

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Vendula HEJLOVÁ

**MONITORING A MODELOVÁNÍ POVRCHOVÉHO
ODTOKU S VYUŽITÍM GIS**

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Jakub MIŘIJOVSKÝ

Olomouc 2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci magisterského studia oboru Geoinformatika vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Jakuba Miřjovského.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 20. dubna 2012

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jakobovi Miřijovskému za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji RNDr. Vilému Pechancovi Ph.D. za pomoc při řešení problému modelování v GIS a za zapůjčování technických prostředků k vyhotovení diplomové práce.

Za poskytnutá data děkuji Českému úřadu zeměměřičskému a katastrálnímu, Výzkumnému ústavu meliorací a ochrany půdy a Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vendula HEJLOVÁ**
Osobní číslo: **R100123**
Studijní program: **N1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika**
Název tématu: **Monitoring a modelování povrchového odtoku s využitím GIS**
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování:

Cílem magisterské práce je monitorovat a modelovat povrchový odtok s využitím prostředků GIS v zadané lokalitě. Podