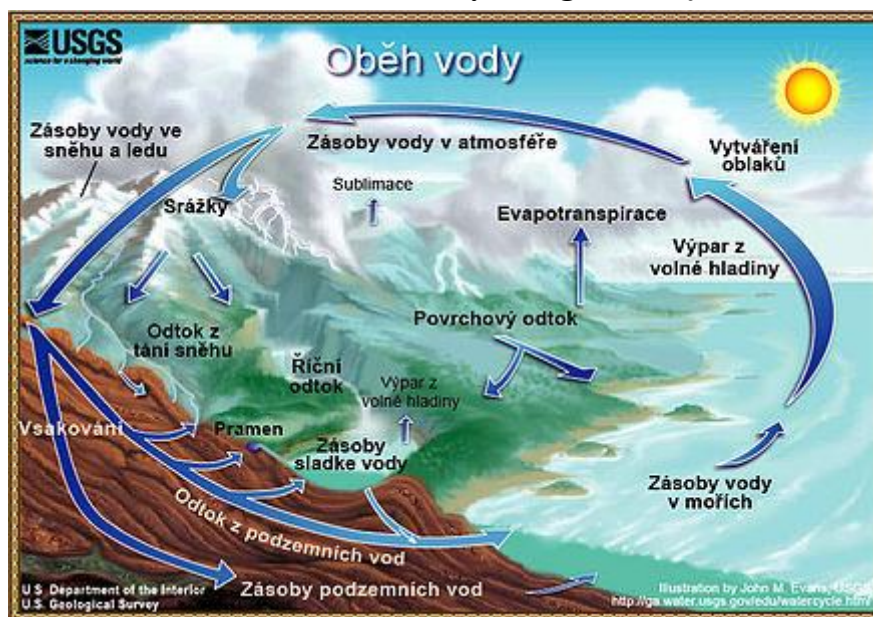
povrchová voda	voda na zemském povrchu ve formě různých vodních útvarů
podpovrchová voda	voda v zemské kůře ve všech skupenstvích
podzemní voda	podpovrchová voda v kapalném skupenství
půdní voda	část podpovrchové vody obsažené v půdě bez ohledu na skupenství, zpravidla tvoří souvislou hladinu

Zdroj: ČSN 75 0101

3.1 Hydrologický cyklus

Hydrologický cyklus neboli koloběh vody je definován jako přirozená kontinuální cirkulace vody na Zemi (Brutsaert, 2005). Tento jev probíhá ve všech sférách zemského systému (tj. v hydrosféře, atmosféře, biosféře, pedosféře a litosféře) a to na úrovni různých časových a prostorových měřítek (Hornberger et al., 2014). Nejzákladnější dělení oběhu je na malý hydrologický cyklus (v lokálním měřítku) a velký hydrologický cyklus (koloběh v globálním měřítku Země). Hydrologický cyklus je funkční díky sluneční energii a vnitřním procesům zemského jádra. Na oběh vody má vliv biochemický cyklus a procesy fyzikálního klimatického systému, které jsou propojeny vzájemnými vztahy a zpětnými vazbami. Do těchto provázaných pochodů navíc svou činností zasahují i lidé (Němec, Hladný, 2006). Šír et al. (2003) uvádí, že hydrologický cyklus se vyznačuje tendencí k homeostázi, tj. snahou k návratu do stabilního stavu po určitém vychýlení. K vychýlení může dojít vlivem kolísání příkonu tepla, přebytkem či nedostatkem srážek, změnou využívání krajiny apod. Celoplanetární globální homeostatické mechanismy nejsou doposud plně známy. Lokálním homeostatickým mechanismem je především transpirace rostlin.

Obr. 1: Schéma hydrologického cyklu



Zdroj: URL 1

3.2 Bilanční rovnice oběhu vody v ČR

$$S = O + V \text{ [mm]}$$

kde

S - srážky	S = 672 mm
O – odtok	O = 190 mm
V – výpar	V = 482 mm

3.3 Charakteristika srážkových vod

Atmosférické srážky lze rozdělit na **padající** (déšť, mlha, mrholení, sníh, kroupy, krupky a zmrzlý déšť) a **usazené** (rosa, jíní, jinovatka a námraza). Z hlediska řešení srážko-odtokových poměrů jsou nejvýznamnějším prvkem dešťové srážky. Ty jsou tvořeny kapkami s průměrem 0,2 – 3 mm.

Dělení srážek dle původu:

konvekční (termické)	krátká doba trvání, vysoká intenzita; zasahují malé oblasti (přítalové deště), vznik nejčastěji po denním teplotním maximu s vysokým výparem
orografické (terénní)	dlouhé trvání, nižší intenzita
frontální (regionální) (cyklonální)	dlouhá doba trvání, nízká intenzita, zasažení velké oblasti; někdy mohou být tlakové komprese příčinou tzv. průtrže mračen – déšť s velmi vysokou intenzitou

Dělení srážek podle doby trvání:

krátkodobé	krátká doba trvání a vysoká intenzita; přicházejí většinou po denním teplotním maximu; způsobují povodně na tocích s malým povodím
dlouhodobé	dlouhá doba trvání, nízká intenzita; zasahují rozsáhlá území – způsobují povodně na tocích s velkým povodím

Dělení srážek podle úhrnu a příslušné doby trvání:

normální	nižší intenzita a delší doba trvání; voda je vsakována do půdy, na povodí nejsou vyvolávány škodlivé následky
extrémní	přivalové: s velkou intenzitou a krátkou dobou trvání – rychlý odtok z povodí, vyvolávají erozní jevy a povodňové situace na malých povodích
	s malou intenzitou a dlouhou dobou trvání – nízké odtoky z povodí, dokud se voda zadržuje při intercepci a infiltraci do půdy, po naplnění podpovrchových horizontů vznik povodňových stavů

3.3.1 Základní charakteristiky kapalných srážek:

Objem srážek S [m³] – celkový objem srážkové vody spadlý za uvažované období na danou plochu.

Úhrn srážek H_s [mm] – výška vrstvy vody ze spadlých srážek za uvažované období na daném místě (1 mm = 1 l.m⁻² = 1000 m³.km⁻²)

$$H_s = \frac{S}{10^3 \cdot F} \text{ [mm]}$$

kde F - plocha povodí [km²]

S – objem srážek [m³]

Doba trvání srážek t_d [min, hod] – doba od začátku do ukončení srážky

Intenzita deště i [m.s⁻¹, mm.min⁻¹] – úhrn deště za zvolenou časovou jednotku

všeobecný vzorec pro intenzitu deště:

$$i = \frac{H_s}{t_d} \text{ [m.s}^{-1}\text{, mm.min}^{-1}\text{]}$$

Časové rozdělení srážek – informace o výskytu a hodnotách charakteristik srážek v určitých časových obdobích na daném místě

Četnost výskytu: počet srážkových úhrnů za určité období, graficky znázorněno *čarou rozdělení četností*.

Čára překročení: čára kumulativních četností, sčítáno od četnosti největší hodnoty hydrologické charakteristiky (srážky), grafické zobrazení četnosti výskytu zvolené a vyšší hodnoty sledované charakteristiky srážek za zpracovávané období.

Čára nedostoupení: grafické znázornění četnosti výskytu zvolené a nižší hodnoty určité charakteristiky srážek za zpracovávané období.

Průměrná roční četnost (periodicita): poměr počtu dosažení a překročení dané hodnoty charakteristik srážky k počtu let pozorování. Je možné ji vyjádřit statisticky odvozenými charakteristikami:

Pravděpodobnost výskytu: reálné číslo v rozsahu $\langle 0; 1 \rangle$, graficky znázorněna křivkou překročení. Znázorňuje pravděpodobnost dosažení či překročení zvolené charakteristiky srážek za zvolené období, delší než počet let pozorování. V případě, že délka zvoleného období je kratší než počet let pozorování, uvádí se jen četnost výskytu. V tomto případě je pak grafickým zobrazením čára překročení.

Doba opakování: Udává se převrácenou hodnotou periodicity (průměrné roční četnosti). Jedná se o pravděpodobný počet v let, během nichž byla sledovaná hydrologická charakteristika jedenkrát dosažena nebo překročena.

Plošné rozdělení srážek – výskyt a hodnoty charakteristik srážek na daném území za určité časové období. Závisí na nadmořské výšce, vzdálenosti od moře, umístění oblasti vzhledem k horským masivům a převládajícím směru vzdušných proudů (Hrádek, Kuřík, 2008).

Tab. 1: Vliv nadmořské výšky na dlouhodobý průměrný srážkový úhrn dle Gregora

Nadmořská výška [m n. m.]	100	200	300	400	600	800	1000	1200
Dlouhodobý průměrný roční $H_{s,r}$ [mm]	600	660	710	760	870	1000	1120	1240

Zdroj: Hrádek F., Kuřík P., 2008 (upraveno)

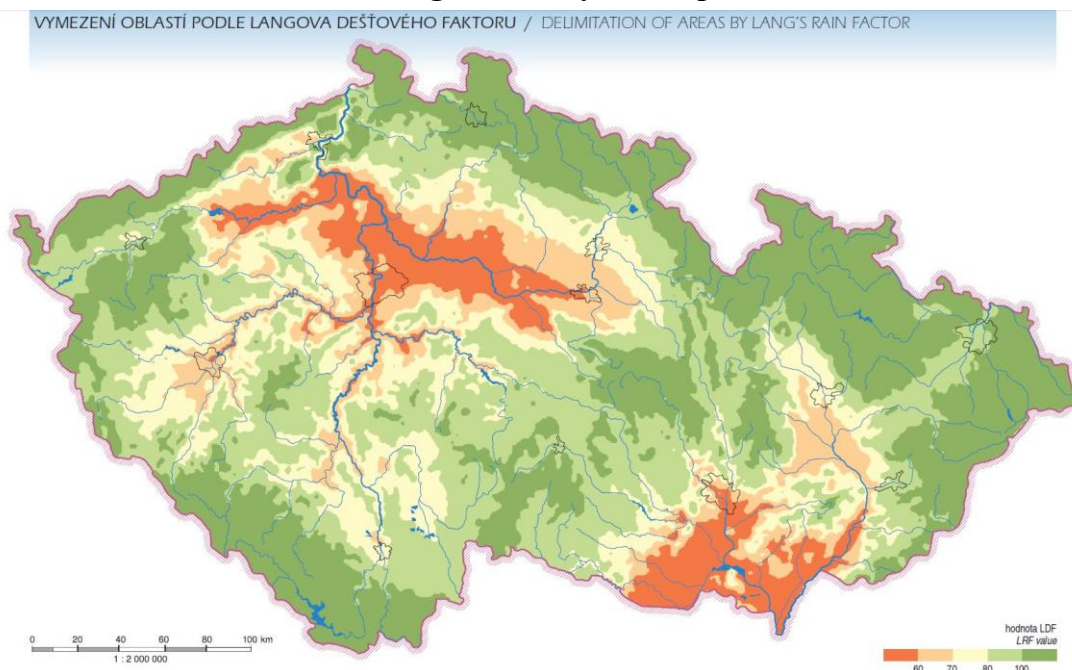
Langův dešťový faktor f : je vyjádřen poměrem průměrného ročního srážkového úhrnu $H_{s,r}$ [mm] a průměrné roční teploty T [°C]. Vymezuje se jím klimatické oblasti v ČR (Tolasz et al., 2007).

$$f = \frac{H_{s,r}}{T}$$

Tab. 2: Klimatické oblasti

Oblast	f	poznámka
I.	60	nejsušší oblast
II.	61 - 70	
III.	71 - 80	
IV.	81 - 100	
V.	nad 100	nejvlhčí oblast

Obr. 2: Langův dešťový faktor pro oblasti ČR



Zdroj: Tolasz et al., 2007

3.3.2 *Přivalové deště*

Přivalové deště nebo též lijáky (v anglickém jazyce výstižně nazývány heavy rains) jsou charakteristické krátkou dobou trvání s vysokou a kolísavou intenzitou, přičemž obvykle dochází k zasažení malého území (Hornberger et al., 2014).

Pozorováním délky a intenzity přivalových dešťů byly prokázány zejména následující závislosti: největší intenzita bývá zaznamenána na počátku deště, a čím větší je, tím menší jsou zasažené plochy. Rozložení intenzity na ploše není rovnoměrné. Největší intenzita je v jádru deště a směrem k okrajům se snižuje. Jak uvádí Chmelová a Frajer (2013), nejvýznamnějším zjištěním je klesání intenzity přivalových dešťů s délkou jejich trvání. Kvůli vysoké intenzitě těchto dešťů dochází k rychlému odtoku z povodí, který často vede k povodním na menších tocích, erozi půdy a k ohrožení vodohospodářských objektů.

V rámci hydrometeorologické praxe nejsou přivalové deště přesně definovány. Hellman uvádí, že se jedná o dešť charakterizovaný dobou trvání 1 – 180 min. se srážkovým úhrnem 10 – 80 mm. Dle Berga tak lze klasifikovat dešť, jehož celkový úhrn nebo odpovídající průměrná intenzita pro dané trvání je vyšší, než je uvedeno v tab. 3.

Tab. 3: Charakteristiky přívalových dešťů

Doba trvání [min] - [hod]	5	10	15	30	60	120	240	12hod	24hod
Úhrn srážky [mm]	2,5	3,8	5	8	12	18	27	45	60
Průměrná intenzita [mm.min ⁻¹]	0,50	0,38	0,33	0,26	0,20	0,15	0,11	0,06	0,04

Zdroj: Hrádek F. a Kuřík P., 2008 (upraveno)

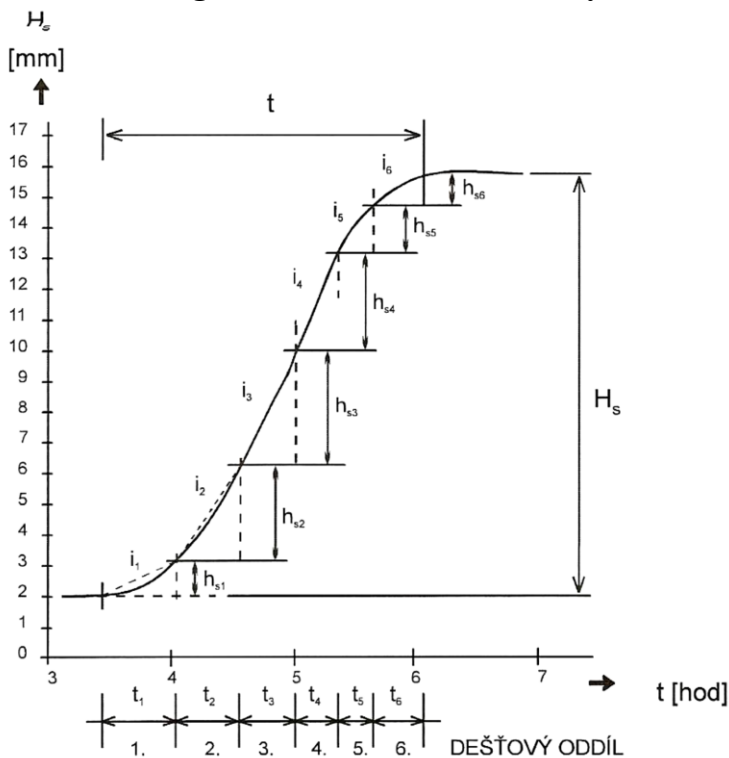
Protierozní ochrana půdy pracuje s definicí faktoru erozní účinnosti přívalového deště (R). Jedná se o jeden z faktorů rovnice USLE (Univerzální rovnice ztráty půdy dle Wischmeier a Smith (1978)), která slouží k výpočtu vodní eroze půdy. Faktor R závisí na kinetické energii, intenzitě a úhrnu erozně nebezpečných dešťů, dále pak na četnosti jejich výskytu. Vzhledem ke hmotě dešťových kapek a ustálené pádové rychlosti (maximum 9 m.s⁻¹) je kinetická energie přívalových srážek značná. Do výpočtu faktoru R jsou zahrnuty přívalové deště s úhrnem vyšším než 12,5 mm, z obou stran ohraničené min. 6-ti hodinovým bezdeštným obdobím a deště, jejichž intenzita je alespoň 6,25 mm za 15 min (24 mm.h⁻¹). V České Republice je pozorováno 80% těchto erozně nebezpečných dešťů v období od června do srpna. Plošně stanovená průměrná hodnota faktoru R pro ČR je 20 MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹ (Janeček et al., 2012). Tato hodnota byla zpřesněna regionalizací faktoru erozní účinnosti deště pracovníky VÚMOP, přičemž jednotlivé hodnoty R jsou děleny dle bloků půdy v LPIS.

3.3.3 Náhradní intenzity přívalových dešťů

Intenzita přívalového deště je v čase značně proměnlivá. Použití hodnoty intenzity deště v empirických vzorcích při hydrologických výpočtech je problematické. V těchto případech je třeba používat konstantní hodnotu během příslušné doby trvání. Z tohoto důvodu jsou odvozovány pro různé periodicity tzv. náhradní deště, které jsou konstantní pro celou dobu deště. Skutečný dešť je tedy substituován náhradním deštěm o určité době trvání a náhradní intenzitě, který vyvolá maximální kulminační průtok s příslušnou četností výskytu.

Náhradní intenzity dešťů jsou zpracovány na základě časového průběhu skutečných přívalových dešťů, které jsou zaznamenávány v jednotlivých stanicích. Odvození náhradních intenzit přívalových dešťů je docíleno rozdělením skutečného deště na dešťové oddíly, v nichž je intenzita deště přibližně konstantní (Hrádek, Kuřík, 2008). Obr. č. 3 znázorňuje rozdělení časového průběhu deště do jednotlivých dešťových oddílů. Pokud jsou ve stanicích k dispozici dlouhé řady pozorování, mohou být odvozeny intenzity náhradních dešťů pro různé periodicity a doby trvání.

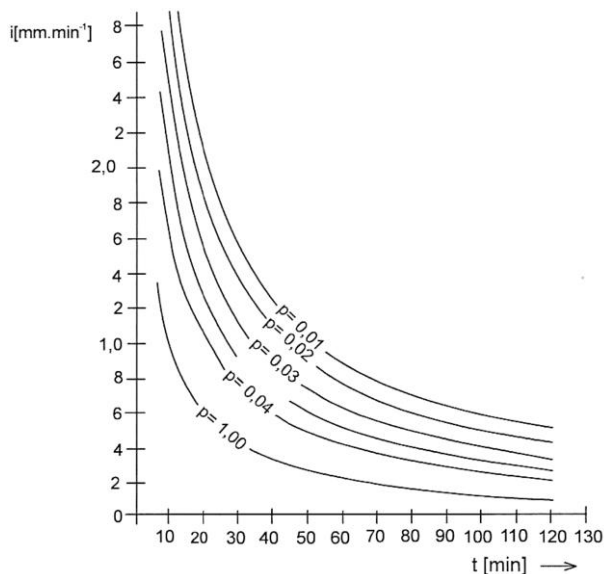
Obr. 3: Ombrogram se znázorněním dešťových oddílů



Zdroj: Hrádek F., Kuřík P., 2008

Čáry náhradních intenzit přívalových dešťů o stejné periodicitě jsou odvozeny z čar náhradních intenzit přívalových dešťů statisticky zpracovaných pro řadu dešťů měřených po dlouhé časové období v určité srážkoměrné stanici (Obr. 4). Např. křivky do periodicity $p = 0,1$, vyjadřující výskyt srážky 1 x za 10 let, lze odvodit při době pozorování 10 let (analogicky dochází k odvození periodicity $p = 0,2$ atd.). V případě, že nejsou k dispozici dlouhodobá pozorování, lze použít pro odvozování křivek vyšší periodicity, než umožňuje doba pozorování, teoretických křivek překročení. Čáry náhradních intenzit přívalových dešťů jsou vyjadřovány empiricky odvozenými analytickými vztahy. Od prvotního vyjadřování lineární závislosti mezi maximální nebo průměrnou intenzitou přívalových dešťů bez bližšího udání periodicity výskytu bylo následně přistoupeno k sledování závislosti mezi dobou trvání, konstantní intenzitou náhradních dešťů a také jejich periodicitou (Hrádek, Kuřík, 2008).

Obr. 4: Čáry náhradních intenzit přívalových dešťů



Zdroj: Hrádek F., Kuřík P., 2008

3.3.4 Truplova metoda stanovení náhradních intenzit přívalových dešťů

Odvozováním charakteristik přívalových dešťů se zabývala jak u nás, tak ve světě celá řada odborníků. V České republice jsou nejčastěji používány podklady zpracované Truplem (1958), který využil ombrografických záznamů ze stanic v povodí Labe, Odry a Moravy. V praxi je velmi často využíván i Němcův analytický vztah, který je odvozen na základě Truplových materiálů.

Základem Truplovy metody je zpracování rozsáhlého ombrografického materiálu (časové průběhy skutečných dešťů v 98 srážkoměrných stanicích) za pozorované období (25 – 40 let) dle Reinholdovy metodiky. V tabelární, grafické a analytické formě jsou zde u náhradních dešťů odvozeny vztahy mezi intenzitou i , dobou trvání t ($t = 1 - 120$ min) a periodicitou p ($p = 0,04 - 0,025$). Výhodou Truplových materiálů je analytické vyjádření tabelovaných hodnot intenzit.

Je využito vztahu:

$$i = \frac{C}{(t + a)^\alpha} \text{ [l.s}^{-1}\text{.ha}^{-1}\text{]}$$

kde

i [$\text{l.s}^{-1}\text{.ha}^{-1}$] – náhradní intenzita přívalového deště příslušné periodicity p (i_p), resp. pravděpodobnosti opakování N (i_N)

t – [min] doba trvání deště

C – regionální parametr pro příslušnou stanicí a periodicitu deště

a – parametr křivosti intenzitních čar při jejich vykreslení v logaritmickém měřítku, u déletrvajících dešťů lze uvažovat $a = 0$

α – parametr strmosti intenzitních čar, je proměnlivý s místem a závislý na periodicitě deště

Na Truplovu práci navázala řada pokračovatelů (Kulasová et al., 1983; Kašpárek a Krejčová, 1993; Hrádek a Kovář, 1994; Kovář a Štibinger, 2006). Moderním řešením je využití software. Vaššová a Kovář (2011) vytvořili program DES_RAIN_const sloužící k výpočtu výšek přívalových dešťů různých dob trvání s pravděpodobností opakování jednou za N let a náhradních intenzit těchto dešťů metodou redukce jednodenních maximálních srážkových úhrnů. Inovací této verze je program DES_RAIN_variab (Kovář, Heřmanovská, Sůva, 2014), který byl zpracován s proměnlivou intenzitou návrhového deště.

3.4 Funkce vody v krajině

Obecně lze funkce vody v krajině rozdělit na biologické a environmentální, klimatické (energetické a transportní), kulturní, krajnotvorné a estetické, zdravotní a rekreační, politické a hospodářské (Kulhavý, 2005).

Z hlediska geografické pozice je Česká republika zcela závislá na srážkách (MZe, 2013). Pro účelné hospodaření s nimi je nezbytné, aby došlo k maximální infiltraci srážek do podzemních vod a tím byla navýšena transformace povrchového odtoku směrem k podzemním a spodním vodám. Zároveň by měla být za pomoci přirozené retenční schopnosti zemědělsky i lesnicky obhospodařovaných půd využita i akumulární schopnost půdního profilu. Důraz by měl být kladen na strukturu pěstovaných plodin, která by měla odpovídat místním podmínkám vodního režimu půd. Zároveň by měla být provedena veškerá nezbytná biotechnická, hydromeliorační a agromeliorační opatření, díky nimž lze docílit efektivní regulace zásoby vody v půdním profilu, snížení následků vodní eroze a zpomalení odtoku vody z povodí za pomoci revitalizace drobných vodních toků a výstavby malých vodních nádrží (Hrádek, 1998).

4 VODNÍ REŽIM

Vodní režim je obecně popisován jako komplexní průběh oběhu vody v krajině na vymezeném místě v zájmové lokalitě, který závisí na přírodních a hospodářských poměrech (Grover, 2006). V hydrologii a meteorologii je tento termín interpretován jako souhrnné vláhové poměry, které se vytvářejí v uvažovaném prostředí vlivem podnebních, hydrologických, půdních a porostních podmínek. Kvantitativním vyjádřením vodního režimu je vodní bilance.

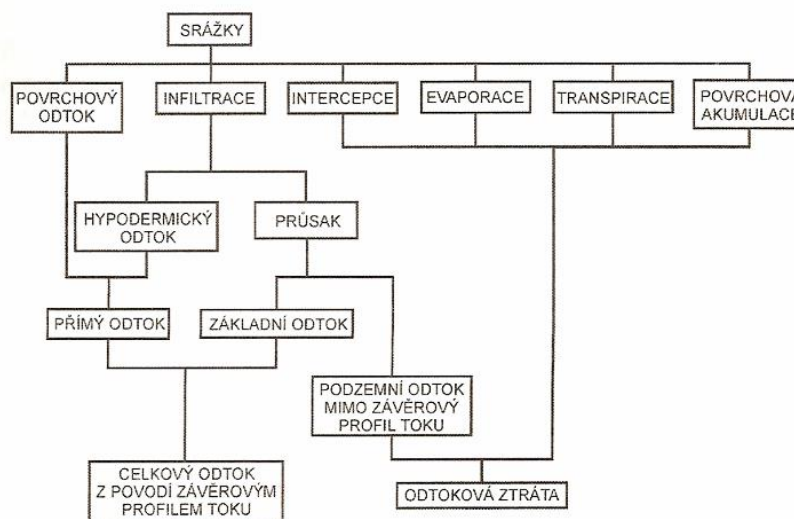
Jedná se o časoprostorové rozdělení průtoků, přičemž je sledována velikost, čas výskytu, sled vodností v jednotlivých měsících, ročních obdobích apod. Zásadními faktory, které ovlivňují režim průtoků, jsou srážky a výpar, dále pak zdroje vody pro dané povodí a v neposlední řadě fyzikálně-geografické faktory (reliéf, geologické charakteristiky, pedologické poměry, vegetace, výskyt vodních nádrží atd.). Z pohledu krajinného plánování je vodní režim významným hydrologickým prvkem (Sklenička, 2003).

Posouzení vodního režimu se provádí v rámci určitého územního celku, přičemž základní plošnou hydrologickou jednotkou je povodí. V rámci vodního režimu krajiny může dojít k dvěma extrémním kalamitním situacím, těmi jsou povodně a sucha. Předmětem veřejného zájmu vodního hospodářství jsou opatření, která vedou ke zmírnění dopadů těchto hydrologických extrémů. K velmi účinným regulacím vodního režimu krajiny dochází pomocí vodohospodářských a biotechnických úprav (Slavík, Neruda, 2004).

4.1 Odtokový proces v krajině

Po vypadnutí srážky, je její menší část zadržena vegetací (intercepce). Část srážky, která je dočasně zdržena nebo se pohybuje po povrchu reliéfu či v říční síti, je nazývána detencí. Zároveň začíná pronikání srážky do půdy a hornin (infiltrace). Vsáklá voda, která nedosáhne hladiny podzemní vody a dostává se gravitační silou do koryta toku, je nazývána hypodermickým odtokem. Tento odtok se dělí na hypodermický odtok nasycený a nenasycený (ČSN 75 0110). Zbývající část infiltrované srážky dosahuje hladiny podzemní vody. Výtok podzemních vod do koryt vodních toků je nazýván jako základní odtok. V bezesrážkovém období představuje základní odtok (výtok podzemních vod) celý odtok v povrchovém toku. V případě, že je intenzita deště větší než intenzita vsaku, nastává povrchový odtok. Složka celkového odtoku skládající se z povrchového a hypodermického odtoku je odtokem přímým. Po celou dobu probíhá evapotranspirace - vypařování z povrchu území spolu s transpirací, přechodem vody do ovzduší v důsledku fyziologických procesů vegetace.

Obr. 5: Schéma srážko-odtokový proces



Zdroj: Kulhavý Z., Kovář P., 2000

4.1.1 Povrchový odtok

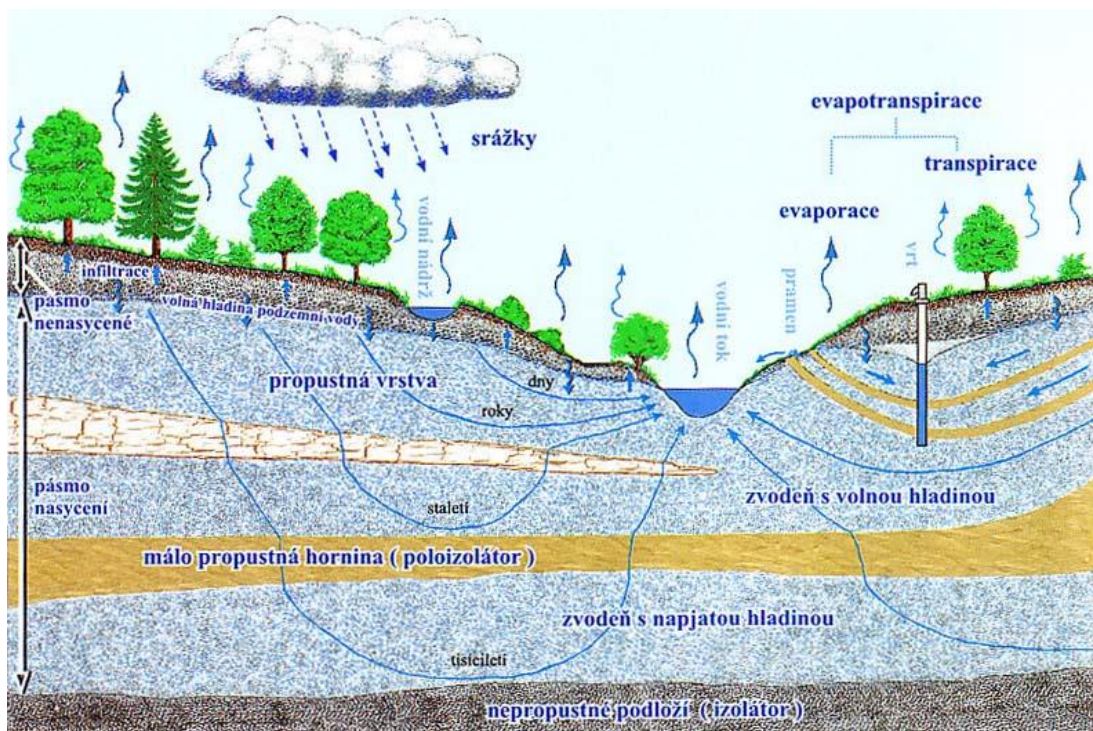
Samotnému povrchovému odtoku předchází fáze nasycování půdy, při níž je dešťová voda zadržena odtokovou plochou. K povrchovému odtoku dochází ve chvíli, kdy intenzita

deště přesáhne infiltrační schopnosti půdy a vyčerpá se akumulace půdního povrchu. Nejdříve se projevuje jako plošný odtok (ron). Vlivem nerovností povrchu se stává postupně odtokem soustředěným a následně se přeměňuje v odtok vody hydrografickou sítí. Pro navrhování opatření upravující vodní režim jsou základními faktory velikost a průběh povrchového odtoku. Vzhledem k faktu, že vznik povrchového odtoku je ovlivněn řadou proměnných přírodních i antropogenních činitelů, je poměrně komplikované jej stanovit (Holý, 1984).

4.1.2 Hypodermický odtok

Hypodermický odtok je dle ČSN 75 0110 (Vodní hospodářství - Terminologie hydrologie a hydrogeologie) složka celkového odtoku, která stéká do koryta toku v bezprostřední vrstvě pod povrchem povodí, aniž by dosáhla hladiny podzemní vody. Pohyb této vody se uskutečňuje v půdních makropórech a půdním matrixem (mikropóry). Rozlišuje se hypodermický odtok nasycený a nenasycený.

Obr. 6: Schéma odtokového procesu v krajině



Zdroj: Němec, Hladný, 2006

4.2 Vodní režim pedosféry

Vodní režim půdy lze charakterizovat jako kolísání obsahu podpovrchové vody a její pohyb v půdním profilu. Jedná se o soubor všech změn obsahu, energetického stavu a pohybu vody v půdním prostředí za sledované bilanční časové období. Dle časového průběhu provlhčení půdy a průniku vody lze rozlišovat promyvný, periodicky promyvný a nepromyvný vodní

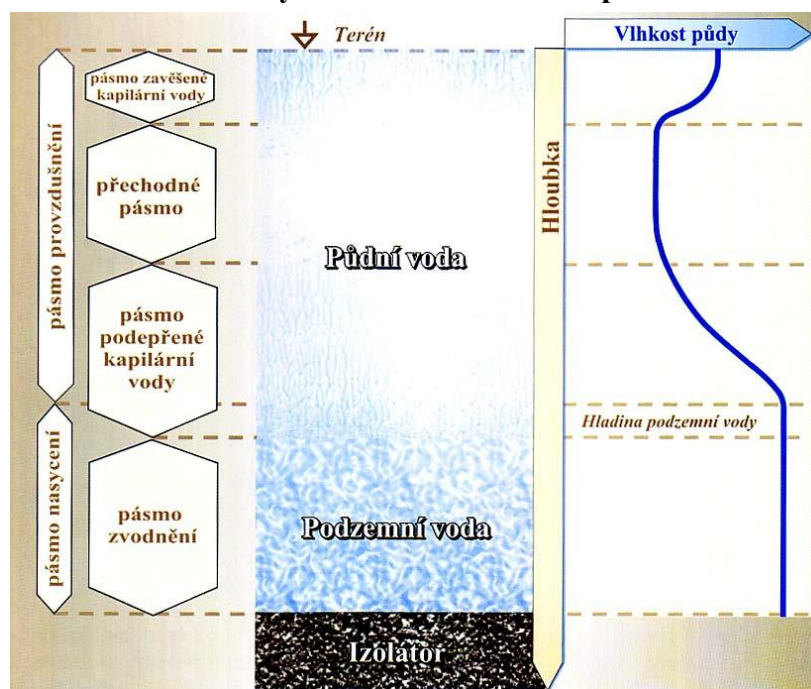
půdní režim. Během promyvného vodního režimu půdy nastává zvlhčení celého půdního profilu několikrát během roku. Infiltrace je tedy větší než evapotranspirace. Naopak je tomu u nepromyvného režimu, u něhož nedochází k pronikání vody celým půdním profilem, přičemž každoroční koloběh vody se uskutečňuje jen v jeho části. Vodní režim půdy je jedním ze základních faktorů ovlivňujících biochemismus procesů růstu a vývoje vegetace. Jedná se tedy o nedílnou složku vodního režimu v krajině.

4.2.1 Půdní voda

Voda se spolu se vzduchem (pásma aerace – tzv. provzdušnění) vyskytuje v půdním profilu ve všech svých skupenstvích. Ze zemského povrchu proniká infiltrací do hlubších vrstev. Vsakující voda proniká níže profilem gravitačně trhlinami, prasklinami, volnými místy po odumřelých kořenech rostlin či chodbičkami živočichů (půdní zooedafon). Část této vody odtéká i ve směru odvodnění tzv. hypodermickým odtokem. Zbylá část proniká hlouběji a přispívá tak k dotaci zásob podzemních vod.

Voda se v půdním profilu může držet adsorpcí jako tenká vrstvička na povrchu půdních zrn. Póry o velikosti menší než 1 mm a pukliny s velikostí do 0,25 mm vyplňuje voda vázaná kapilárními silami. Tato kapilární voda se vyskytuje souvisle zejména v jemnozrnných sypkých půdách a horninách v návaznosti na níže položenou hladinu podzemní vody. Tzv. pásmo kapilárního zdvihu má vliv nejen na chemismus půd, ale i na zásobení kořenových systémů rostlin vodou.

Obr. 7: Pásma vody a vertikální rozložení půdní vlhkosti



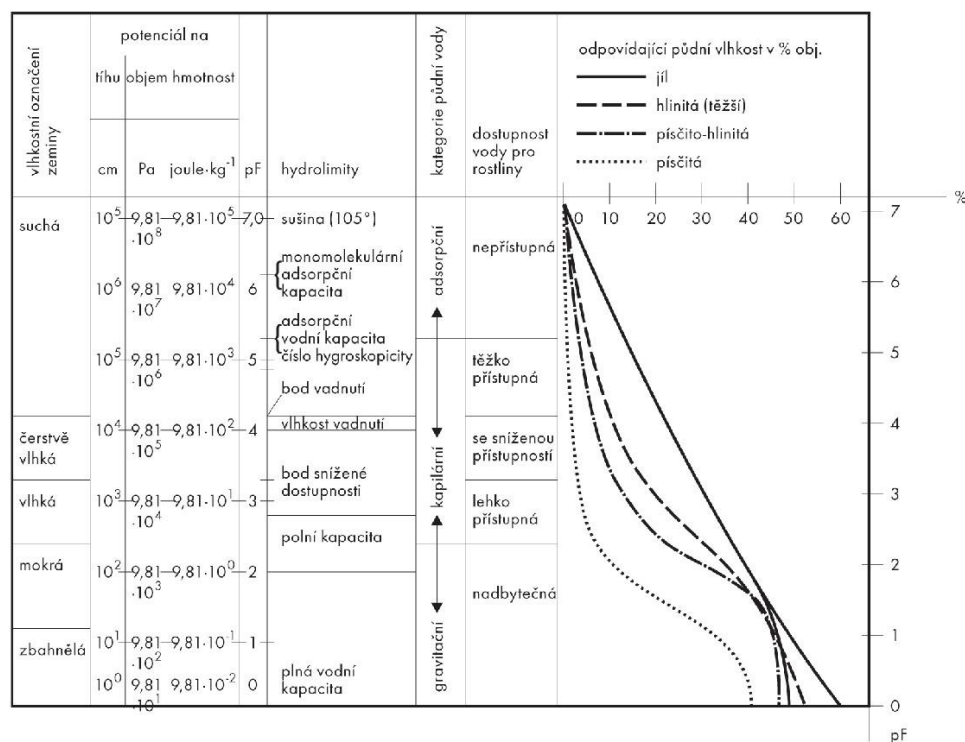
Zdroj: Němec, Hladný, 2006

Zásadním parametrem ovlivňujícím růst rostlin je obsah vody v půdě – aktuální zásoba. Ta závisí především na srážkách a výšce hladiny podzemní vody. Schopnost půdy zadržovat vodu se odvíjí především od její struktury a textury. K popisu stavu, pohyblivosti a dostupnosti půdní vody pro rostliny se používají **půdní hydrolimity** - charakteristické hodnoty půdní vlhkosti (Hauptman et al., 2009).

- **Adsorpční vodní kapacita** – maximální množství vody poutané adsorpčními silami v půdě. Obsah vody na rozmezí kategorie adsorpční a kapilární vody. Odpovídající pF = 4,8 – 5,2.
- **Číslo hygroskopicity** – maximální množství hygroskopické vody v půdě. Rovnovážná vlhkost, kterou půda udrží v prostředí nasyceném vodní parou. Odpovídající pF = 4.87.
- **Lentokapilární bod** – maximální obsah těžko pohyblivé vody. Rozmezí mezi lehce pohyblivou kapilární a těžce pohyblivou obalovou vodou.
- **Polní vodní kapacita** – obsah vody v půdě po ztrátě gravitační vody. Jedná se o maximální množství vody zavěšené v profilu. Charakterizuje hodnotu vlhkosti půdy, při které jsou všechny půdní póry zaplněny vodou. Odpovídající hodnota pF = 2,0 – 2,7.
- **Bod vadnutí** – obsah vody v půdě, při kterém již rostliny nejsou schopny překonat síly poutající molekuly vody a jsou tak trvale nedostatečně zásobeny. Intenzita adsorpce je výrazně nižší než intenzita transpirace. Odpovídá smluvně hodnotě $1,5 \cdot 10^6$ Pa sacího tlaku, pF = 4,2.
- **Maximální kapilární vodní kapacita** – udává hodnotu maximálního nasycení kapilárních půdních pórů vodou = maximální množství vody zadržitelné v kapilárních pórech. Je vyjadřována v % hmotnosti suchého vzorku.
- **Retenční vodní kapacita** – charakterizuje maximální množství zavěšené vody, které je půda po nadměrném zavlažení schopna pojmout a zadržet v rovnovážném stavu.

Množství akumulované vody v půdním profilu značně kolísá dle bilance srážek a evapotranspirace. Němec et al., 2006 uvádí, že ve 100 cm mocné vrstvě kategorie těžkých půd, které se v ČR převážně vyskytují, je při 30 % zaplnění půdního profilu vodou na ploše 1 km² cca 300 000 m³ půdní vláhy, tedy hodnota odpovídající 300 mm srážkového úhrnu. Pro představu uvádí, že se jedná o množství vody, které by 100 lidem při denní spotřebě 200 litrů vystačilo 40 let.

Obr. 8: Základní půdní charakteristiky a jejich vztahy



Zdroj: Kutílek M., 1966

4.2.2 Statika a dynamika půdní vody

Vzhledem k faktu, že půdní profil je porézním prostředím, je zde možný pohyb vody a její vazby. Výsledkem působení všech sil, které v půdě na vodu působí je buď rovnovážný stav (zabývá se jím půdní hydrostatika), kdy se voda momentálně nepohybuje nebo situace, kdy působící síly vyvolávají nerovnovážný stav k silám, kterými je voda poutána k půdním částicím a tím je vyvolán její pohyb (Slavík, Neruda, 2004).

4.2.3 Infiltrace vody do půdy

Infiltrace je průtok vody do půdy přes topografický povrch. Vsakování neboli infiltrace značně ovlivňuje vodní režim půdy tedy i vodní bilanci, intenzitu odtoku a zásoby podzemní vody. Vopravil et al. (2011) uvádí, že proces infiltrace ovlivňují především vlhkost půdy, její fyzikální vlastnosti a stav, chemické látky do půdy přidané, vegetační kryt, a také doba trvání srážek a jejich intenzita.

Průběh infiltrace závisí na počáteční vlhkosti půdy, obsahu vzduchu uzavřeného vsakující vodou do půdy, stabilitě agregátů, množství pseudoagregátů, objemu volných pórů a na nekapilární pórovitosti půdy. Při infiltraci vody do půdy dochází k pohybu vody nejen v hrubých nekapilárních pórech, ale postupně se pohybuje i kapilární voda zejména v semikapilárních pórech, která byla obsažena v půdě před počátkem vsakování (Kutílek, 1966).

Infiltrace se dělí na stacionární a nestacionární. Základním předpokladem stacionární infiltrace je konstantní infiltrační rychlost a stálá úroveň hladiny podzemní vody. Teoretické řešení ustálené infiltrace vychází z Darcyho zákona.

Změní-li se v čase $t = 0$ horní okrajová podmínka, nastává nestacionární proudění (Kutílek et al., 2004). Infiltraci popisuje Richardsova rovnice, která je založena na nelineární formě Darcyho zákona pro proudění v nenasyčené zóně půdního profilu (Darcy – Buckinghamův zákon) v kombinaci s rovnicí kontinuity.

Vzhledem k faktu, že je analytické řešení náročné, rovnice se aproximují zjednodušováním předpokladů a okrajových podmínek. Řešení poté probíhá numerickými metodami. Nejužívanějšími metodami řešení neustálené infiltrace jsou metody Philipa, Green-Ampt, Hortona a metoda CN křivek (Smith et al., 2002).

4.3 Výpar

Výpar neboli evaporace je proces, při kterém přechází voda z kapalného či pevného skupenství do plynného. V meteorologii výpar představuje objem vody E (m^3) nebo výšku sloupce vody H_E (mm), která se z určité plochy vypaří za určitou dobu. Intenzita výparu je poté vyjádřena jako výpar za jednotku času. Výpar se spolu se srážkami a odtokem podílí na hydrologické bilanci v krajině, přičemž výpar a odtok tvoří dohromady hlavní ztrátovou složku (Abtew, Mellesse, 2013).

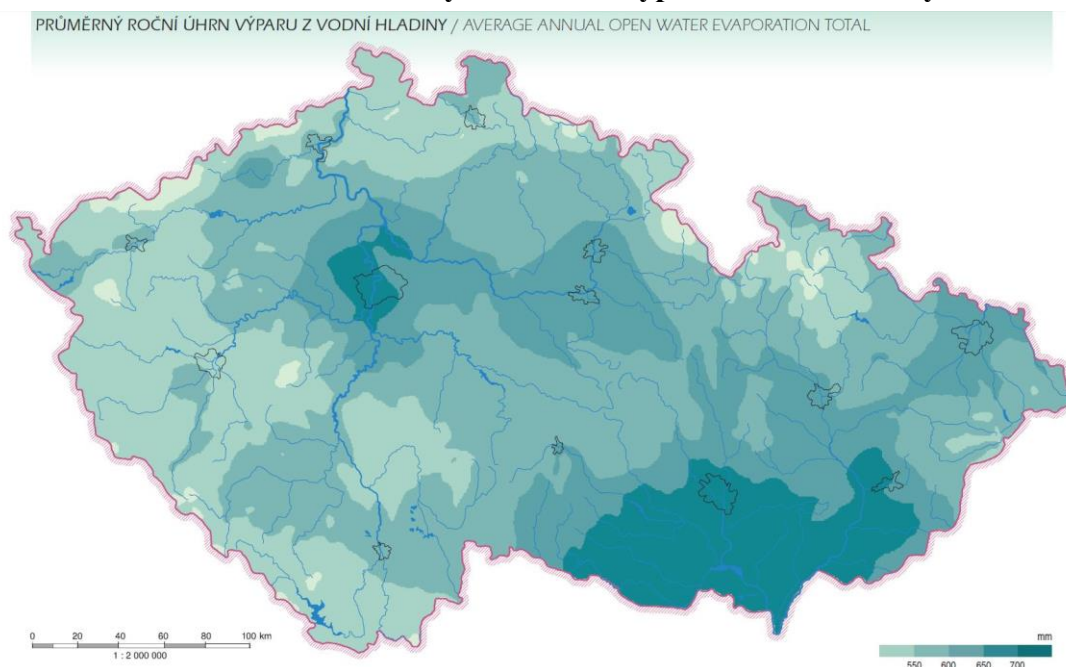
Činiteli ovlivňujícími výpar jsou teplota, vlhkost a tlak vzduchu, proudění vzduchu, tvar povrchu. Dále pak druh půdy, její fyzikální a chemické vlastnosti, vegetační pokrývka a také kvalita a vlastnosti vypařující se vody (Novák, 2012).

Maximální možný výpar při daných klimatických podmínkách se nazývá potenciální výpar E_p . Je vyjádřením schopnosti přijímání vodní páry, která se vypařuje z povrchu, atmosférickým prostředím. Není brán zřetel na dostatek či nedostatek vody na vypařujícím se povrchu, je uvažováno optimální množství vody k vypařování. Při odhadu potenciálního výparu se počítá s následujícími činiteli: sluneční radiace, teplota povrchu a vzduchu, vlhkost vzduchu a jeho proudění.

Reálný výpar E je závislý nejen na klimatických činitelích, ale i na dostupnosti vody na vypařovaném povrchu, a je tedy výparem skutečným. Pro případ výparu z volné hladiny či zamokřené půdy jsou si hodnoty reálného a potenciálního výparu rovny (Tolazs et al., 2007). Největší rozdíly mezi skutečným a potenciálním výparem jsou pozorovány v období od dubna do září (vegetační období rostlin). V zimním období jsou hodnoty téměř srovnatelné. Dlouhodobý průměrný výpar z povrchu povodí je označován výparem klimatickým E_K . V daných podmínkách povodí je zjišťován za časové období 1 roku a jsou do něj zahrnuty všechny složky výparu, tedy výpar z vodní hladiny, sněhu a ledu, půdy, povrchu rostlin a také transpirace.

Výpar se rozlišuje dle charakteru ploch, ze kterých k vypařování dochází. Za základní druh výparu je považován výpar z volné hladiny. Lze jej popsat jako výšku vodního sloupce vody vypařené z vodní hladiny za určitý čas. Je ovlivněn klimatickými činiteli, plochou a tvarem hladiny, ze které dochází k výparu a také vlastnostmi vypařované vody. Známou metodou k odhadu výparu z volné hladiny založené na energetické bilanci je metoda Penmana, pro jejíž použití je sestaven nomogram. Z modifikované Penmanovy metody vychází celosvětově uznávaná standardní metodika FAO. Denní hodnoty výparu z vodní hladiny dosahují v nížinných oblastech ČR při příznivých podmínkách hodnot až 9 mm. Tolasz et al., (2007) uvádí, že při zvláště příznivých podmínkách, které se v ČR vyskytují většinou v červenci nebo srpnu, mohou být měsíční úhrny výparu z volné hladiny vyšší než 120 - 130 mm.

Obr. 9: Průměrný roční úhrn výparu z vodní hladiny



Zdroj: Tolasz et al., 2007

Výpar z holé půdy je dalším druhem výparu, který je ovlivněn půdními charakteristikami (stav povrchu půdy, vlhkostní stav půdního profilu, síly poutající vodu – adsorpční, osmotické a kapilární) a klimatickými činiteli. Výpar z holé půdy je nepřímo úměrný hodnotě celkového potenciálu půdní vody.

Dalšími druhy výparu jsou výpar z půdy porostlé vegetací (evapotranspirace), výpar ze zarostlé vodní hladiny a transpirace rostlin. Pro podmínky střední Evropy je uvedeno, že se vypařuje cca 60 % srážek, a to 14 % z holé půdy, 45% transpirací rostlin a pouhé 1 % z vodních ploch nádrží (Chmelová, Frajer, 2013).

Je možné rozlišit základní dva druhy výparu. Prvním druhem je fyzikální výpar neboli **evaporace** a druhým způsobem je **transpirace**, což je výpar fyziologický, který probíhá na povrchu rostlin, zejména jejich listové části, v průběhu dýchání a fotosyntézy. Fyzikální a fyziologický výpar dohromady tvoří evapotranspiraci.

4.3.1 Evapotranspirace

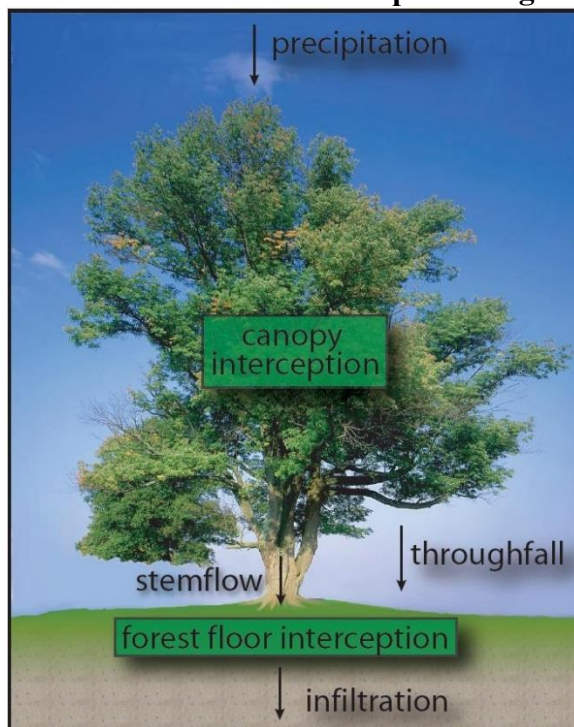
Jedná se o celkový výpar vztažený k určitému území za konkrétní období, jehož jednotlivými složkami je fyzikální výpar z půdy a transpirace rostlin (Abtew a Melesse, 2013). Rostlinná transpirace zahrnuje fyziologické procesy, které v rostlinné hmotě ovlivňují transport vody mezi kořenovými buňkami a buňkami celé rostliny a dále fyzikálně chemické procesy, které probíhají mimo rostlinu. Pod těmito procesy si lze představit přítok vody půdním prostředím ke kořenům a difúzi vodních par srze podprůduchové dutinky do okolní atmosféry. Do evapotranspirace se taktéž započítává výpar z intercepčně zadržené vody na povrchu rostlin. Celková hodnota je závislá na půdních charakteristikách a druhu, vegetačním stádiu a rozloze rostlinného krytu.

Aktuální evapotranspirace je v souboru prací (viz STUDIE IV) analyzována Fourierovým rozvojem, kdy horké letní dny redukují svými evapotranspirativními podmínkami průtoky (Kovář et al., 2016). Výsledkem je úbytek průtoků ve formě Fourierovy harmonické řady, což je možno považovat za ztrátový podíl ve prospěch sucha.

4.3.2 Intercepce

Vyjadřuje zadržení srážek na povrchu předmětů a vegetace. Tyto srážky se bezprostředně neúčastní odtoku. Jedná se o jednu z významných složek vodní bilance lesních porostů. Intercepce zde lze interpretovat jako rozdíl spadu srážek na volné ploše a pod porostem. Na výslednou hodnotu intercepce v lesním porostu má vliv zejména charakter vegetace. Zásadními faktory jsou vzrůst, věk, hustota (zakmenění a zápoj), struktura porostu a také jeho druh (odlišný habitus či tvar, velikost a povrch listů). Ulbrichová (2005) uvádí hodnoty intercepce zjištěné pro jednotlivé druhy v závislosti na podmínkách pokusných ploch. Naměřené hodnoty jsou následovné: buk 8 – 29 %, dub 10 – 24 %, smrk 19 – 46 %, borovice 23 – 34 %, a jedle 24 – 46 %. V průměru pak hodnoty intercepce v lesním porostu dosahují 30 %, luční společenstva vykazují hodnotu kolem 25 % a polní vegetační pokryv zadrží cca 15 %.

Obr. 10: Schéma intercepce na vegetaci



Zdroj: URL 2

4.4 Retence a akumulace vody

Retencí vody je dle hydrologického názvosloví (ČSN 73 6530) dočasné, přirozené nebo umělé zadržení objemu vody a to buď na zemském povrchu (v terénních depresích), v půdě, v korytě vodního toku, vodní nádrži apod. Obecně lze retenci definovat jako rozdíl mezi odtokem a přítokem v uvažovaném prostoru během konkrétní časové jednotky.

Ta část srážek, která se během srážkové události nebo bezprostředně po ní neinfiltuje ani neodteče povrchovým odtokem, je retencí povrchovou. Do povrchové retence je započítán i výpar po dobu srážkového období, intercepce a akumulace v povrchových depresích (Dušička, Szolgay, 2006).

Akumulací se rozumí přirozené či umělé hromadění vody v krajině, v jezerech, mokřadech nebo umělých vodních útvarech. V rámci České republiky se vyskytuje několik velkých oblastí přirozené akumulace podzemních vod. Mají nerovnoměrné rozdělení, přičemž v rámci hydrogeologických rajónů svrchní křídly se nacházejí zdroje o využitelné vydatnosti větší než $17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, v neogénu a kvartéru povodí Moravy a Odry $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a v sedimentech západočeských a jihočeských pánví zdroje o vydatnosti okolo $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Chmelová, Frajer, 2013).

Hojně řešeným tématem se stává retenční schopnost krajiny. Mezi odborníky, kteří se zabývají srážko-odtokovými procesy, vzniká diskuze, zda je či není retence krajiny významným

prvkem ovlivňujícím vodní režim, v extrémních případech povodňové průtoky. Jak uvádí Janský a Kocum (2007) dochází k postupné shodě odborníků, kteří jsou přírodovědně i technicky zaměřeni, že zvyšování retenční schopnosti krajiny je významnou součástí integrované protipovodňové ochrany. Metody pro zjišťování retence povodí při extrémních srážkách nejsou v ČR příliš známy, metodiku výpočtu retence vody v povodích při povodních zpracovali Spitz a Prudký (2001). Názory se významně liší zejména v posuzování toho, jaký objem vody je krajinné prostředí schopno účinně zachytit (David, Vrána, 2005).

Po kvalitativní i kvantitativní stránce představuje půda jeden ze základních vstupních transformačních činitelů vodních zdrojů. Z tohoto důvodu je více než žádoucí využití půdního prostoru při hospodaření s vodou, přičemž by měl být důraz kladen zejména na využití její retenční schopnosti. Syrovátka et al. (2003) uvádí, že v krajině České republiky toho lze docílit zejména omezením povrchových odtoků, omezením neúměrně velkého rozsahu odvodnění systematickou drenáží a uplatněním protierozních opatření. Kulhavý (2005) upozorňuje, že zájem by měl cílit především na oblast retence, akumulace, neškodného odvádění a environmentálního využití vod. Dále pak k optimalizaci vodohospodářské bilance, regulaci a optimalizaci vláho-ového režimu s důrazem na stabilitu agroekosystémů a taktéž k ochraně kvantity a kvality vodních zdrojů. Černohous a Šach (1998) se zaměřují na možnost zvýšení retence a akumulace vody pomocí lesních porostů.

5 HYDROLOGICKÉ EXTRÉMY

Ve spojitosti s extrémními hydrologickými jevy je velmi často zmiňována globální změna klimatu, kolem které probíhají zejména v posledních dvou desetiletích neustálé polemiky a diskuze. Míra vlivu člověka na klimatickou změnu není jednoznačně vymezena. Nicméně vědecké studie se přiklání k názoru, že změnu klimatu způsobuje člověk svou hospodářskou činností (Aguado, Burt, 2015). Jisté již nyní je, že vlivem měnícího se klimatu je zasaženo fungování veškerých krajinných složek a i lidské společnosti (Barros, 2006). O aktuálnosti tohoto tématu svědčí i vznik vědeckého klimatického fóra, do kterého se za ČR zapojili přední vědečtí pracovníci z řad AV ČR, univerzit i výzkumných ústavů. Zpracované scénáře od optimistických až k pesimistickým prognózám pracují sice s velkým rozsahem nejistot, nicméně i výsledky jakýchsi „středních“ (průměrných) modelů přinášejí možnost výskytu změn, které velmi nepříznivě ovlivní dosavadní podmínky hospodářství a života obyvatel všech kontinentů.

Pátá zpráva z Mezivládního panelu pro změnu klimatu (ICPP, 2013) mimo jiné říká, že rozdíl mezi suchými a vlhkými oblastmi se zvýší. Očekává se, že dnes suchá místa budou sušší a naproti tomu v místech dnes bohatých na srážky bude pršet ještě více. Zároveň jsou očekávány častější vlny veder a intenzivnější přívalové srážky. Podle studie Ault et al. (2014) klimatická změna může způsobit nejdlejší sucha za posledních 2000 let, přičemž nejvíc postižena bude oblast Středomoří a Jižní Ameriky.

I v rámci České republiky je v posledních letech pozorováno promítání antropologicky podmíněných úprav krajiny na výrazné kolísání odtokového procesu a povodňové aktivity. Od roku 1997 se, po téměř stoleté přestávce, zvýšil výskyt významných až extrémních povodní. O život dohromady přišlo 135 lidí. MZe (2015) uvádí jako významné povodňové situace na území ČR povodně z r. 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2006, 2009, 2010 a 2013, přičemž celkové škody vyčísluje na 189,6 mld. Kč.

V porovnání s historickými povodněmi mají dnešní povodňové události téže extremity mnohem katastrofálnější následky než v minulosti (Brázdil et al., 2005). Škody, které byly v minulosti způsobeny stoletým průtokem, nyní způsobuje průtok třeba dvacetiletý. Jedná se o následek hustoty osídlení způsobené postupným populačním nárůstem, který vedl k expanzi hospodářských aktivit, výstavbě objektů i přesunu zařízení do inundačního území. Tím se následně zvýšil počet zásahů do vodního režimu toků i okolního prostředí povodí. Všemi těmito postupnými kroky se tak stala společnost zranitelnější vůči dopadům povodňových pohrom (Kender, 2004). Prevence by tedy neměla být jen epizodickou záležitostí, ale trvalou a systematicky rozvíjenou činností.

Protipólem k povodním jsou katastrofická sucha. Stejně tak extrémní sucha za současných podmínek mohou způsobit větší škody a zasáhnout více obyvatel než tomu bylo v minulosti (Němec, Kopp, 2009). Významnější hydrologické sucho bylo na území ČR během posledních 20 let pozorováno v r. 2003, přičemž Česká republika byla na okraji postižené oblasti (Tremel, 2012). Sucho v r. 2003 zasáhlo jednu třetinu území EU a evropské hospodářství vyčíslo škody jím vzniklé na 8,7 mld. EUR. Toto sucho připomnělo, že jde rovněž o závažný jev vyvolávající velmi negativní důsledky. Celosvětově nedostatek vody sužuje téměř třetinu lidské populace a vzhledem k prognózám výskytu sucha, lze očekávat významný nárůst této populační skupiny.

5.1 Sucho jako extrémní kalamitní situace vodního režimu v krajině

Definice sucha není jednoznačně určena. Pojem sucho je často užívaný pojem, který velmi neurčitě popisuje nedostatek vody v půdě, rostlinách či atmosféře (Rožnovský et al., 2012). Sucho lze popsat jako déletrvající období bez srážek nebo se srážkami jen malými (Tallaksen, van Lanen, 2006). Dle doby trvání lze sucho rozdělit na krátkodobé (délka trvání v řádu dnů či měsíců) a dlouhodobé (s trváním rok, více let i trvale).

Evropská komise navrhuje strategii pro řešení problémů dočasného sucha a nedostatku vodních zdrojů ve střednědobém až dlouhodobém horizontu. Tato strategie se týká zejména ceny vody, její distribuce, prevence a rychlé reakce v případě sucha, stejně jako informací o kvalitě a vhodných technologických řešeních otázky nedostatku vodních zdrojů a sucha (Sdělení komise Evropskému parlamentu a radě, 2007).

V podmínkách České republiky je primární příčinou sucha vždy deficit srážek, na základě kterého se definuje sucho klimatické. Protože sucho jako nedostatek vody není jednoznačně hydrologicky definováno, je vyjadřováno pomocí různých klimatologických indexů (Tolasz, 2007). Osvědčeným způsobem rozlišení sucha je rozlišení dle jeho dopadu (Němec, Hladný, 2006).

5.1.1 Meteorologické sucho

Důsledkem nedostatku srážek (množství, intenzity či načasování) dochází ke zmenšení povrchového odtoku a infiltrace a následně i ke snížení zásob podzemní vody. Další příčinou jsou též vysoké teploty, silný vítr, intenzivní sluneční záření s malou oblačností a malá relativní vlhkost, které vedou ke zvýšení evapotranspirace (Němec, Hladný, 2006).

5.1.2 Agronomické sucho

Agronomické neboli zemědělské sucho přichází brzy po nástupu sucha meteorologického, a to jako deficit vody v zemědělství. V případě nedostatku vody v půdě dochází k vodnímu stresu rostlin a k následnému poklesu objemu biomasy i výnosů. Tento stav nastává ve chvíli, kdy dostupné množství vody nepokryje vláhové potřeby pěstovaných kultur. Tyto vláhové potřeby závisí na biologických charakteristikách dané plodiny, ale také na fenologické fázi, ve které se právě daná rostlina nachází (klíčení - zralost). Významnou roli zde hrají i biologické a fyzikální vlastnosti půdy. Tyto vlastnosti jsou do určité míry ovlivněny úrovní zemědělské techniky, která je k obhospodařování používána.

5.1.3 Hydrologické sucho

Jedná se o delší období, kdy se nedostatek srážek projeví v hydrologickém systému. Je sledován pokles průtoků ve vodních tocích, přítocích do jezer, rybnících i umělých nádržích. Také se zmenšují rozlohy mokřadů a klesají hladiny podzemní vody i vydatnost pramenů. Hydrologické sucho je definováno jako počet za sebou jdoucích dnů s výskytem průtoků pod určitou prahovou hodnotou. Pro povrchové vody jsou v ČR používány hodnoty nižší než Q_{355d} , což jsou průtoky v průměru menší než 355 dní v roce. Hodnota Q_{355d} je vodohospodáři pokládána za horní hranici možného odběru vody v korytě.

5.1.4 Socioekonomické sucho

Jedná se o následky účinků sucha meteorologického, agronomického a hydrologického ve spojitosti s dopady na společnost a její hospodářské aktivity. Odvětví, kterých se socioekonomické sucho dotýká v souvislosti s hospodářstvím, jsou zejména zemědělství, lesnictví a rybolov, zásobování vodou, turismus, energetika a doprava. Všechna tato odvětví pak významně ovlivňují státní ekonomiku. Z hlediska následků společenských jsou nejvýznamnějšími dopady

socioekonomického sucha dopady na zdraví a kvalitu životních podmínek. Z nich následně mohou plynout i jisté konflikty mezi obyvatelstvem. Neopomenutelným dopadem tohoto sucha je potom jeho vliv na životní prostředí. Tímto suchem jsou silně ovlivňovány živočišné druhy i rostlinná společenstva. Vzhledem k faktu, že je ovlivněn hydrologický cyklus, hrozí i požáry a degradace půd.

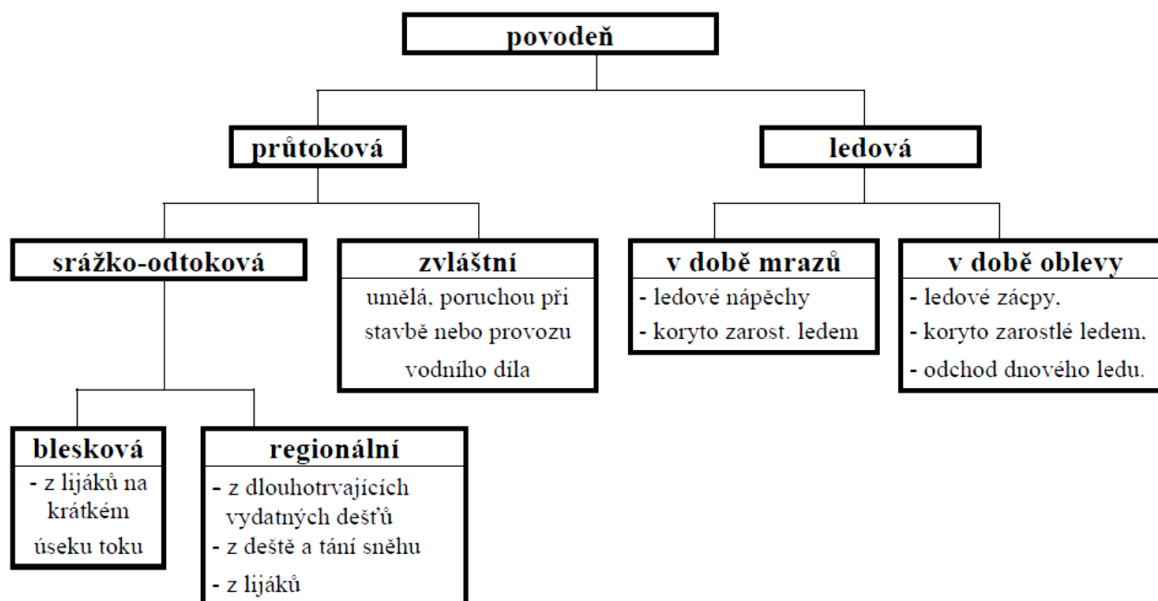
5.2 Povodně jako extrémní kalamitní situace vodního režimu v krajině

Povodně jsou dle zákona. č. 254/2001 Sb. definovány jako: „*Přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protržení) nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň).*“

Vzhledem k poloze České republiky jak v kontinentálním, tak celosvětovém měřítku představují povodňové situace pro ČR největší hrozbu přírodních katastrof. Povodně na našem území způsobily za posledních 18 let významné škody a staly se tak celospolečensky řešeným tématem. Vzhledem k faktu, že vzniku povodní nelze zabránit, lze pouze podnikat kroky ke zmírnění jejich negativních dopadů.

V přírodních podmínkách České republiky jsou povodně nedílnou součástí vodního koloběhu (Daňhelka, Elleder, 2012). Nejčastěji je lze pozorovat po prudkých přivalových deštích, náhlém tání sněhové pokrývky, případně jako následek výskytu ledových ker v tocích. Výskyt těchto povodní byl přirozený i v dobách, než lidé začali svou činností přeměňovat přírodní krajinu na krajinu kulturní. Při studiu přírodní nebo člověkem jen málo ovlivněné krajiny lze popsat celou hydrografickou síť jako výslednici přirozeného vodního režimu, která je v celkové rovnováze. Tento stav je charakteristický tím, že hydrologicky významné geomorfologické útvary jsou přírodními podmínkami bez zásahu člověka dimenzovány tak, aby velké vody neškodně provedly. Vašků (2005) uvádí, že erozní procesy jsou eliminovány vlivem vegetace v panenské krajině na vznik pouze geologické (přirozené) eroze, kdy je úbytek půdní hmoty erozí vyrovnán zvětráváním matečných hornin. V původní panenské krajině pak lze záplavy, které přinášely zerodované půdní částice hodnotit jako vlivného ekologického činitele. Díky pravidelné sedimentaci jemnozrného úrodného materiálu, které přinášely povodňové vody, se v okolí všech významných toků České republiky vyvinuly velmi úrodné nivní půdy (fluvisoly) (Tomášek, 2007). Následná kolonizace území byla výrazně ovlivněna právě úrodností těchto půd. I v současné době patří fluvisoly mezi naše nejúrodnější půdy – řadí se do skupiny půd s vysoce hodnoceným BPEJ (bonitované půdně ekologické jednotky).

Obr. 11: Schéma rozdělení povodní



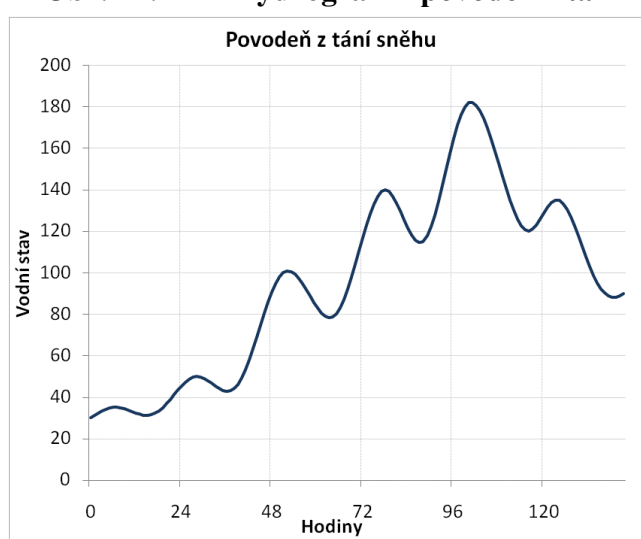
Zdroj: Matoušek, 2005

V hydrologické praxi se začalo běžně užívat termínu „kukuřičné povodně“. Tento termín poukazuje na nevhodné hospodaření, jehož dopady lze pozorovat zejména na orné půdě. Důsledkem je degradace zemědělské půdy, která je příčinou i těchto tzv. velkých vod, které jsou v posledních letech zaznamenávány stále častěji a s větší intenzitou. K nepříznivému stavu zemědělské půdy dochází v důsledku vývoje hospodaření, který vede k negativnímu ovlivnění genetických půdních procesů, nepříznivému ovlivnění složení a početnosti půdní fauny i flóry a v neposlední řadě také k výraznému zhoršení fyzikálních vlastností půdy. Pro příjem vody jsou fyzikální vlastnosti půdy rozhodujícím faktorem. Dalším nepříznivým důsledkem těchto změn je nedostatečná míra přeměny povrchového odtoku na odtok podpovrchový. Zvýšený povrchový odtok tak vede k zintenzivnění vodní eroze půdy, která je hodnocena jako mimořádně nebezpečný půdně degradační jev (Hauptman et al., 2009).

5.2.1 Jarní povodně z tání sněhu

Jedná se o velké povodně, vzniklé v zimním a jarním období, táním sněhu. Nejčastější výskyt těchto povodní je od prosince do dubna. Nejvíce jsou ohrožena střední a velká povodí s malými výškovými rozdíly (např. povodí Ohře, Cidliny či Lužnice). Faktory, které vedou ke vzniku tohoto druhu povodní, jsou: velké množství sněhu v nižších a středních nadmořských výškách, promrzlá půda pod sněhovou pokrývkou, zima bez dílčích tání s následným rychlým oteplením s celodenní teplotou vzduchu nad bodem mrazu, silným větrem a především dešťovými srážkami během oblevy (Brázdil et al., 2005).

Obr. 12: Hydrogram - povodeň z tání

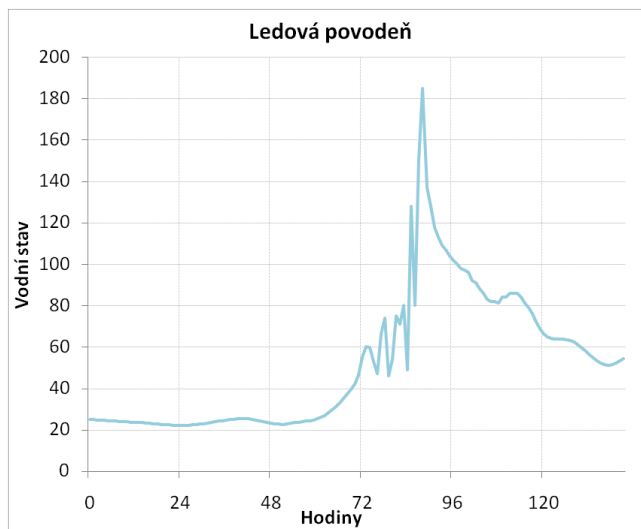


Zdroj: URL 3

5.2.2 Ledové povodně

Tyto povodně souvisí se vznikem ledového pokryvu vodních toků při silných mrazech. Průtočný profil je touto ledovou masou zmenšován. Pokud následně dojde k náhlému oteplení spojenému s táním sněhu, zvýší se průtok v korytě rychleji, než ledy stačí roztát, dojde k jejich rozlámání a pohybu korytem. Pohybu těchto ker se říká ledochody či dřenice (Matoušek, 2004). Rizikovými místy v tocích jsou úseky s mělkým dnem či zúžení koryta, těmi mohou být mělčiny, jezy apod. Zde se ledové kry hromadí a tvoří bariéry, kvůli nimž se voda vzdouvá a zaplavuje údolí. V podmínkách České republiky se jedná o záplavy lokálního charakteru (Matoušek, 2005).

Obr. 13: Hydrogram - ledová povodeň

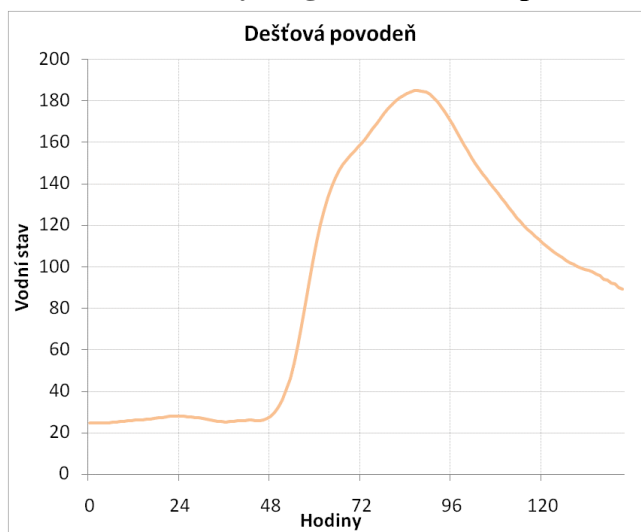


Zdroj: URL 4

5.2.3 Letní povodně z trvalých dešťů

Dešťové povodně vznikají v důsledku několikadenních intenzivních srážek. Často dochází k jejich zesílení na návětrích v horských oblastech. Dochází k postupnému sycení půdního profilu. Ve chvíli, kdy je půda nasycena, začne docházet k výraznému odtoku vody z krajiny. Situace je mnohem kritičtější, pokud před vlastním začátkem silných dešťů bylo vlhké období a půda tak již byla předem nasycena vodou. Ohroženy bývají především střední a velké toky, přičemž následný rozliv zaplavuje rozsáhlé oblasti v okolí řek. Letní povodně jsou v České Republice původcem značných hospodářských škod (Langhammer, 2007).

Obr. 14: Hydrogram - dešťová povodeň

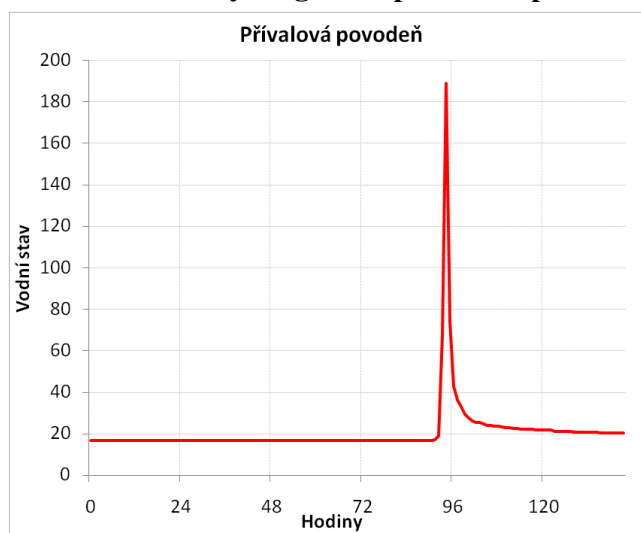


Zdroj: URL 5

5.2.4 Přívalové povodně

Přívalové povodně, mnohdy nepřesně označovány laickou veřejností jako bleskové, jsou následkem krátkodobých, ale velmi intenzivních přívalových srážek vyskytujících se při letních bouřkách. Typické pro tyto srážky jsou úhrny vyšší než 100 mm vypadlé během 1 - 6 hodin. Dochází tak k velmi rychlému přísunu srážek, které není půda schopna infiltrovat, a proto dochází k povrchovému odtoku. Vzhledem k intenzitě a rychlosti povrchového odtoku je přívalová povodeň často provázena i odnosem půdního materiálu způsobujícím erozi. Voda a unášený materiál mají velkou ničivou sílu, která způsobuje rozsáhlé škody. Díky své dynamice je i při malé výšce zatopení možné boření domů. Zasažená plocha nebývá velká. Nejčastěji se rozvodňují potoky a říčky, kdy voda velmi rychle stoupá. Vzhledem k rychlosti nástupu těchto povodní jsou nejvíce ohroženy lidské životy. U malých říček a potoků je nástup povodňového stavu často otázkou desítek minut.

Obr. 15: Hydrogram - přívalová povodeň



Zdroj: URL 6

5.3 Hydrologické extrémy – legislativa

V rámci Ministerstva zemědělství byly připraveny a proběhla realizace Programů podpory prevence před povodněmi I. (2002–2006) a II. (2007–2012). Jednalo se zejména o technická (strukturální) opatření, ohrázení, zvýšení kapacity koryt vodních toků, výstavbu poldrů (tj. suchých nádrží), rozšíření kapacit pro akumulaci ve stávajících rybnících a vodních nádržích, zvýšení bezpečnosti hrází rybníků, rozšíření kapacity bezpečnostních přelivů apod. Celkový objem prostředků je roven cca 20 mld. Kč.

Dalším krokem ke zlepšení retence vody v krajině a tím omezení rychlosti odtoku v povodích jsou realizace přírodě blízkých opatření, která vznikla v rámci ČR z dotačního titulu Operačního programu Životní prostředí (2007 – 2013) s využitím finančních prostředků Evropských společenství. V novém plánovacím období 2014 – 2020 OPŽP cílí prioritní osa 1 opět na

zlepšování kvality vody a snižování rizika povodní. Alokace finančních prostředků na tuto oblast podpory činí 768,7 mil. EUR.

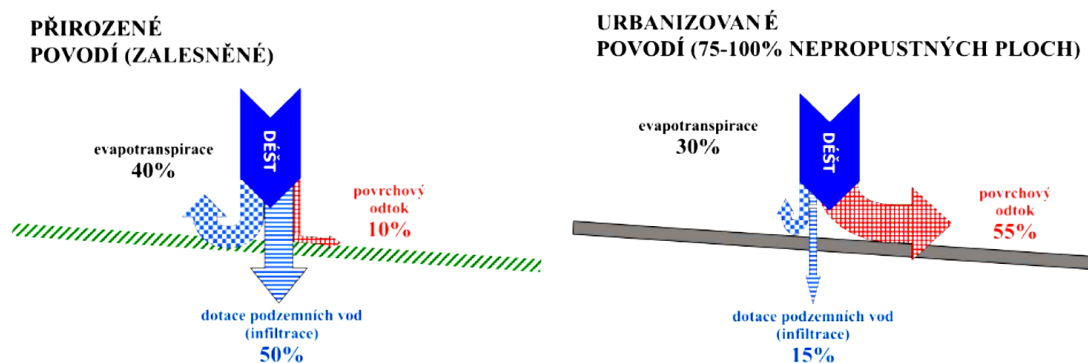
5.3.1 Plány pro zvládnutí povodňových rizik

Implementace směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik je v působnosti Ministerstva životního prostředí. Postup byl promítnut do zákona č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Usnesením Vlády České republiky č. 1083 byly dne 21. 12. 2015 schváleny národní Plány povodí a souběžně s aktualizací plánů povodí, byly zpracovány Plány pro zvládnutí povodňových rizik, které byly schváleny usnesením č. 1082. Usnesením byly schváleny plány pro zvládnutí povodňových rizik v povodí Labe, Dunaje a Odry. Jedná se o tři klíčové koncepční dokumenty sloužící jako podklad pro výkon veřejné správy, především v oblasti územního plánování a vodoprávního řízení v oblastech s významným povodňovým rizikem. Aktualizace těchto dokumentů je plánována na rok 2021.

6 REGULACE VODNÍHO REŽIMU

Kulturní krajina má naprosto odlišný vodní režim než přirozený nenarušený ekosystém. V krajině intenzivně využívané člověkem došlo ke snížení retenční funkce půdy, k omezení retenční funkce přirozených inundačních prostor a také se snížila plocha mokřadních ekosystémů (Butler, Davies, 2006). V České republice byl vodní režim krajiny narušen změnou původního vegetačního krytu při přechodu na hospodářské, převážně intenzivní využívání půdního fondu s malou retenční schopností. Ke zvýšené náchylnosti půd k erozi dochází z důvodu snížení infiltrační schopnosti půdního povrchu, jehož následkem je pak nedostatečná schopnost převedení srážkové vody z povrchového do podpovrchového odtoku a dále do zásob podzemní vody. Vodní režim je také narušen vyloučením možnosti inundace v nivách a rychlým odvedením vod soustředěného povrchového odtoku do nížin. Tento problém se vyskytuje u nevhodně provedených úprav drobných vodních toků a taktéž u ne vždy zdůvodněných odvodnění půd zejména v horských a podhorských oblastech (Slavík, Neruda, 2004).

Obr. 16: Schéma vlivu urbanizace na srážko-odtokový proces



Zdroj: Stránský, 2013

6.1 Regulace vodního režimu v urbanizovaném území

Koloběh vody byl výrazně ovlivněn změnou využití krajiny. K nežádoucím jevům a narušení přírodní rovnováhy dochází z důvodu přetváření krajiny pro potřeby lidské společnosti. Příčinou lidských zásahů dochází k negativnímu ovlivnění vsakovací schopnosti půd i retence. Důsledkem jsou pak nežádoucí změny charakteristik povrchového odtoku. Lze pozorovat zvyšování povodňových průtoků, ale i snižování průtoků v obdobích sucha (Sklenička, 2003). Jedním z důsledků zásahů člověka do krajiny je také zrychlená eroze, kterou lze identifikovat nejen na zemědělsky obhospodařovaných půdách, ale i na ostatních plochách jako jsou urbanizovaná území, těžební plochy, liniové dopravní stavby apod. Plochy vzniklé touto činností jsou z velké míry tvořeny nechráněnou zeminou, na níž je erozní účinek mnohonásobně větší, než na přirozeně přírodně utvářených územích. Negativním důsledkem není pouze samotná ztráta půdy, ale i znečištění povrchových vod sedimenty, kontaminace vod toxickými látkami ze skládek, zvýšení prachových částic v ovzduší a nezanedbatelnou složkou je i vliv na utváření krajiny a znemožnění uchování její estetické hodnoty. (Janeček, 2008)

Vliv využívání krajiny na objem povrchového odtoku je dán vztahem:

$$Q = \psi \cdot F \cdot i \text{ [l.s}^{-1}\text{]}$$

kde

Q – povrchový odtok [l.s⁻¹]

F – plocha povodí [ha]

ψ – součinitel odtoku, závislý na povrchu území

i – intenzita deště [l.s⁻¹.ha⁻¹]

Tab. 4: Doporučené součinitele odtoku ψ

Způsob zástavby a druh pozemku		Součinitel odtoku ψ při konfiguraci území		
		rovinné při sklonu do 1 %	svažité při sklonu 1 až 5 %	prudce svažité při sklonu nad 5%
Budovy	v uzavřených blocích (vydlážděné nebo zastavěné dvory)	0,7	0,8	0,9
	v uzavřených blocích (uvnitř bloku zahrady)	0,6	0,7	0,8
	v otevřených blocích	0,5	0,6	0,7
	při volné zástavbě (izolované)	0,4	0,5	0,6
Rodinné domy	sdílené v zahradách	0,2	0,4	0,5
	izolované v zahradách	0,2	0,3	0,4
Tovární objekty	starší typ (hustější zástavby)	0,5	0,6	-
	nový typ (volné a travnaté plochy)	0,4	0,5	-
Zpevněné pozemní komunikace (např. asfalt, dlažba, beton)		0,7	0,8	0,9
nezpevněné pozemní komunikace (např. štěrky)		0,5	0,6	0,7
Železniční pozemky		0,25	-	-
Hřbitovy, sady, hřiště		0,1	0,15	0,2
Zelené pásy, pole, louky		0,05	0,1	0,15
Lesy		0	0,05	0,1

Zdroj: ČSN 75 6101 (upraveno)

Tab. 5: Orientační hodnoty četnosti výpočtových dešťů

Četnost výskytu výpočtových dešťů n	Lokalita
1 (1x 1 rok)	venkovské území
0,5 (1x 2 roky)	obytná území
0,5 (1x 2 roky) 0,2 (1x 5 let)	městská centra, průmyslová a komerční území: <i>s kontrolou povodňového stavu od dešťových přívalů¹⁾</i> <i>bez kontroly povodňového stavu od dešťových přívalů</i>
0,1 (1x 10 let)	podzemní dráhy, podjezdy ¹⁾

Pozn.: ¹⁾V místě jsou stanoveny intenzity dešťových srážek pro nucený odtok.

Zdroj: ČSN 75 6101 (upraveno)

Od 90. let 20. stol., díky změně společenských a ekonomických podmínek, došlo k prudkému nárůstu zastavěných území (Stránský et al., 2012). Jedním z negativních důsledků vzrůstající urbanizace je také zpevnění dříve 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. Právě změny charakteru srážek (intenzita, objem a rozložení v roce) nejvíce ovlivňují možnost vzniku těchto extrémních hydrologických jevů. Z těchto důvodů je třeba redukovat povrchový odtok a snažit se zadržet a infiltrovat či případně využít co největší množství srážkové vody a změnit tak trend, kdy byla veškerá srážková voda co nejrychleji odvedena do kanalizace a následně do recipientu. Důsledkem této situace je také snížení obnovy podzemní vody. Z dlouhodobého hlediska lze proto předpokládat pokles zásob vody v krajině. Zmírnění těchto jevů může být docíleno použitím moderních systémů používaných k hospodaření s dešťovými vodami.

V ČR byl stav v oblasti hospodaření s dešťovou vodou do nedávné doby velmi rozporuplný (Syrovátka et al., 2003). O vsakovací objekty byl velký zájem (Vítek, 2006), ale často z neznalosti celé problematiky docházelo k realizacím na nevhodných místech či k návrhům nevhodných variant. Funkčnost české legislativy, transponující legislativu EU (60/ES/2000) byla snižována řadou protichůdných definic a také širokým vymezením výjimek (Kabelková et al., 2010). V ČR do r. 2012 neexistovala technická pravidla a postupy pro aplikaci obecných požadavků evropské a české legislativy na což upozornil i Kulhavý (2005). Ani ve vodním zákoně (254/2001 Sb.) ani ve vyhlášce o obecných požadavcích na využívání území (vyhl. 501/2006 Sb.) nebylo toto téma blíže zpracováno. Často byla používána německá norma ATV-DVWK-A138, která ne vždy vyhovovala podmínkám ČR.

Naproti tomu jsou v EU přijímány moderní principy retence, retardace a infiltrace srážkových vod (Ruth, Coelho, 2007). Jsou uplatňována opatření decentralizovaného odvodnění přímo v místě jeho vzniku s jeho návratem do přirozeného vodního režimu (VLC/DP/23852 26, 2010). Jsou vytvářeny souhrnné materiály o vsakovacích zařízeních včetně postupů při plánování, návrzích, výstavbě a provozu. Dobrým příkladem těchto materiálů je dokument The SUDS Manual (Ballard et al., 2006), který se zabývá návrhem a funkčností vsakovacích systémů v UK, Skotsku a Severním Irsku.

Významnou změnu v oblasti hospodaření se srážkovou vodou v České republice přinesla ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, účinná od března 2012. Tato norma stanovuje hlavní zásady návrhu, výstavby a provozu jak povrchových, tak podzemních vsakovacích zařízení. Následně v dubnu 2013 vešla v platnost technická norma TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, která se zaměřuje na návrh a provoz přírodě blízkého odvodnění urbanizovaného území. Oba předpisy se podílí na naplnění vodohospodářské politiky České republiky, tedy zejména na zabezpečení trvale udržitelného rozvoje.

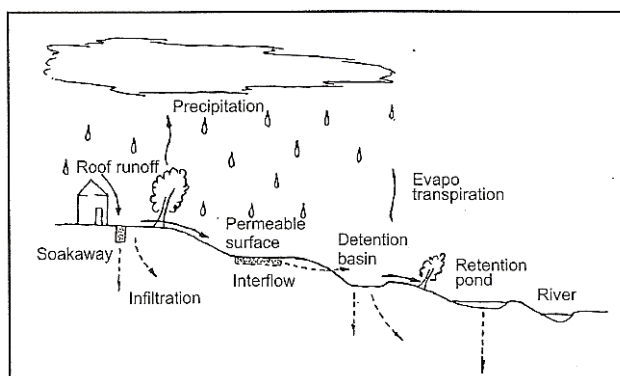
6.1.1 Srážkové vody v urbanizovaném území

Na dešťovou vodu je v současné době v urbanizovaném území nahlíženo jako na problém, kterého je třeba se co nejrychleji zbavit. Konvenčním odvodňovacím systémem dochází k rychlému odvedení srážky do kanalizace, poté do potoku, řeky a následně do moře. Strategií nového odvodňování je postarání se o srážku v místě, kde spadne (Šálek et al., 2012). Základem je zamezení odtoku dešťové vody se stejnou intenzitou, se kterou na pozemek spadla. Jak uvádí Hlavínek et al. (2007), na většině míst by mohla být tato problematika řešena formou svodu dešťové vody do podzemních objektů, kde dojde ke krátkodobé akumulaci a pozvolnému, zpomalnému a velice omezenému odtoku do kanalizace či vodoteče. Zpoždění a zrovnomnění odtoku z přívalových srážek je pro vodní hospodářství velmi významným prvkem (Vítek, 2006).

Intenzivní rozvoj urbanizovaných území vede k přetěžování stávajících přírodních i umělých odvodňovacích systémů (David, Vrána, 2005). Rozbor příčin vzniku povodní, které zasáhly na mnoha lokalitách území ČR v letech 1997, 2002, 2006, 2010, ukazuje na nedostatečné infiltrační schopnosti povrchových vrstev krajiny (Kovář et al., 2010). Opakující se situace nastala opět i v létě 2011, 2012, 2013 a 2014.

Vsakovací zařízení řeší problematiku retence a infiltrace srážkových vod (Štibinger, 2009). Vsakovacími opatřeními jsou infiltrační plošné a liniové prvky, záchytné infiltrační příkopy, propustné povrchy zpevněných ploch, porézní dlažby, vegetační střechy, retenční rybníky, nádrže a mokřady (Štibinger, Kulhavý, 2010).

Obr. 17: Srážko-odtokové poměry s přítomností urbanizovaného území



Zdroj: Ballard et al., 2006

6.1.2 Historie hospodaření se srážkovými vodami

S dešťovou vodou lidé hospodaří již odnepaměti. Zejména v oblastech s absencí vodních toků je dešť jediným zdrojem vody. Voda jakožto jedna z nezbytných životních složek byla vždy strategickou položkou. Důkazem toho jsou cisterny na vodu, které jsou nacházeny v oblastech obývaných již starověkými národy. Příkladem může být starověká Mezopotámie a

Egypt. Odtud pochází doklady o zadržování dešťových vod pro potřeby obyvatelstva, ale i jako zdroj vody pro závlahu. Obyvatelé Mezopotámie byli průkopníky i při výstavbě dešťových kanalizačních systémů (Tamburrino, 2010). Byli si dobře vědomi faktu, že ovládání vody je rozhodujícím způsobem, jak zaručit hospodářskou prosperitu, ale zároveň je také mezistátním politickým nástrojem.

Také existence středověkých hradů byla významně vázána na skutečnost, zda se uvnitř opevnění nachází studny s pitnou vodou či případné cisterny na zachycení dešťové vody. V místech, kde nebylo možné zřídit studnu, buď kvůli přírodním podmínkám či z důvodů finančních, byla cisterna často jediným zdrojem vody pro obyvatelstvo (Musil, 2006). Nutno konstatovat, že středověk byl z hlediska hospodaření s dešťovou vodou významným krokem zpět.

Dalším významným prvkem byl vznik kanalizačních systémů. Jedním z nejstarších kanalizačních systémů na světě je Cloaca Maxima - velká stoka, jejíž vznik je datován k roku 600 př. n. l. Primárním účelem této stavby bylo odvést vody z bažinaté oblasti starověkého Říma, současně byla využita k odvedení splaškových vod z celé oblasti (Malacrino, 2010). Nicméně za pozornost stojí fakt, že k vybudování došlo po velkých záplavách jako reakce na odvedení přebytečné vody z urbanizovaného území. V současné době Cloaca Maxima ústí do řeky Tibery a její funkcí je odvedení srážkových vod z centra Říma. Dodnes je plně funkční v rozsahu, ve kterém byla zbudována ve starověku.

Za zmínku stojí historie odvodnění a vznik kanalizací v zemích českých. Nejlépe lze tuto situaci ilustrovat na Praze. Dle archiváře Pražských vodovodů a kanalizací Jaroslava Jáška (2003) první stavbou tohoto charakteru byla odvodňovací štola ze Strahovského kláštera. Její vznik je datován do čtyřicátých let 12. stol. Přebytečná voda byla tímto potrubím odváděna z kláštera směrem na Malou Stranu. První systematictější počiny jsou zmiňovány roku 1310, kdy v souvislosti s dlážděním pražských ulic byly budovány rigoly na odvedení splašek a dešťové vody. Dále je zmiňováno zbudování odvodňovací stoky v roce 1673. Jednalo se o odvodnění Jezuitské koleje v Klementinu. Kanalizační systém jako takový byl pro Prahu navržen v roce 1787. Bylo navrženo 30 km stok, které ústily do Vltavy. S potřebami rostoucího velkoměsta vznikla i potřeba moderního kanalizačního systému. Roku 1893 byl předložen generel kanalizace pražského území o ploše více než 2500 ha. Do osmi let byla zbudována moderní kanalizační soustava včetně mechanické čistírny vod v Bubenci. Tento počín stál šest a půl milionu zlatých a díky němu se stala Praha na počátku 20. století jedním z nejlépe hygienicky vybavených měst (Jásek, 2006).

6.1.3 Návrh infiltračních a retenčních opatření

TNV 75 9011 uvádí jako klíčové faktory pro volbu a technickou realizaci vhodných infiltračních a retenčních zařízení zejména geologické podmínky, velikost odvodňované plochy, množství srážkových vod, dostupnost vodního toku či kanalizace, možnosti retence a také prostorové, stavební a technologické možnosti.

Účelné hospodaření se srážkovými vodami vsakováním je možné jen v případě vhodných geologických podmínek. Geologickým průzkumem, který musí předcházet zahájení stavby, je zjišťována propustnost podloží, která následně určuje velikost vsakovací plochy. Čím je vyšší koeficient vsaku, tím menší může být plocha vsakovacího zařízení. Dále je zjišťována hloubka hladiny podzemní vody a mocnost zóny aerace, která určuje míru vhodnosti podloží ke vsakování srážkové vody. Taktéž je zkoumán směr a rychlost toku podzemní vody, což je řešeno především kvůli případnému šíření kontaminace podzemní vodou. Sklon terénu je taktéž omezujícím faktorem. Stránský et al. (2012) upozorňuje, že na členitém a svažitém terénu je nutné počítat s jistými omezeními. V případě, že je sklon vyšší než 5%, je často nemožné povrchové (plošné) vsakování srážkových vod. Velký důraz je kladen na posouzení ochranných pásem vod. Dalším posuzovanou okolností je i využití území, a to z hlediska současné, ale i plánované zástavby a také budoucí využití území jako celku.

Z popsanych předpokladů v souvislosti s geologickými podmínkami České republiky jasně vyplývá, že bezproblémové vsakování srážkových vod je možné pouze v omezeném měřítku. Nicméně stále platí fakt, že v místech, kde jsou k vsakování vhodné podmínky, má být infiltrace srážkových vod preferovanou variantou (Stránský et al. 2012).

Propustné zpevněné povrchy

Na plochách, které musí být zpevněné, lze obnovit alespoň částečně hydrologický režim tím, že jejich povrch bude vytvářen z propustných materiálů (Kabelková a Doležalová, 2009). Ideální je kombinace s vegetačním pokryvem. Jako příklad vhodných povrchů lze uvést např. zatravněné plochy, jejichž základem je zhutněná písčítá zemina, která je osetá odolnými travami. Většinou bývá použita na občasně užívaná parkovací stání, dále pak na hřiště a svažité terény.

Další možností je využití štěrku nebo kamenné drti o průměrné stejné zrnitosti. Jedná se o cenově výhodný systém zpevnění ploch s dobrou infiltrační schopností. Využívá se zejména na terasách, pěšinách a parkovištích. Kombinací předchozích variant je štěrkový trávník. Ten se skládá ze zhutněné směsi štěrku a zeminy, která je porostlá travinami. Hojně je používán na pojižděné plochy, parkoviště a pěšiny. Je vhodný i na svažité terény. Jedná se o odolný a cenově dostupný přírodě blízký systém.

V poslední době jsou hojně užívané i vegetační tvárnice, které se vyrábí z betonu. Mají otvory vyplněné písčitou zeminou a prorostlé trávou. Hodí se pro parkoviště a jízdní pruhy. Na

podobném principu je založena i dlažba se zatravněnými spárami. Ta se skládá z betonových kostek s nalisovanými rozpěrkami, které umožňují vytvořit stejně široké zazeleněné spáry. Místo klasické betonové dlažby pak lze využít dlažbu porézní, která je tvořena propustnými betonovými kostkami a velkými póry. Vzhledem i využitím připomíná klasickou betonovou dlažbu, s tím rozdílem, že je propustná.

Je nutné počítat s faktem, že propustné povrchy však není možné využít všude. Například v oblastech s velmi prudkými svahy nebo s velmi málo propustným podložím jsou naprosto nevhodné.

Vegetační a štěrkové střechy

K pozitivnímu podpoření hydrologické bilance může přispět použití vegetačních a štěrkových střech. Ty přispívají ke snížení srážkového odtoku, ale také snižují kulminační průtok a zvyšují evapotranspiraci. Čermáková a Mužíková (2009) zmiňují i nízké provozní náklady oproti běžným budovám, kterých je dosaženo díky dobrým izolačním vlastnostem, a estetickou funkci.

Vládní instituce v různých částech Evropy podporují stavbu zelených střech a řadí je tak mezi důležité prvky udržitelného rozvoje. Větší rozšíření znalosti zelených střech a jejich výhod mezi veřejnost může pomoci k jejich hojnějšímu využívání (Oberndorfer et al., 2007).

Obr. 18: Princip hydrologické bilance u vegetační střechy



Zdroj: Optigreen, 2011

Typy vegetačních střech

Extenzivní vegetační střechy

Jedná se o typ střechy, který je tvořen vegetačním pokryvem s nízkou mírou růstu a tedy i s nízkými nároky na údržbu. Zásobování této vegetace vodou a živinami je založeno pouze na přirozených procesech. Vhodný pokryv tvoří mechy, traviny, byliny či sukulenty. Tento druh střech se dá zakládat i na střechách s malou únosností, což je jejich velkou výhodou. Jak uvádí TNV 75 9011, retenční schopnost těchto střech je cca 50 – 60 %.

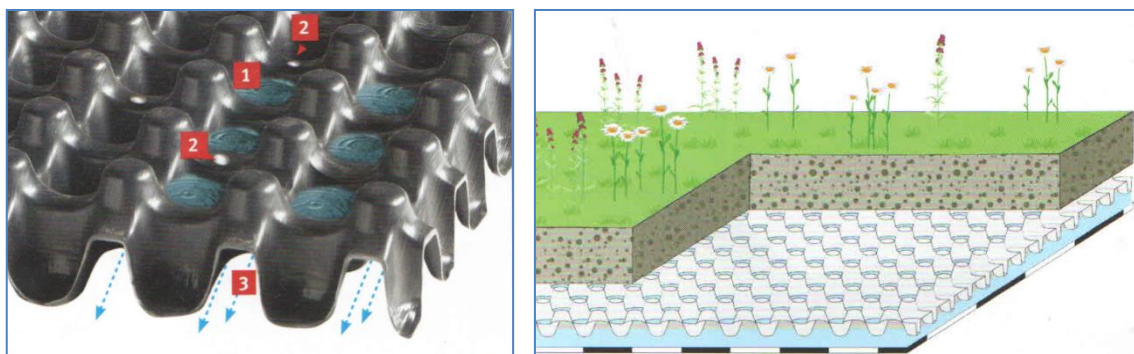
Co se týče skladby těchto střech, vespod je separační a ochranné lože z umělého vlákna, které mechanicky chrání střešní izolaci. Nad ním je umístěna odvodňovací vrstva. Pro sklony 1 – 5° se k odvedení přebytečné vody používají drenážní profily a kontrolní šachty. Na bezspádových střechách 0 – 5° a střechách s velkou odvodňovací délkou se pak používají drenážní nopové folie s vysokou drenážní kapacitou s tzv. meandrovým systémem. Další vrstvou extenzivní střechy je extenzivní substrát s vysokou retenční schopností. Většinou bývá oset vhodným hydroosevem. Fungování nopové folie a řez extenzivní střechou je zachycen na obr. 19.

Intenzivní vegetační střechy

Jedná se o obhospodařované zelené střechy s estetickou funkcí. Pokryv tvoří rostliny, keře či stromy a další estetické prvky jako např. jezírka atd. Jsou navrhovány jako pochozí a vyžadují údržbu v podobě stříhání rostlin, mulčování a závlah. Tento druh střech je výrazně náročnější na zatížení střešní konstrukce.

Při stavbě intenzivní vegetační střechy se sklonem 0 – 2° jsou používány stejné vrstvy jako u extenzivních střech, ale přidává se kořenovzdorná fólie, která tvoří vanu pro akumulaci vody a zároveň chrání střešní konstrukci před prorůstáním kořenů. Při sklonech 0 – 5° je k odvodnění preferováno využití drenážní nopové folie.

Obr. 19: Drenážní nopová fólie



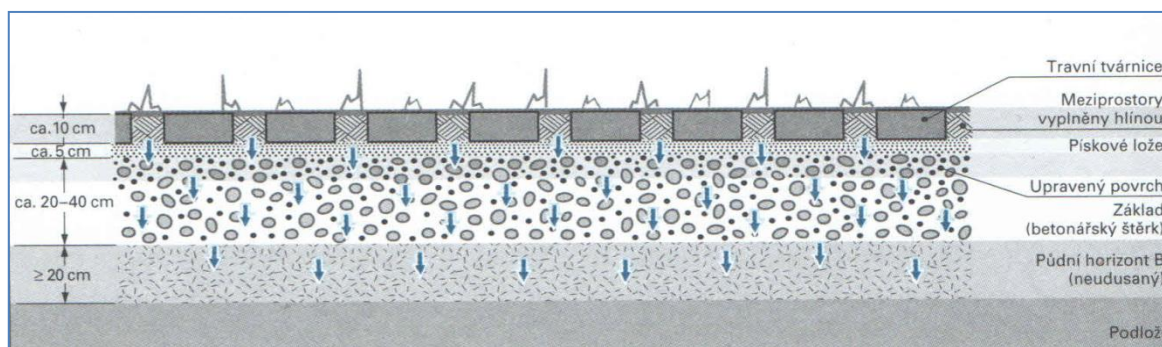
Zdroj: Optigreen 2011

1. akumulace vody
2. drenážní otvory pro odvod vody
3. zajištění odvodu přebytečné vody

6.1.4 Povrchová infiltrační zařízení

Jak uvádí Žabička a Vrána (2011) povrchová infiltrační zařízení jsou nejpodobnější přirozenému dotování srážkové vody do podzemí. Vsak probíhá skrz vegetační kryt a půdní vrstvu. Je tak využita přirozená čistící schopnost a zároveň je i podporována evapotranspirace srážkové vody. Aby nedošlo k zatížení vsakovacího zařízení v celé ploše, je třeba vodu na určenou plochu přivádět rovnoměrně. V případě překročení kapacity vsakovacího objektu je nutné zajistit odvedení přebývající srážkové vody buď do vod povrchových, jednotné kanalizace nebo ideálně do dalšího objektu určeného k hospodaření se srážkovými vodami. Výhodou těchto vsakovacích prvků je jednoduchá údržba, tedy zejména snadné odstraňování splavenin i nenáročná obnova filtrační vrstvy.

Obr. 20: Plošná infiltrace srážkové vody



Zdroj: Krejčí et al. 2000

Infiltrace pomocí terénních úprav

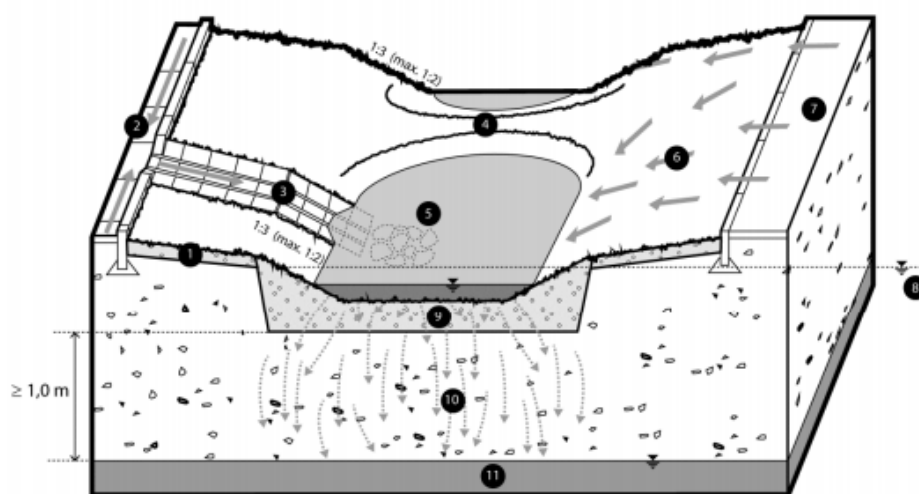
Pomocí vhodných terénních úprav lze se srážkovou vodou hospodařit pouze na rozsáhlých zatravněných plochách s ne příliš velkými sklony pozemku. Požadované snížení terénu je maximálně 100 – 150 mm. Při optimálním provedení je možné v rovinnatých územích zachytit niveletou travnatých ploch téměř 100 % vod, které odtékají ze sídelních útvarů. V případě území s většími sklony lze vytvořit terénní depresi v nejnižší části pozemku pomocí nepropustné podezdívky oplocení. V závislosti na hydrogeologických podmínkách území je doporučováno doplnění vsakovacího zařízení vhodnou skladbou podpovrchové vrstvy. U málo propustných půd se doporučuje pod cca 100 mm mocnou vrstvou ornice uložit nejméně 100 mm štěrkopísku. Touto úpravou lze docílit infiltrace srážkové vody do 8 hodin i v územích s omezenou propustností podloží. Žabička a Vrána (2011) upozorňují, že povrchové terénní úpravy jsou nejlevnější metodou jak hospodařit se srážkovou vodou a navíc zlepšují nejen kvalitu pochozích ploch, ale i mikroklima v okolí stavby.

Vsakovací průleh

Vsakovací průleh je mělkým povrchovým vsakovacím zařízením s vegetačním pokryvem. Toto zařízení se volí v případě, že k dispozici není dostatečně velká plocha nebo dostatečně propustný povrch. V průlehu by mělo docházet jen ke krátkodobé retenci vody. Stránský

et al. (2012) uvádí, že hydraulická vodivost K by měla být vyšší než $5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a hloubka zadržené vody by neměla přesáhnout 30 cm. Pokud nejsou dodrženy tyto podmínky, zvyšuje se riziko, že se nebude voda dostatečně rychle vsakovat a následně může dojít k úhynu vegetace, zvyšuje se nebezpečí zanesení průlehu a ztuhnutí půdy. Požadovaná vsakovací plocha průlehu je 15 m^2 na 100 m^2 a návrhové sklony v poměru 1:2 (Hlavínek et al., 2007). Průlehy plní v území i estetickou funkci. Optimální je propojení průlehu se zatravněnými pozemky či pásy, čímž je zvyšována čistící schopnost. V případě, že je odtok do průlehu veden ze zpevněných ploch, je doporučováno předčištění této vody např. přívodem přes příkopy.

Obr. 21: Vsakovací průleh



Zdroj: TNV 75 9011

- | | |
|---|---|
| 1. ohumusování, osetí | 7. komunikace se zapuštěným obrubníkem |
| 2. komunikace s obrubníkem | 8. max. retenční hladina $\leq 0,3 \text{ m}$ |
| 3. soustředěný přítok zpevněným žlábkem | 9. zatravněná humusová vrstva |
| 4. zemní hrázka mezi průlehy | 10. propustné podloží |
| 5. kamenný zához | 11. max. hladina podzemní vody |
| 6. plošný přítok po zatravněném terénu | |

Vsakovací průleh - rýha

Tento prvek je tvořen zatravněným průlehem, pod kterým je umístěna rýha vyplněná štěrkovým materiálem. Vsakovací průleh s rýhou se využívá v místech s nízkou vsakovací schopností podzemních vrstev s více propustnými spodními vrstvami. V případě velmi nízké infiltrační schopnosti podloží ($K < 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) je nutné vsakovací objekt doplnit o regulovaný odtok do povrchových vod či jednotné kanalizace (Stránský et al., 2012). Co se týče schopnosti předčištění a návrhu přívodu vody, jsou parametry vsakovacího průlehu – rýhy stejné jako u samotného průlehu. Z hlediska hospodaření se srážkovou vodou tvoří tento vsakovací systém dva samostatné retenční prostory s odlišnými režimy plnění a prázdnění. Každá část má svou převažující funkci - rýha retenční a vsakovací, průleh navíc plní i funkci čistící.

Vsakovací nádrž

Jedná se o objekt s výraznou retenční funkcí, přičemž vsak vody probíhá srze zatravněnou humusovou vrstvou. Stránský et al. (2012) doporučuje, aby hydraulická vodivost podloží byla větší než $1,10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$, jinak může dojít k neúměrně dlouhé době zatopení nádrže. Žabička a Vrána (2011) uvádějí, že přítok do nádrže by měl být řešen povrchově pomocí přítokových žlabů. Nádrž by měla být dimenzována tak, aby zde docházelo ke zdržení vody maximálně 72 hod a hloubka nadržení by neměla přesahovat 0,2 – 0,3 m. Kvůli bezpečnosti osob i živočichů by sklon svahů měl být dimenzován v poměru 1:4.

Výhodou vsakovacích nádrží je jejich velmi dobrá infiltrační schopnost (Hlavínek et al., 2007). Naopak problematické je samozanášení dna, které je důsledkem nevhodné či nedosta- tečné údržby a také nutnost oplocení tohoto zařízení z důvodu bezpečnosti. Dalším negativním aspektem je možnost využití nádrží pouze na větších odvodňovaných územích (od 1 ha).

6.1.5 Podzemní infiltrační zařízení

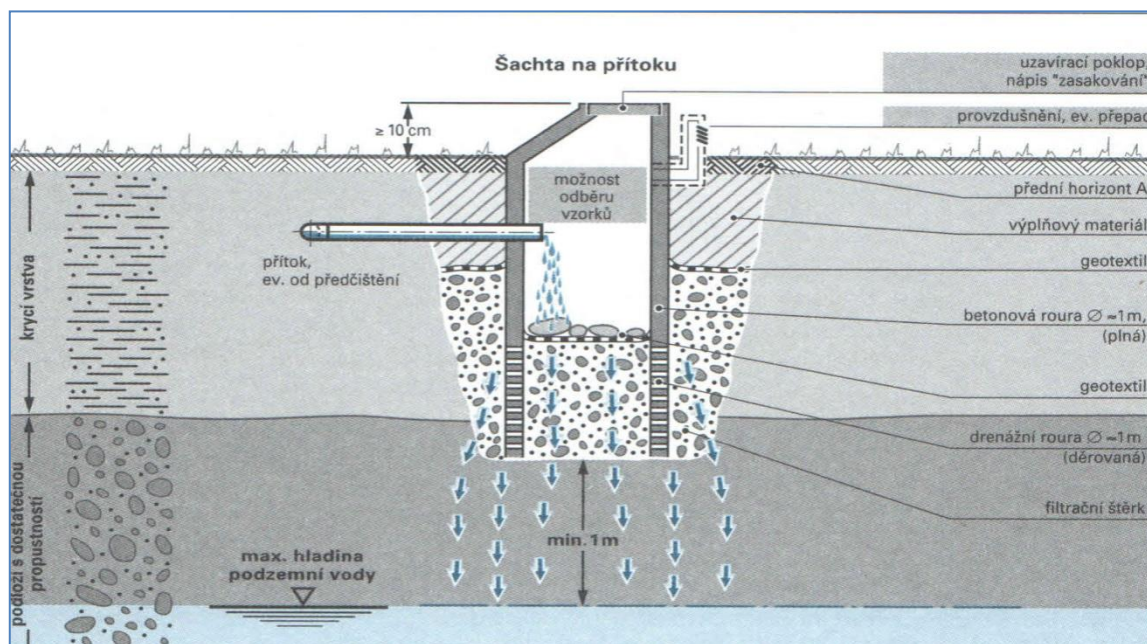
Při podpovrchovém vsakování je dešťový odtok odveden přímo do spodních vrstev půdy. Vzhledem k tomu, že voda se nevsakuje krycími půdními vrstvami, je nutné její předčiš- tění. Jinak hrozí nebezpečí kontaminace podzemní vody látkovým znečištěním. Krejčí et al. (2000) zdůrazňuje i nutnost odstranění všech smytých nerozpustných látek, které v infiltračním objektu mohou způsobovat kolmataci, která snižuje jeho požadovanou funkčnost. Výhodou podzemních infiltračních zařízení je nízká náročnost provozu i údržby.

Vsakovací šachta a prefabrikovaná vsakovací zařízení

V podmínkách s vysokou propustností je možno použít vsakovací šachtu, která slouží k bodovému podpovrchovému vsakování. Navrhuje se v podmínkách, kde nemůže dojít k na- rušení podzemních vod a jímacích zdrojů. Doporučuje se šachtu osadit objektem sloužícím k předčištění srážkové vody, např. kalovou jímkou. Stránský et al. (2012) uvádí, že tímto opat- řením dojde k prodloužení intervalu údržby.

Prefabrikovaná vsakovací zařízení mají obdobnou funkci a řídí se stejnými principy ná- vrhu. Nejhojněji jsou využívány zejména prefabrikáty z plastu. Vsakovací zařízení jsou sestavovány z akumulčních boxů a perforovaného potrubí. Tyto systémy slouží k decentralizova- nému zasakování srážkových vod, přičemž užitný objem těchto systémů je 95 – 100%. Systémy akumulčních boxů lze používat nejen pro infiltraci srážkových vod, ale při doplnění hydroi- zolačního souvrství, mohou tvořit i retenční prostor s možností dalšího využití zachycené vody.

Obr. 22: Vsakovací šachta



Zdroj: Krejčí et al. 2000

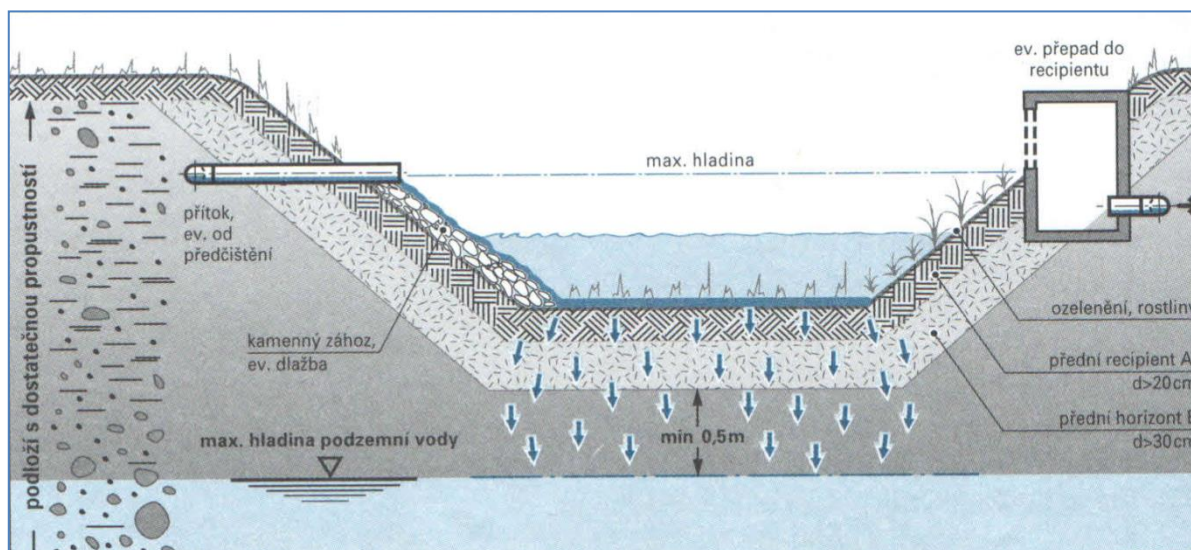
Vsakovací rýha

Vsakovací rýha je hloubené liniové zařízení, vyplněné propustným materiálem. Její funkcí je retence srážkové vody a její převod do propustnějších podložních vrstev. Přívod vody je zajištěn buď povrchově, nebo podpovrchově. Při podpovrchovém přívodu vody do rýhy s drenážním obsypem, je třeba na vtoku umístit kalovou jímku (TNV 75 9011).

6.1.6 Infiltrace s regulovaným odtokem

Jedná se o zařízení, která kombinují infiltraci srážkové vody do půdy s regulovaným odtokem do povrchových vod či jednotné kanalizace (TNV 75 9011). V úvahu přichází tato zařízení zejména v místech nedostatečně propustného horninového i půdního prostředí. Konkrétně se jedná o vsakovací průleh – rýhu s regulovaným odtokem, dále o samotnou vsakovací rýhu s regulovaným odtokem a také vsakovací nádrž s regulovaným odtokem (Krejčí et al., 2000). Nejvhodnější jsou ta zařízení, která umožňují filtraci vody přes zatravněnou humusovou vrstvu.

Obr. 23: Vsakovací nádrž s regulovaným odtokem

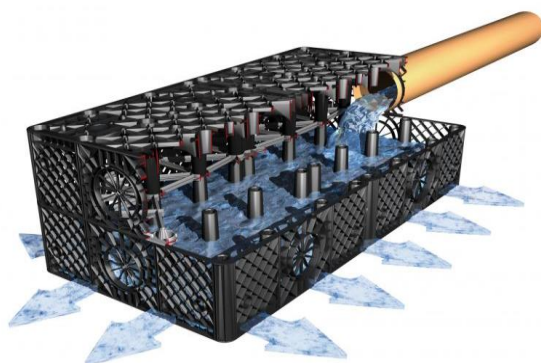


Zdroj: Krejčí et al. 2000

6.1.7 Odvádění srážek do povrchových vod

V případě odvádění srážek do povrchových vod je třeba srážku nejdříve zadržet pomocí retenčního objektu a následný odtok z objektu usměrňovat regulátorem. Pro případ zpětného vzduť vody z kanalizace či svodnice bývá objekt osazen ochranným zařízením, většinou v podobě armatury. Jak uvádí TNV 95 9011 každý retenční objekt musí být vybaven bezpečnostním přelivem tak, aby bylo zajištěno bezpečné převedení průtoku vody při větší srážce. Retenční zařízení mohou být povrchová i podpovrchová, se stálým nadržem nebo suchá. Vzhledem k faktu, že tyto objekty mohou mít i krajínovornou a estetickou funkci, je preferován návrh povrchových nádrží se zatravněnými břehy (Stránský et al., 2012). Další výhodou, kterou tento návrh skýtá, je výrazné zlepšování mikroklimatu na základě výparu vody do atmosféry. Oproti tomu podzemní retenční nádrže nejsou náročné na prostor, ale výše zmiňované funkce nemohou plnit. Tyto podzemní objekty jsou budovány formou šachet, betonových konstrukcí a plastových prefabrikovaných boxů (Obr. 24).

Obr. 24: Vsakovací blok a retenční galerie z plastových prefabrikátů



Zdroj: URL 7



Zdroj: URL 8

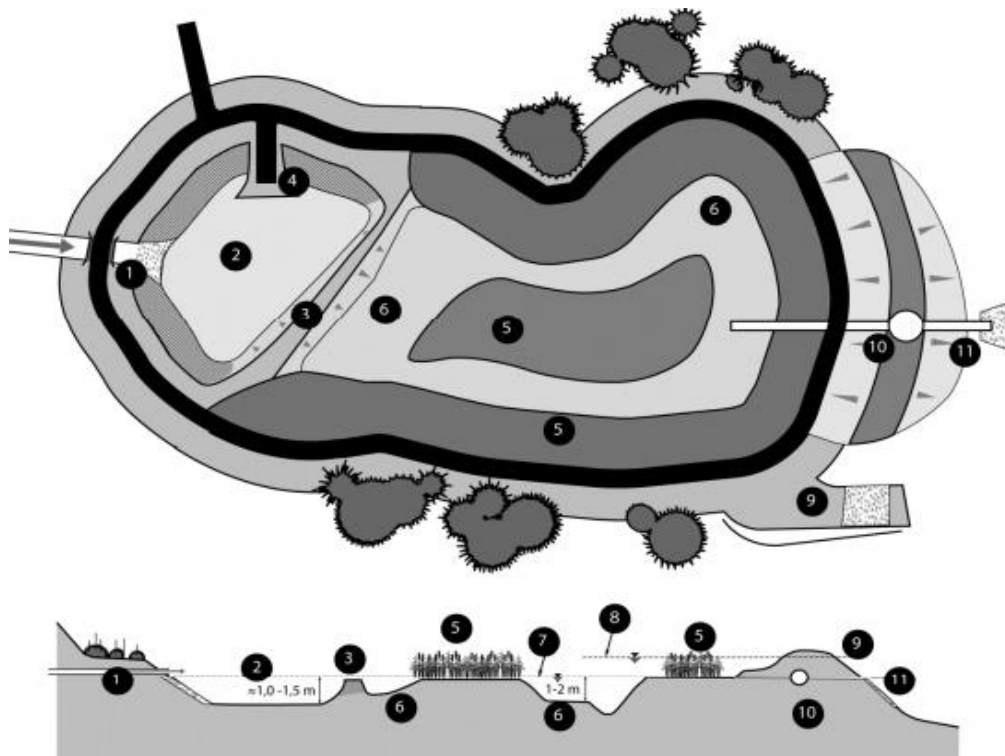
Suché retenční nádrže - poldry

Suchý poldr je jedním z nástrojů protipovodňové ochrany území, přičemž za běžných podmínek je téměř prázdný. K zadržení vody dochází během povodní, tím dochází k transformaci povodňové vlny, čímž jsou eliminovány následné škody. Zároveň v poldru sedimentují i erodované částice, což chrání vodní nádrže níže na toku před zanesením. Objem retenčního prostoru nádrže je téměř roven objemu suché nádrže. Slavík a Neruda (2007) uvádějí, že při vyprázdnění nádrže ji lze využívat k zemědělským účelům, většinou ve formě trvalého travního porostu (TTP).

Umělý mokřad

Jedná se o mělká zařízení se stálým nadržáním, přičemž hladina vody v mokřadu se pohybuje nad či pod úrovní povrchu terénu. Umělé mokřady tak fungují jako zásobníky vody, které zvyšují vlhkostní poměry území. Z důvodu retence vod jsou mokřady esenciálními krajinnými prvky v pramenných oblastech, údolních nivách, slepých ramenech, trvale podmáčených nivních loukách a i v zarostlých malých vodních nádržích. Umělé mokřady zvyšují ekologickou stabilitu území a slouží jako biotop pro faunu i flóru. Výhodou mokřadů je zlepšování jakosti vody, která jimi protéká. Mokřady zaujímají funkci přírodních čistíren odpadních i dešťových vod. Jejich nevýhodou je náročnost na plochu a požadavky na pravidelnou údržbu, která spočívá v odstraňování sedimentů a v údržbě vodní a břehové vegetace.

Obr. 25: Umělý mokřad



Zdroj: TNV 75 9011

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 – vtokový objekt s opevněním | 7 – hladina stálého nadržení |
| 2 – část nádrže pro zachycení sedimentů | 8 – maximální retenční hladina |
| 3 – dělicí hrázka | 9 – bezpečnostní přeliv |
| 4 - vstup pro čištění nádrže | 10 – regulátor odtoku |
| 5 – zóna emersní vegetace | 11 – výtokový objekt s opevněním |
| 6 – zóna ponořené či plovoucí vegetace | |

6.1.8 Zeleň jako retenční prvek v urbanizovaném území

Značné množství srážkové vody může být v urbanizovaném území zadrženo pomocí zeleně. Je možné kombinovat strukturální a další prvky, které mají schopnost retenci ještě zvětšit. Prvky je možné kombinovat na základě provozních a funkčních požadavků na konkrétní plochu (Šimek, 2001).

Vegetace ovlivňuje i účinnost vodní eroze. Přímo působí tím, že mění energii dopadajících kapek a ovlivňuje rychlost tekoucí vody po povrchu. Tímto působením na hydrologický cyklus je vegetace nejvýznamnějším prvkem ochrany před vznikem povrchového odtoku. Účinnost závisí na morfologii jednotlivých rostlin a to na tvaru koruny, stoncích, kořenovém systému a organických zbytcích rostlin, které zůstávají na povrchu. Také působí mechanicky na zvýšení odolnosti půdy vůči erozi zvýšením soudržnosti půdy kořenovým systémem. V urbanizovaných územích jsou nejčastěji

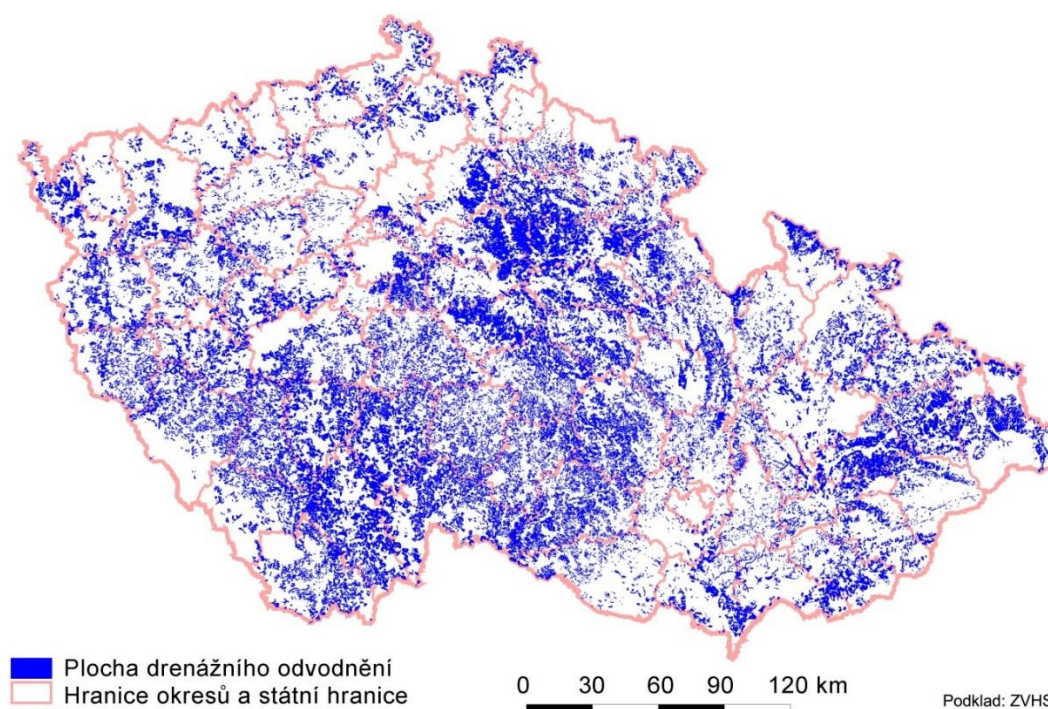
erozi ohrožena svažitá území. Pro tyto plochy je vhodné vegetační zpevnění. Je však třeba dát pozor na druh a spon výsadby, aby nedošlo k přetížení a sesuvu svrchní vrstvy. (Morgan, Rickson, 2005)

V současné době k nejvyužívanějším opatřením patří kombinace vegetačních a technických prvků. Funkčnost těchto ploch je závislá na volbě použitého materiálu, kvalitě provedení a skutečné provozní zátěži. Velmi důležitým aspektem je použití vhodného materiálu jak pro konstrukci vegetační nosné vrstvy, tak pro stavební základ. Měl by být použit materiál s vysokým koeficientem propustnosti, ale zároveň by měly být respektovány potřeby použitého vegetačního prvku (Šimek, 2001).

6.2 Regulace vodního režimu ve volné krajině

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).

Obr. 26: Plošný rozsah zemědělského odvodnění v ČR

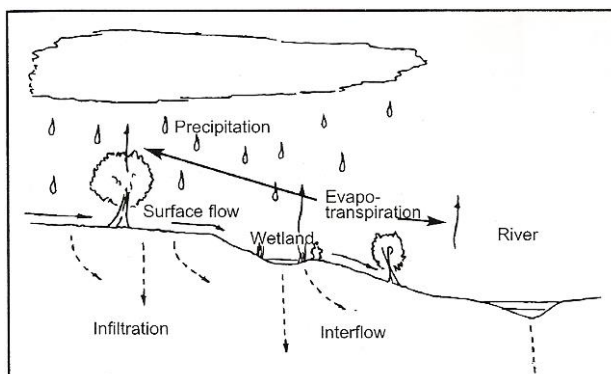


Zdroj: Štibinger, Kulhavý. (2010)

Při realizaci krajinných úprav je velmi diskutabilním prvkem určení optimální koncepce vyhovující jak z hlediska ekonomického, tak ekologického. Úspěšnost navrhovaného záměru vždy závisí na jeho technické a finanční náročnosti. Neméně podstatnými faktory je i veřejná prospěšnost a propojení s ostatními opatřeními v krajině. Jak uvádí Kulhavý (2005) na tuto vodohospodářskou úpravu by mělo být vždy nahlíženo komplexně z pohledu pohybu vody v subsystému půda – vegetace – krajina – atmosféra.

Údaje hydrologických bilancí v povodí, v půdě a ve vodních útvarech ukazují na potřebu úprav prvků, které narušují přirozený vývoj hydrologických poměrů. K vyloučení nepříznivě působících činitelů se navrhuje regulační opatření, jejichž hlavními účely je ochrana půdy před účinky dopadajících dešťových kapek, podpora vsaku vody do půdy, zlepšení soudržnosti půdy, omezení unášecí síly vody a soustředěného povrchového odtoku, neškodné odvedení povrchově odtékající vody a zachycení smyté zeminy (Hauptman et al., 2009, Janeček, 2002).

Obr. 27: Srážko-odtokové poměry ve volné krajině



Zdroj: Ballard et al., 2006

6.2.1 Regulační opatření technického charakteru

Tato opatření se používají, pokud nelze dosáhnout hodnot přípustné ztráty půdy pomocí **organizačních** ani **agrotechnických opatření** nebo pokud je řešení pomocí opatření technického rázu výhodnější.

Technická protierozní opatření slouží k vyrovnání příčných terénních nerovností, snížení podélného sklonu u velmi svažitých pozemků, ochraně pozemků před vodou přitékající z výše situovaných území, neškodnému odvedení povrchových vod z povodí, retardaci povrchového odtoku a zachycování smyté zeminy. Tato protierozní opatření mohou být zahrnuta do pozemkových úprav. Zejména v rámci návrhu polních cestních sítí jsou často navrhovány doprovodné cestní příkopy či průlehy na straně ke svahu (Podhrázská, 2009).

Přívalové deště způsobují i v malých povodích velké škody. Povrchový odtok způsobený právě přívalovými dešti může vést k ohrožení cenných částí území (obcí, budov, komunikací, vodních staveb, vodních zdrojů apod.). Z těchto důvodů je nutné věnovat zvýšenou pozornost opatřením, která snižují povrchový odtok způsobený přívalovými dešti.

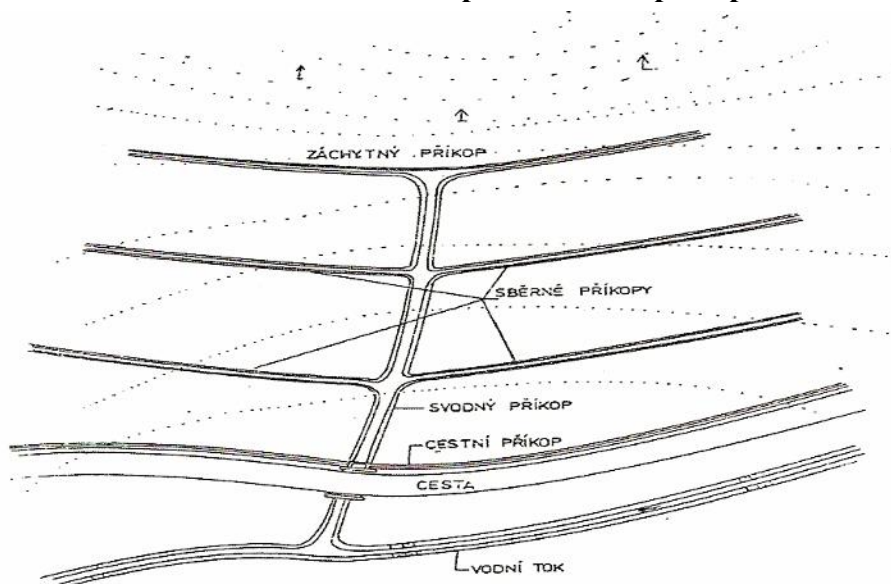
Protierozní příkopy

Protierozní příkopy jsou navrhovány na neškodné odvedení povrchové vody a splavenin při ochraně zastavěných území nebo s cílem zamezit přítoku cizí vody na pozemek. Podle sklonu nivelety se dělí na vsakovací a odváděcí. ČSN 75 0140 je z funkčního hlediska dělí na obvodové a sběrné. Jsou dimenzovány na průtok vody Q_5 až Q_{100} dle vyžadovaného stupně ochrany. Z funkčního hlediska se navrhuje jako:

- **záchytné** – k ochraně pozemků před přítokem vnějších vod, hl. z lesů

- **sběrné** – slouží k zachycení vnitřních vod; pod tímto pojmem je možné si představit přerušení linie povrchového odtoku na pozemku
- **svodné** – zajištění odtoku do recipientu (Janeček, 2008).

Obr. 28: Soustava protieročních příkopů



Zdroj: Janeček, 2008

Tab. 6: Maximální přípustné hodnoty střední průtočné rychlosti pro zpevněné příkopy

Druh opevnění	Přípustná rychlost (m/s) pro hloubku vody	
	0,4m	1,0m
travní porost	1,0	1,5
meliorační tvárnice	2,5	3,0
dlažba na cement. maltu	3,5	4,5
beton	10,0	12,0
Nejmenší průtočná rychlost z důvodů omezení zanášení > 0,5 m/s		

Zdroj: Janeček, 2008

Průlehy

Jedná se o jedno z nejúčinnějších protieročních opatření, která jsou navrhována jako mělké, vegetací zpevněné, široké příkopy s mírnými sklony svahů (1 : 5 až 1 : 10). Jejich funkcí je zachycování, infiltrace a odvádění krátkodobého povrchového odtoku způsobeného přívalovými dešti či náhlým jarním táním. Z funkčního hlediska je lze dělit na:

- **záchytné** – k ochraně pozemků před cizí vodou

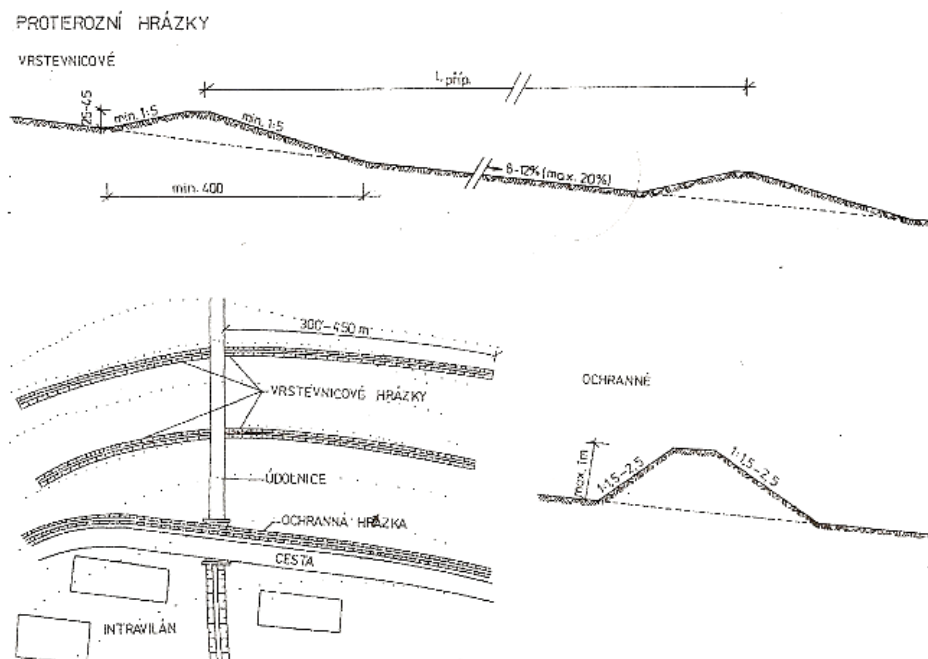
- **sběrné** – k přerušení příliš velké dráhy povrchového odtoku uvnitř pozemku. Jsou vhodné pro svahy s hlubšími půdami do sklonu maximálně 15%. Lze je rozdělit na:
 - **vsakovací** – s nulovým nebo minimálním podélným sklonem, vhodný pro propustné půdy
 - **odváděcí** – odvedení vody z pozemku do svodných průlehů (příkopů)
- **svodné** – většinou se jedná o zatravněné dráhy soustředěného povrchového odtoku.

Průlehy jsou vytvářeny buď jako nezpevněné a obdělávané nebo jsou vegetačně stabilizovány trvalým travním porostem, což je vhodnější varianta. Možná je i kombinace se zatravněnými pásy či pásovým pěstováním plodin. Průlehy s nulovým nebo malým podélným sklonem slouží ke vsakování vody, která stéká po povrchu. V ose průlehu je možné vést drenáž a tím vsak podpořit. Základními požadavky příčného profilu je zajištění potřebného průtoku. Dalším požadavkem je možnost podélného obhospodařování (Janeček, 2008).

Protierozní hrázky

Protierozní hrázky jsou budovány na úpatích svahů zemědělských pozemků. Slouží především k ochraně důležitých objektů (obcí, komunikací) před zatopením vodou z přívalových srážek a zanesením erozními smyvy. Nejčastěji se jedná o 1 až 1,5 m vysoká zemní tělesa s vodorovnou korunou hrázky, opevněná travním porostem. Prostor před hrázkou a její výška musí odpovídat potřebě retence vody a do této hodnoty musí být započten i objem usazených erozních smyvů.

Obr. 29: Schéma protierozních ochranných hrázek



Zdroj: Janeček, 2008

Důležitým prvkem protierozní hrázky je vypouštěcí zařízení. To zajišťuje odtok čisté vody poté, co dojde k usazení půdních částic před hrázkou a zachycení plavoucích částic ochrannými česlemi, která jsou osazena před vypouštěcím zařízením. Vhodnou volbou místa vypouštěcího zařízení je možné měnit i místo odtoku i u málo účinných vrstevnicových mezí, kde by v důsledku malého podélného sklonu docházelo k zanášení příkopů a průlehů (Janeček, 2008).

Protierozní nádrže

Jejich funkcí je zachycování splavenin a akumulace, retence, retardace a infiltrace povrchového odtoku. Jsou obvykle závěrečným prvkem systému protierozních opatření v povodí. Protierozní nádrže jsou navrhovány zpravidla tam, kde i přes opatření provedená v povodí dochází k ohrožení intravilánu obcí a důležitých staveb a ke zvýšenému transportu látek, zejména do povrchových zdrojů pitné vody. Stavba těchto nádrží je možná pouze v malých povodích. Zpravidla jsou navrhovány tak, aby jejich zachytný prostor byl tak velký, aby zachytil objem vody odtékající z návrhového přívalového deště nebo jarního tání, s průměrnou dobou opakování alespoň 50 let (Janeček, 2008).

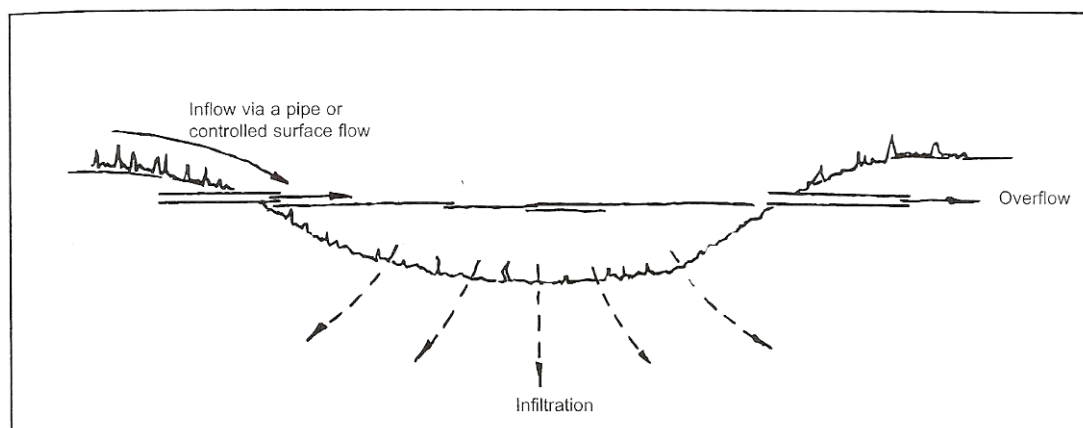
Dělí se na dva typy:

- *s vodním obsahem* – vymezen sedimentační a retenční prostor
- *suché retenční nádrže* – krátkodobé zachycení povrchového odtoku a splavenin

Po usazení splavenin z nádrží odtéká voda zbavená nerozpuštěných látek a látek na ně vázaných. Suché nádrže jsou z hlediska kvality vod výhodnější. Jsou plněny pouze při zvýšených průtocích a odtok je pozvolný. Dochází tak k postupnému vysoušení nánosů, které jsou současně prorůstány trvalým travním porostem. Nánosy z toho typu nádrží nemusí být tak často odstraňovány. U nádrží trvale zatopených jsou nánosy negativně vnímány zejména z důvodu uvolňování látek v nich obsažených do vody. Z tohoto důvodu musí být sediment periodicky odstraňován (Janeček, 2005).

Při ochraně nádrží před sedimenty je možné používat technicky vhodné sedimentační zařízení jako prohlubně či žlaby v přítoku. U přírodě blízkých či revitalizovaných nádrží je možné využít tůň v přítoku do nádrže nebo usazovací prostor v přítokové části. Usazovací prostor bývá od objemu hlavní nádrže oddělen ponořenou zemní hrázkou nebo dřevěnou palisádou, která má odhraditelný otvor, aby bylo možné při vypouštění nádrže odvodnit usazovací prostor. Dimenzování tohoto prostoru je závislé na místních podmínkách, hydrologickém modulu toku a na ekonomice stavby (Just et al., 2003).

Obr. 30: Schéma retenční nádrže



Zdroj: Ballard et al., 2006

K tomu, aby bylo docíleno požadované funkčnosti výše popsaných staveb, musí být dodržována údržba. Údržba staveb k ochraně pozemku před erozní činností vody je definována ve vyhlášce 225/2002 Sb. paragrafem 7 takto:

(1) Údržba stavby k ochraně pozemku před erozní činností vody vychází z dokumentace skutečného provedení stavby k ochraně pozemku před erozní činností vody a provádí se péčí o

a) protierozní příkopy, průlehy, přehrážky a suché nádrže

1. péčí o travní porosty dna a svahu, včetně jejich odstraňování kosením, popřípadě doséváním,
2. odstraňováním nánosů,
3. odstraňováním výmolů a nátrží v korytech,
4. odstraňováním překážek v korytě bránících průtočnosti,
5. péčí o břehové porosty, včetně jejich doplňování,
6. běžnou údržbou jednoduchých zpevnění - záhozy, pohozy, dlažby, plůtky, vegetační opevnění,
7. čištěním souvisejících objektů (propustky, mostky, stupně, skluzy, usazovací prostory, česle), včetně ošetřování jejich kovových a dřevěných konstrukcí obnovou ochranných nátěrů,

b) terasy

1. ošetřováním travních porostů nebo porostů dřevin na terasových svazích,
2. péčí o objekty odvodnění teras,
3. péčí o opěrné zdi teras.

(2) Kromě vlastních objektů stavby k ochraně pozemků před erozní činností vody se rovněž provádí údržba výškových a polygonových bodů, vodočtů, mezníků a staničení.

7 LEGISLATIVA

V následující kapitole je zpracována legislativa vodního hospodářství. Tabulka č. 7 předkládá výčet legislativních dokumentů EU, navazující tab. 8 představuje seznam právních předpisů ČR. Vzhledem k členství České republiky v Evropské unii jsou evropské směrnice implementovány do legislativy ČR. Za základní dokument EU v oblasti vodního hospodářství je považována „Rámcová vodní směrnice“ – Směrnice 2000/60/ES evropského parlamentu a rady ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodního hospodářství. Legislativa České republiky v úseku vodního hospodářství se odvíjí od zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) společně se zákonem č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Vodní zákon a na něj navazující předpisy zajišťují kvantitativní i kvalitativní ochranu vod a vodních ekosystémů. Při řešení problémů spojených s vodním hospodářstvím je nutné přihlížet k veškerým platným právním předpisům (Tab. 8).

Tab. 7: Legislativa EU v oblasti vodního hospodářství

Předpis	Název předpisu	Novely
2014/101/EU	Směrnice Komise 2014/101/EU ze dne 30. října 2014 o změně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky	
2008/105/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES ze dne 16. prosince 2008 o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky, změně a následném zrušení směrnic Rady 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS a 86/280/EHS a změně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES	
2007/60/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23. října 2007 o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik	
2008/1/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES ze dne 15. ledna o integrované prevenci a omezování znečištění ve znění směrnice 2009/31/ES	
2006/118/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES ze dne 12. prosince 2006 o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu	
2006/113/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/113/ES ze dne 12. prosince 2006 o požadované jakosti vod pro měkkýše	
2006/44/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/44/ES ze dne 6. září 2006 o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb	nařízení č. 1137/2008
2006/11/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/11/ES ze dne 15. února 2006 o znečišťování některými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí Společenství	
2006/7/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS	
2000/60/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky	rozhodnutí 2455/2001/ES, směrnice 2008/32/ES, směrnice 2009/31/ES, směrnice 2008/105/ES
98/83/ES	Směrnice Rady ze 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu	nařízení č. 1882/2003, nařízení č. 596/2009
96/82/ES	Směrnice Rady 96/82/ES ze dne 9. prosince 1996 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek	nařízení č. 1882/2003, směrnice 2003/105/ES a nařízení č. 1137/2008
92/43/EHS	Směrnice Rady 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin	směrnice 97/62/ES, nařízení č. 1882/2003, směrnice 2006/105/ES
91/692/EHS	Směrnice Rady 91/692/EHS z 23. prosince 1991 ke standardizaci a racionalizaci zpráv o zavádění určitých směrnic, vztahujících se k životnímu prostředí	nařízení č. 1882/2003, oparou, Úř. Věst. L 227, 19. 8. 2006, s. 62 (91/692)
91/676/EHS	Směrnice Rady z 12. prosince 1991 k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů	nařízení č. 1882/2003, nařízení č. 1137/2008

Vliv hospodaření se srážkovou vodou na zmírnění extrémních hydrologických jevů.
Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra biotechnických úprav krajiny

Předpis	Název předpisu	Novely
91/271/EHS	Směrnice Rady 91/271/EHS z 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod	směrnice 98/15/ES, nařízení č. 1882/2003, nařízení č. 1137/2008
86/280/EHS	Směrnice Rady 86/280/EHS ze dne 12. června 1986 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění určitých nebezpečných látek uvedených v seznamu I přílohy směrnice 76/464/EHS	směrnice 88/347/EHS
86/278/EHS	Směrnice Rady z 12. června 1986 o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při používání čistírenských kalů v zemědělství	směrnice 91/692/EHS
85/337/EHS	Směrnice Rady 85/337/EHS ze dne 27. června 1985 o posuzování vlivů některých veřejných a soukromých záměrů na životní prostředí	směrnice 97/11/ES, směrnice 2003/35/ES, směrnice 2009/31/ES
84/491/EHS	Směrnice Rady 84/491/EHS ze dne 9. října 1984 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění hexachlorcyklohexanu	
84/156/EHS	Směrnice Rady 84/156/EHS ze dne 8. března 1984 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění rtuti odvětvími jinými než je elektrolytická výroba chloru a alkalických hydroxidů	
83/813/EHS	Směrnice Rady 83/513/EHS ze dne 26. září 1983 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění kadmia	
82/176/EHS	Směrnice Rady 82/176/EHS ze dne 22. března 1982 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění rtuti z elektrolytické výroby chloru a alkalických hydroxidů	
80/777/EHS	Směrnice Rady 80/777/EHS ze dne 15. července 1980 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se využívání a prodeje přírodních minerálních vod	směrnice 96/70/ES
80/68/EHS	Směrnice Rady ze 17. prosince 1979 o ochraně podzemních vod před znečištěním způsobeným určitými nebezpečnými látkami	směrnice 91/692/EHS
79/869/EHS	Směrnice Rady 79/869/EHS ze dne 9. října 1979 o metodách měření, četnosti odběrů a rozborů povrchových vod určených k odběrům pitné vody v členských státech	
79/409/EHS	Směrnice Rady 79/409/EHS ze dne 2. dubna 1979 o ochraně volně žijících ptáků	
76/160/EHS	Směrnice Rady z 8. prosince 1975 o jakosti vody ke koupání	směrnice 91/692/EHS, nařízení č. 807/2003, nařízení č. 1137/2008, oprava Úř. Věst. L 227, 19. 8. 2006, s. 62 (76/160/EHS)

Tab. 8: Legislativa ČR v oblasti vodního hospodářství

Předpis	Název předpisu	Novely
254/2001 Sb.	Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)	64/2014 Sb., 275/2013 Sb., 85/2012 Sb., 151/2011 Sb., 77/2011 Sb., 150/2010 Sb., 281/2009 Sb., 227/2009 Sb., 157/2009 Sb., 181/2008 Sb., 167/2008 Sb., 25/2008 Sb., 342/2006 Sb., 222/2006 Sb., 186/2006 Sb., 444/2005 Sb., 413/2005 Sb., 20/2004 Sb., 274/2003 Sb., 320/2002 Sb., 76/2002 Sb.
117/2014 Sb.	Nařízení vlády č. 117/2014 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 479/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor, ve znění pozdějších předpisů	
64/2014 Sb.	Zákon č. 64/2014 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím kontrolního řádu	
49/2014 Sb.	Vyhláška č. 49/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik	
48/2014 Sb.	Vyhláška č. 48/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů	
414/2013 Sb.	Vyhláška č. 414/2013 Sb., o rozsahu a způsobu vedení evidence rozhodnutí, opatření obecné povahy, závazných stanovisek, souhlasů a ohlášení, k nimž byl dán souhlas podle vodního zákona, a částí rozhodnutí podle zákona o integrované prevenci (o vodoprávní evidenci)	
275/2013 Sb.	Zákon č. 275/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů	
252/2013 Sb.	Vyhláška č. 252/2013 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy	
262/2012 Sb.	Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu	
178/2012 Sb.	Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků	
143/2012 Sb.	Nařízení vlády č. 143/2012 Sb. o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu	
123/2012 Sb.	Vyhláška č. 123/2012 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových	
105/2012 Sb.	Vyhláška č. 105/2012 Sb. o stanovení veřejných přístavů, ve kterých se rozrušují ledové celiny	

Vliv hospodaření se srážkovou vodou na zmírnění extrémních hydrologických jevů.
Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra biotechnických úprav krajiny

Předpis	Název předpisu	Novely
216/2011 Sb.	Vyhláška č. 216/2011 Sb. o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl	
155/2011 Sb.	Vyhláška o č. 155/2011 Sb. profilech povrchových vod využívaných ke koupání	
98/2011 Sb.	Vyhláška č. 98/2011 Sb. o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod	313/2015 Sb.
49/2011 Sb.	Vyhláška č. 49/2011 Sb. o vymezení útvarů povrchových vod	
24/2011 Sb.	Vyhláška č. 24/2011 Sb. o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik	312/2015 Sb., 49/2014 Sb.
5/2011 Sb.	Vyhláška č. 5/2011 Sb. o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod	264/2015 Sb.
393/2010 Sb.	Vyhláška č. 393/2010 Sb., o oblastech povodí	
203/2009 Sb.	Nariadení vlády č. 203/2009 Sb., o postupu při zjišťování a uplatňování náhrady škody a postupu při určení její výše v územích určených k řízeným rozlivům povodní	
262/2007 Sb.	Nariadení vlády č. 262/2007 Sb. o vyhlášení závazné části Plánu hlavních povodí České republiky	99/2016 Sb.
23/2007 Sb.	Vyhláška č. 23/2007 Sb., o podrobnostech vymezení vodních děl evidovaných v katastru nemovitostí České republiky	
450/2005 Sb.	Vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků	175/2011 Sb.
391/2004 Sb.	Vyhláška č. 391/2004 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy	
125/2004 Sb.	Vyhláška č. 125/2004 Sb., kterou se stanoví vzor poplatkového hlášení a vzor poplatkového přiznání pro účely výpočtu poplatku za odebrané množství podzemní vody	
103/2003 Sb.	Nariadení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech	108/2008 Sb., 219/2007 Sb.
71/2003 Sb.	Nariadení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod	169/2006 Sb.
61/2003 Sb.	Nariadení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech	23/2011 Sb., 29/2007 Sb.
7/2003 Sb.	Vyhláška č. 7/2003 Sb., o vodoprávní evidenci	7/2007 Sb., 619/2004 Sb.

Vliv hospodaření se srážkovou vodou na zmírnění extrémních hydrologických jevů.
Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra biotechnických úprav krajiny

Předpis	Název předpisu	Novely
241/2002 Sb.	Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 241/2002 Sb., o stanovení vodních nádrží a vodních toků, na kterých je zakázána plavba plavidel se spalovacími motory, a o rozsahu a podmínkách užívání povrchových vod k plavbě	209/2007 Sb., 39/2006 Sb.
236/2002 Sb.	Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území	
225/2002 Sb.	Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 225/2002 Sb., o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně	
20/2002 Sb.	Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody	93/2011 Sb.
471/2001 Sb.	Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly	255/2010 Sb.
432/2001 Sb.	Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu	336/2011 Sb., 40/2008 Sb., 620/2004 Sb., 195/2003 Sb.
431/2001 Sb.	Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci	
274/2001 Sb.	Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)	281/2009 Sb., 222/2006 Sb., 186/2006 Sb., 76/2006 Sb., 127/2005 Sb., 167/2004 Sb., 20/2004 Sb., 274/2003 Sb., 320/2002 Sb.
428/2001 Sb.	Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)	120/2011 Sb., 515/2006 Sb., 146/2004 Sb.
305/2000 Sb.	Zákon č. 305/2000 Sb. o povodích	
258/2000 Sb.	Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů	252/2014 Sb., 250/2014 Sb., 247/2014 Sb., 64/2014 Sb., 223/2013 Sb., 333/2012 Sb., 115/2012 Sb., 466/2011 Sb., 375/2011 Sb., 298/2011 Sb., 151/2011 Sb., 301/2009 Sb., 281/2009 Sb., 227/2009 Sb., 274/2008 Sb., 130/2008 Sb., 124/2008 Sb., 378/2007 Sb., 296/2007 Sb., 110/2007 Sb., 342/2006 Sb., 264/2006 Sb., 222/2006 Sb., 189/2006 Sb., 186/2006 Sb., 74/2006 Sb., 59/2006 Sb., 444/2005 Sb., 392/2005 Sb., 381/2005 Sb., 253/2005 Sb., 125/2005 Sb., 562/2004 Sb., 326/2004 Sb., 167/2004 Sb., 362/2003 Sb., 274/2003 Sb., 320/2002 Sb., 309/2002 Sb., 120/2002 Sb., 86/2002 Sb., 76/2002 Sb., 13/2002 Sb., 274/2001 Sb., 254/2001 Sb.

Vliv hospodaření se srážkovou vodou na zmírnění extrémních hydrologických jevů.
Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra biotechnických úprav krajiny

Předpis	Název předpisu	Novely
409/2005 Sb.	Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody	
252/2004 Sb.	Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody	377/2006 Sb., 293/2006 Sb., 187/2005 Sb.
35/2004 Sb.	Vyhláška č. 35/2004 Sb., kterou se stanoví náležitosti, forma elektronické podoby a datové rozhraní protokolu o kontrole jakosti pitné vody a vody koupališť	134/2004 Sb.
590/2002 Sb.	Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla	367/2005 Sb.
433/2001 Sb.	Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 433/2001 Sb., kterou se stanoví technické požadavky pro stavby pro plnění funkcí lesa	
137/1999 Sb.	Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů	
85/1981 Sb.	Nářízení Vlády České socialistické republiky č. 85/1981 Sb., o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Chebská pánev a Slavkovský les, Severočeská křída, Východočeská křída, Polická pánev, Třeboňská pánev a Kvartér řeky Moravy	
10/1979 Sb.	Nářízení Vlády České socialistické republiky č. 10/1979 Sb., o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Brdy, Jablunkovsko, Krušné hory, Novohradské hory, Vsetínské vrchy a Žamberk-Králiky	
40/1978 Sb.	Nářízení Vlády České socialistické republiky č. 40/1978 Sb., o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Beskydy, Jeseníky, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory, Šumava a Žďárské vrchy	

ČÁST DRUHÁ – VLASTNÍ PRÁCE
SOUBOR VĚDECKÝCH STUDIÍ

8 SOUBOR VĚDECKÝCH STUDIÍ

Disertační práce je zpracována formou komentovaného souboru prací – vědeckých studií, jejichž výsledky byly prezentovány formou publikovaných článků ve vědeckých recenzovaných časopisech (celé texty prací v přílohách 1 – 4). V rámci disertační práce jsou tyto studie propojeny doplňujícím komentářem.

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 - Jindřichovicky 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

9 KOMENTÁŘ K PUBLIKACÍM

9.1 Stručný popis vědeckých studií

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 Q_{50} . 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 pestrou 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 podpoверхovou 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, nenasyčenou 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 nenasyčené 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 (*S_{MAX}*, *G_{WF}* a *B_K*) 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 dekádní 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). Odvodnění 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 neustálého 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 hydro-pedologických 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 hydro-pedologické poměry lze popsat následovně: rozchod drénů $L = 11 \text{ m}$, průměrná hloubka uložení drénů $h_d = 0,75 \text{ m}$, poloměr světlosti drénů $r_0 = 0,06 \text{ m}$ 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 $h_0 = 0,50 \text{ m}$.

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 $0,75 \text{ m}$ pod povrchem. Parametry vlastního drenážního systému jsou následující: rozchod drénů $L = 15 \text{ m}$, poloměr světlosti drénů $r_0 = 0,04 \text{ m}$ 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 $0,25 \text{ m}$ 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 hydro-pedologických 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 km², 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 autory studovaný Starosuchdolský potok, který je měřen od roku 2011. Délka tohoto toku k uzávěrovému profilu činí přibližně 580 m a plocha povodí 2,95 km². 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) ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$)

$FWE(i)$ reprezentuje měřený výpar z volné vodní hladiny ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$)

$SMC(i)$ 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.

10 PŘÍNOS PRÁCE A ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ

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 přívalových 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 úče-

lových 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 bystřín, 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 prohrábky dna řeky Moravy (Soukalová, 2012). Současně s narovnáním řeky Moravy došlo i k jejímu ohrázení protipovodňovou hrází dimenzovanou na průtok Q_{100} . 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 narovnání Moravy a prohrábký dna dochází v suchých obdobích k odvádění podzemní vody níže k soutoku s Dyjí. Tvrdá prohrábký 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. Zpožděním 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; Syrovátka 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 revitalizací 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 celospolečenský prospěchem.

10.1 Souhrn současného stavu v ČR a zahraničí

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.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5, očekává se, že hydrologické extrémy 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 potvrdilo 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 všimají, 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 měřítko 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. Současné 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).

Na závěr lze konstatovat, že ačkoliv povodním ani suchu nelze zabránit, rozhodně lze účelným a racionálním hospodařením se srážkovou vodou dopady těchto extrémních hydrologických jevů zmírnit. Pokud bude srážková voda cíleně vsakována do půdy, dojde tak k posílení zásob podzemních vod, což přispěje ke zmírnění dopadů sucha, které nyní pozorujeme stále častěji na téměř celém územím ČR. Zároveň je

nutné stále mít na paměti: má-li dojít k obnově celého vodního režimu, musí se jednat o komplexní revitalizační zásahy. Vzhledem k tomu, že krajina (a to včetně té urbanizované) funguje na základě dokonalých úzce spjatých vazeb, je třeba k ní jako ke komplexu jednotlivých propojených prvků přistupovat. Je nutné hledat opatření, která budou řešit úpravu vodního režimu jako pohyb vody v subsystému půda-vegetace-krajina-atmosféra.

Na úplný závěr lze dodat, že je pokaždé vhodnější upřednostňování preventivních opatření. Prevence je vždy jednodušší a levnější než zpětná náprava již vzniklých škod. Bohužel, i přes několik tisíc let lidské existence, se člověku tato jednoduchá poučka nestala zcela vlastní. Otázkou zůstává, zda je toto téma dostatečně a srozumitelně komunikováno i se širokou veřejností. Problematika hydrologických extrémů se sice stala pro média i politické zástupce velmi oblíbeným tématem, ale většinou jsou prezentovány pouze dopady a není kladen dostatečný důraz na vysvětlení příčin a možná řešení či návrhy, kterými by jednotlivci mohli přispět ke zlepšení stávajícího stavu.

Nezbývá než doufat v to, že si lidé postupně začnou uvědomovat skutečnost, že jsou nedílnou součástí přírodních procesů, ne jejich nadřazeným prvkem a budou tak k přírodě i přistupovat. Chyby vzniklé antropogenními činnostmi, kterými byla příroda poškozena, by neměly zůstat bez povšimnutí, ale mělo by být systematicky pracováno na jejich nápravě. Pokud má dojít k pozitivní změně, je třeba vždy začínat od jednotlivců. I kdyby měl být podíl na celkovém výsledku zcela mizivý, nelze se schovávat za omluvu, že jedinec stejně nikdy nic neovlivní. Je třeba uvědomit si, že takových jednotlivců je na Zemi 7, 295 miliard.

11 POUŽITÁ LITERATURA A OSTATNÍ ZDROJE

- Abtew W., Melesse A., 2013:** *Evaporation and Evapotranspiration: Measurement and Estimations*. Springer Science + Business Media Dordrecht. 206 pp.
- Aguado E., Burt J. E., 2015:** *Understanding Weather and Climate*. Pearson Education, 7th edition. Boston. 570 pp.
- Ault T. R., Cole J. E., Overpeck J. T., Pederson G. T., Meko D. M., 2014:** *Assessing the Risk of Persistent Drought Using Climate Model Simulations and Paleoclimate Data*. Journal of Climate, Vol. 27, 7529 – 7549
- Avery L. M., 2012:** *Rural Sustainable Drainage Systems*. Environmental Agency, Horizon House, Bristol. UK. 146 pp.
- ATV-DVWK-A138 Planung, Bau und Betrieb von Anlage zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall**, ISBN: 978-3-940173-76-8, 2008
- Ballard B. W., Kellagher R., Jefferies Ch. et al. 2006.** *The SUDS (Sustainable Urban Drainage System) Manual*. CIRIA Funders Report CP/110, Environment Agency R&D, Technical Guidance, UK.
- Barros V., 2006:** *Globální změna klimatu*. Z originálu *El Cambio Climático Global* (2004). Europrint, Praha, 168 s.
- 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 adaption*. 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

Butler D. and Davies J. W., 2006: *Urban drainage.* Third edition, Spon Press, London, UK

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.

Brutsaert W., 2005: *Hydrology: An Introduction.* First edition. Cambridge University Press, United Kingdom, 605 pp.

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

Čermáková B., Mužíková R., 2009: *Ozeleněné střechy.* Grada Publishing a.s., Praha, 93 s.

Černohous V., Šach F., 1998: *Vliv lesa na retenci a akumulaci vody v lesních povodích a možnosti jejich zvyšování.* In: Hydrologická bilance a možnosti zvyšování složek retence a akumulace vody: Sborník přednášek z pracovního semináře, KBÚK ČZU, Praha: 10-20.

David V., Vrána K., 2005: *Vliv retence povodí na pozitivní ovlivnění průtoků.* In: Voda v krajině 21. století. Sborník z konference krajinné inženýrství 2005. 8. 12. – 9. 12. 2005, Pardubice: 79-88.

Daňhelka J., Kubát J., Šercl P., Čekal R. (eds.), 2014: *Povodně v České republice v červnu 2013.* ČHMÚ, Praha. 85 s.

Daňhelka J., Elleder L. et al., 2012: *Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR.* Nakladatelství ČHMÚ, Praha, 182 str.

Dušíčka, P., Szolgay, J., 2006: *Anglicko-slovenský a slovensko-anglický terminologický slovník v hydrologii, hydraulice a vodnom hospodárstve: slovník, hydroinformatika*. 1. Bratislava: ESF SvF kurz č. 17, 2006. CD. ISBN 80-227-2565-X

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-Otrera 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.

Grover V. I. (ed.), 2006: *Water: Global Common and Global Problems*. 1st Edition. Science Publishers, Enfield, HN, USA 533 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

Hauptman I., Kukul Z., Pošmourný K. (eds.), 2009: *Půda v České republice*. Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství. Consult, Praha: 255 s.

Hlavínek P., Prax P., Sklenářová T., Dvořáková D., Polášková K., Kubík J., Hlušník P., Beránek J., 2007: *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Vydavatelství ARDEC s.r.o., Brno. 164 s.

Holý M. et al., 1984: *Odvodňovací stavby*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., Praha: 468 s.

Hornberger G. M., Wiberg P. L., Raffensperger J. P., D’Odorico P., 2014: *Elements of Physical Hydrology*. Second edition. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 392 ps.

- Hrádek F., 1998:** *Opatření ke zvýšení retence a akumulace vody v povodí* In: Hydrologická bilance a možnosti zvyšování složek retence a akumulace vody. Sborník přednášek z pracovního semináře, KBÚK ČZU, Praha: 35-40.
- Hrádek F., Kovář P., 1994:** *Výpočet náhradních intenzit přívalových dešťů*. Vodní hospodářství 11, str. 49 - 53
- Hrádek F., Kuřík P., 2008:** *Hydrologie*. Reprografické studio PEF ČZU, Praha: 280 s.
- Hrib M. et al., 2004:** *Lužní les v Dyjsko-moravské nivě*. Břeclav, Moraviapress: 591 s.
- Chmelová R., Frajer J., 2013:** *Základy hydrologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Katedra geologie. 131 s.
- ICPP, 2013:** *Climate change 2013. The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Fifth Assessment Report (AR5)
- Janeček M., 2002:** *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV nakladatelství, Praha: 201 s.
- Janeček M. et al., 2005:** *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV nakladatelství, Praha: 195 s.
- Janeček M., 2008:** *Základy erodologie*. Česká zemědělská univerzita, Praha: 172s.
- Janeček M. a kol., 2012:** *Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika* Powerprint, Praha, 113 s.
- Janský B., Kocum J., 2007:** *Retenční potenciál v pramenných oblastech toků*. In: Langhammer J. (ed.), 2007: Povodně a změny v krajině. UK v Praze, PřF. Praha, 396 s.
- Jásek J., 2006:** *William Heerlein Lindley a pražská kanalizace*. Scriptorium. Praha, 238 s.
- Just T., Matoušek V., Dušek M., Fischer D., Karlík P., 2003:** *Revitalizace vodního prostředí*. AOPK, Praha: 144s.
- Just T., 2005:** *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Český svaz ochránců přírody, MŽP ČR, 359 str.
- Kabelková I., Doležalová A., 2009:** *Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku*. Ústav pro ekopolitiku. Praha, 43 s.
- Kabelková I. et al., 2010:** *Metodická příručka posuzování dešťových oddělovačů jednotných stokových systémů v urbanizovaných územích*. Státní fond ŽP, výzkumný záměr č. MSM 6840770002V

Kašpárek L., Krejčová K., 1993: *Vztah mezi úhrnem, trváním a periodicitou dešťů pro území Prahy.* Výzkum pro praxi, sešit č. 24, VÚV TGM, Praha.

Kender J. (ed.), 2004: *Voda v krajině. Kniha o krajinotvorných programech.* Pro MŽP a AOPK vydal Consult Praha, 207 s.

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 bystřin.* Učební texty FLD, ČZU, 43 str.

Kovář P., Štibinger J., 2006: *Metodika návrhu a výstavby optimální varianty protipovodňových a protierozních opatření pro zmírnění extrémních hydrologických jevů – povodní a sucha v krajině.* Výzkumný grant PV-MZe 2005, 1G 577040. 43 str.

Kovář P., Štibinger J., Pešková J., Kasl M., 2010: *Metodika návrhu a realizace infiltračních a záchytných opatření v rámci obnovy hydrologických poměrů a způsobů hospodaření v krajině.* Číslo grantu: QH 92 086/2009, vydalo: ČZU Praha, FŽP, KBÚK, (in Czech). Prague, Czech Republic.

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

Kovář P., Heřmanovská D., Sůva M., 2014: *Program DES_RAIN_const.* Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze, online dostupné z: http://fzp.czu.cz/vyzkum/programs/des_rain/des_rain.xls

Kovář P., Pešková J., Doležal F., Bačinová H., Křovák F., Miháliková M., 2016: *Study of the evapotranspiration impact on diurnal discharges in a small catchment.* (V recenzním řízení Hydrology Research, příloha č. 4 disertační práce)

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.

Krejčí V. et al., 2000: *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup.* NOEL, Brno. 562 s.

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 knihovna, 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.

Kutílek M., Kuráž V., Císlarová M., 2004: *Hydropedologie 10.* Dotisk druhého přepracovaného vydání, Vydavatelství ČVUT, Praha: 176s.

Kutílek M., 1966: *Vodohospodářská pedologie.* Státní nakladatelství technické literatury. Praha. 275 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

Malacrino C. G., 2010: *Constructing the Antient Word. Architecture Techniques of the Greeks and Romans.* Getty Publication . Italy. 217 pp

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.

Matoušek V., 2005: *Ledové povodně.* FSV, ČVUT, Studijní text. Praha. 40 s.

Matoušek V., 2004: *Ledový režim vodních toků.* Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, Praha

Ministerstvo zemědělství, 2013: *Fakta o vodě v České republice.* MZe, ISBN 978-80-7434-048-2, Praha, 33 str.

Ministerstvo zemědělství, 2015: *Stručně o vodě v České republice.* MZe, ISBN 978-80-7434-195-3, Praha, 39 s.

Morgan R. P. C., Rickson R. J. (eds.), 2005: *Slope Stabilization and Erosion Control - A Bioengineering Approach.* E&FN Spon, London. UK, 288 pp.

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.

Musil F., 2006: *Úvod do kasteologie - 1. část.* Gaudeamus. Hradec Králové, 335 s.

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

Němec J. a Hladný J. (eds.), 2006: *Voda v České republice.* Ministerstvo zemědělství. Consult, Praha: 253 s.

Němec J. a Kopp J. (eds.), 2009: *Vodstvo a podnebí v České republice.* Ministerstvo zemědělství. Consult, Praha: 255 s.

Novák V., 2012: *Evaporation in the Soil-Plant-Atmosphere System.* Progress in Soil Science. Springer Science + Business Media Dordrecht. 256 pp.

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

Oberndorfer E., Lundholm J., Bass B., Coffmann R. R., Doshi H., Dunett N., Gaffin S., Köhler M., Liu K. K. Y., Rowe B., 2007: *Green Roofs as a Urban Eco-systems: Ecological Structures, Function and Services.* Bio Science. Vol. 57, No. 10, 823 - 833

Optigreen, 2011: *Zelené střechy.* Technická příručka.

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.

Podhrázká J. et al., 2009: *Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro snížení škodlivých účinků povrchového odtoku.* Ministerstvo zemědělství ČR, Praha: 96 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. Sub-surface 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.

Rožnovský et al., 2012: *Sucho na území ČR a jeho dopady.* ČHMÚ Brno, Praha 23. 4. 2012

Ruth M., Coelho D., 2007: *Understanding and managing the complexity of urban systems under climate change.* In: *Climate Policy, Volume 7, Number 4, 2007,* pp. 317-336 (20)

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

Sklenička P., 2003: *Základy krajinného plánování.* Nakladatelství Naděžda Skleničková, Centa spol. s.r.o., Brno: 321 s.

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

Slavík L., Neruda M., 2007: *Voda v krajině.* Fakulta životního prostředí, Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, 176s.

Smith R. E., Smettem K. R. J, Broadbrigde P., Woolhiser D. A., 2002: *Infiltration Theory for Hydrologic Applications.* American geophysical union. Washington DC, USA, 212 pp.

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.

Spitz P. a Prudký J., 2001: *Metodika výpočtu retence vody v povodí při povodních.* Metodika 27/2001. VÚMOP Praha, 41 s.

Stránský D., 2013: *Přírodě blízké hospodaření se srážkovými vodami na stavebním pozemku a jeho důsledky pro územní plánování.* Operační program Praha Adaptabilita. Studijní text pro předmět Ekologie – Doktorské studium. FA ČVUT. Praha, 9 s.

Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vítek J., Suchánek M., Plotěný K., Pírek O., 2012: *Srážkové vody a urbanizace krajiny.* Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, Praha, 72 s.

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.

Šálek J., Křiška M., Pírek O., Plotěný K., Rozkošný M., Žáková Z., 2012: *Voda v domě a na chatě. Využití srážkových a odpadních vod.* Grada Publishing, Praha, 144 str.

Šimek P., 2001: *Městská zeleň.* In: Šrytr P., 2001: Městské inženýrství 2. Academia, AVČR, Praha: 183-225

Šír M., Tesař M., Lichner L., Syrovátka O., 2003: *Projev poruch transpiračního chlazení ve srážko-odtokovém vztahu ve vegetační zóně.* In: Patera A., Váška J., Jakubíková A. (eds.), 2003: Extrémní hydrologické jevy v povodích. Sborník příspěvků z workshopu, ČVUT Praha: 261 – 269.

Štibinger J., 2009: *Odhad drenážních odtoků a jejich vliv na odtokové poměry v krajině.* Stavební obzor č. 1/2009, str. 18 – 23. Vydává ČVUT Praha FS, ČKAIT, ČSSI, fakulta stavební VUT Brno, fakulta stavební VŠB-TU Ostrava, ISSN 1210 – 4027, Praha, ČR

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

Tallaksen L. M., van Lanen H. A. J. (eds.), 2006: *Hydrological Drought Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater.* Developments in Water Science 48. Elsevier, UK. 579 pp.

Tamburrino A., 2010: *Water Technology in Ancient Mesopotamia.* In: Mays L.W, (ed.), 2010: Ancient Mater Technologies. Springer. 280 pp.

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

Tolasz R. et al., 2007: *Atlas podnebí Česka.* 1. vyd., Český hydrometeorologický ústav Olomouc; Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s.

Tomášek M., 2007: *Půdy České republiky.* Česká geologická služba, Praha. 68 s.

Treml, 2012: *Největší hydrologická sucha.* Extrémní jevy v povodích. Workshop Adolfa Patery. FSV, ČVUT v Praze.

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

Trupl J., 1958: *Intensita krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy.* Práce a studie sešit č. 97, VÚV Praha

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.

Ulbrichová I., 2005: *Les a voda.* Skriptum. FLE, dostupný online: http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_EKOL/lesavoda/lesavoda.htm, ČZU v Praze

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.

Vašků Z., 2005: *Povodně v přírodní krajině.* In: Popovský J. [ed], 2005: Živel voda. Agentura Koniklec, edice Živly, Praha: str. 227.

Vaššová D., Kovář P., 2011: *DES_RAIN_variable.* Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze, online dostupné z: http://fzp.czu.cz/vyzkum/programs/des_rain/des_rain_variable.xlsx

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

VLC/DP/23852 26 Drainage Strategy Report Proposed Redevelopment at Hamlet Green, Haverhill, Suffolk, July 2010

Vítek J., 2006: *Hospodaření s budoucností.* In: Macek L., Švec L. [eds]: Nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných povodích. Sborník příspěvků konference. Poďěbrady 6. – 7. 9. 2006. Aquion, Praha: 146 s.

Vopravil J., Khel T., Vrabcová T., Havelková L., Procházková E., Novotný I., Novák P., Fučík P., Duffková R., Jacko K., Tylová J., Hodek T., 2011: *Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině.* Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha, 77 s.

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.

Wischmeier W. H., Smith D. D., 1978: *Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning.* Agriculture Handbook No. 537, U. S. Department Of Agriculture, Washington, DC. 66 s.

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.

Žabička Z., Vrána K., 2011: *Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech.* Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, Praha, 44 s.

PRÁVNÍ PŘEDPISY A NORMY

ČSN 75 0101 *Vodní hospodářství. Základní terminologie.* Účinnost 10/2003

ČSN 75 0110 *Vodní hospodářství. Terminologie hydrologie a hydrogeologie,* Účinnost 05/2010

ČSN 75 6101 *Stokové sítě a kanalizační přípojky.* Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Účinnost 05/2012

ČSN 75 9010 *Vsakovací zařízení srážkových vod.* Účinnost 03/2012

Nařízení vlády č. 117/2014 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 479/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor, ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu

Nařízení vlády č. 143/2012 Sb. o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu

Nařízení vlády č. 262/2007 Sb. o vyhlášení závazné části Plánu hlavních povodí České republiky

Nařízení vlády č. 203/2009 Sb., o postupu při zjišťování a uplatňování náhrady škody a postupu při určení její výše v územích určených k řízeným rozlivům povodní

Nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech

Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Nařízení Vlády České socialistické republiky č. 85/1981 Sb., o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Chebská pánev a Slavkovský les, Severočeská křída, Východočeská křída, Polická pánev, Třeboňská pánev a Kvartér řeky Moravy

Nařízení Vlády České socialistické republiky č. 10/1979 Sb., o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Brdy, Jablunkovsko, Krušné hory, Novohradské hory, Vsetínské vrchy a Žamberk-Králíky

Nařízení Vlády České socialistické republiky č. 40/1978 Sb., o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Beskydy, Jeseníky, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory, Šumava a Žďárské vrchy

Sdělení komise Evropskému parlamentu a radě 2007, ze dne 18. 7. 2007, o řešení problému nedostatku vody a sucha v Evropské unii.

Směrnice Komise 2014/101/EU ze dne 30. října 2014 o změně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES ze dne 16. prosince 2008 o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky, změně a následném zrušení směrnic Rady 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS a 86/280/EHS a změně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23. října 2007 o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES ze dne 15. ledna o integrované prevenci a omezování znečištění ve znění směrnice 2009/31/ES

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES ze dne 12. prosince 2006 o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/113/ES ze dne 12. prosince 2006 o požadované jakosti vod pro měkkýše

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/44/ES ze dne 6. září 2006 o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/11/ES ze dne 15. února 2006 o znečišťování některými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí Společenství

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Směrnice Rady 98/83/ES ze 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu

Směrnice Rady 96/82/ES ze dne 9. prosince 1996 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek

Směrnice Rady 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin

Směrnice Rady 91/692/EHS z 23. prosince 1991 ke standardizaci a racionalizaci zpráv o zavádění určitých směrnic, vztahujících se k životnímu prostředí

Směrnice Rady 91/676/EHS z 12. prosince 1991 k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů

Směrnice Rady 91/271/EHS z 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod

Směrnice Rady 86/280/EHS ze dne 12. června 1986 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění určitých nebezpečných látek uvedených v seznamu I přílohy směrnice 76/464/EHS

Směrnice Rady 86/278/EHS z 12. června 1986 o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při používání čistírenských kalů v zemědělství

Směrnice Rady 85/337/EHS ze dne 27. června 1985 o posuzování vlivů některých veřejných a soukromých záměrů na životní prostředí

Směrnice Rady 84/491/EHS ze dne 9. října 1984 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění hexachlorcyklohexanu

Směrnice Rady 84/156/EHS ze dne 8. března 1984 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vy-pouštění rtuti odvětvími jinými než je elektrolytická výroba chloru a alkalických hydroxidů

Směrnice Rady 83/513/EHS ze dne 26. září 1983 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění kadmia

Směrnice Rady 82/176/EHS ze dne 22. března 1982 o mezních hodnotách a jakostních cílech pro vypouštění rtuti z elektrolytické výroby chloru a alkalických hydroxidů

Směrnice Rady 80/777/EHS ze dne 15. července 1980 o sblížování právních předpisů členských států týkajících se využívání a prodeje přírodních minerálních vod

Směrnice Rady 80/68/EHS ze 17. prosince 1979 o ochraně podzemních vod před znečištěním způsobeným určitými nebezpečnými látkami

Směrnice Rady 79/409/EHS ze dne 2. dubna 1979 o ochraně volně žijících ptáků

Směrnice Rady 76/160/EHS z 8. prosince 1975 o jakosti vody ke koupání

TNV 75 4221, 2004: *Regulace a retardace odtoku na zemědělských pozemcích odvodněných trubkovou drenáží.* MZE ČR, Hydroprojekt, a.s., Praha: 44 s.

TNV 75 9011 *Hospodaření se srážkovými vodami.* Účinnost 04/2013

Usnesení vlády České republiky č. 1082, o Plánech pro zvládání povodňových rizik, ze dne 21. prosince 2015

Usnesení vlády České republiky č. 1083, o Národním plánu povodí Labe, Národním plánu povodí Dunaje a Národním plánu povodí Odry, ze dne 21. prosince 2015

Vyhláška č. 49/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik

Vyhláška č. 48/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 414/2013 Sb., o rozsahu a způsobu vedení evidence rozhodnutí, opatření obecné povahy, závazných stanovisek, souhlasů a ohlášení, k nimž byl dán souhlas podle vodního zákona, a částí rozhodnutí podle zákona o integrované prevenci (o vodoprávní evidenci)

Vyhláška č. 252/2013 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy

Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků

Vyhláška č. 123/2012 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Vyhláška č. 105/2012 Sb. o stanovení veřejných přístavů, ve kterých se rozrušují ledové celiny

Vyhláška č. 216/2011 Sb. o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl

Vyhláška o č. 155/2011 Sb. o profilech povrchových vod využívaných ke koupání

Vyhláška č. 98/2011 Sb. o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod

Vyhláška č. 49/2011 Sb. o vymezení útvarů povrchových vod

Vyhláška č. 24/2011 Sb. o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik

Vyhláška č. 5/2011 Sb. o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod

Vyhláška č. 393/2010 Sb., o oblastech povodí

Vyhláška č. 23/2007 Sb., o podrobnostech vymezení vodních děl evidovaných v katastru nemovitostí České republiky

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků

Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody

Vyhláška č. 391/2004 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 125/2004 Sb., kterou se stanoví vzor poplatkového hlášení a vzor poplatkového přiznání pro účely výpočtu poplatku za odebrané množství podzemní vody

Vyhláška č. 35/2004 Sb., kterou se stanoví náležitosti, forma elektronické podoby a datové rozhraní protokolu o kontrole jakosti pitné vody a vody koupališť

Vyhláška č. 7/2003 Sb., o vodoprávní evidenci

Vyhláška 225/2002 Sb.: *Vyhláška Ministerstva zemědělství o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně.* Vydáno 30. 5. 2002

Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území

Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 241/2002 Sb., o stanovení vodních nádrží a vodních toků, na kterých je zakázána plavba plavidel se spalovacími motory, a o rozsahu a podmínkách užívání povrchových vod k plavbě

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 225/2002 Sb., o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 433/2001 Sb., kterou se stanoví technické požadavky pro stavby pro plnění funkcí lesa

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodo-právního úřadu

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů

Zákon č. 64/2014 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím kontrolního řádu

Zákon č. 275/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Zákon č. 305/2000 Sb. o povodích

Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

WEBOVÉ STRÁNKY

URL1: <http://water.usgs.gov/edu/watercycleczechhi.html>, Schéma oběhu vody, dostupné online.

URL2: <http://www.citg.tudelft.nl/index.php?id=19854&L=1> Schéma intercepce, Water Management, PhD Research, Gerrits A. M. J., dostupné online.

URL3:http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/img/hydrogram_povoden_z_tani.gif, ČHMÚ pro veřejnost. Hydrogram – povodeň z tání, dostupné online.

URL4:http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/img/hydrogram_ledova_povoden.gif, ČHMÚ pro veřejnost. Hydrogram – ledová povodeň, dostupné online.

URL5:http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/img/hydrogram_destova_povoden.gif, ČHMÚ pro veřejnost. Hydrogram – dešťová povodeň, dostupné online.

URL6:http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/img/hydrogram_privalova_povoden.gif, ČHMÚ pro veřejnost. Hydrogram – přívalová povodeň, dostupné online.

URL7:<http://www.glynwed.cz/cs/vodni-hospodarstvi/vsakovani-destove-vody/vsakovaci-blok-garantia-rainbloc.html>, Glynwed, vsakovací blok GARANTIA RainBloc, dostupné online.

URL8:<http://www.glynwed.cz/cs/vodni-hospodarstvi/vsakovani-destove-vody/vsakovaci-blok-garantia-rainbloc.html>, Glynwed, hospodaření se srážkovou vodou, dostupné online.

12 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 recenzním řízení 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 1 – 14

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 - Jindřichovický 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. et al. (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-Lanzhot modelem WBCM.* In Rožnovský J. et al. (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 - Lanzhot.* 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.

13 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

<i>2010 – doposud</i> (doktorandské studium)	Úpravy vodního režimu krajiny ČZU v Praze
<i>2008 – 2010</i> (magisterské studium)	Krajinné inženýrství ČZU v Praze
<i>2005 - 2008</i> (bakalářské studium)	Krajinářství ČZU v Praze
<i>2001 - 2005</i>	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

14 PŘÍLOHY

Příloha 1

STUDIE I

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

Příloha 2

STUDIE II

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

Příloha 3

STUDIE III

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

Příloha 4

STUDIE IV

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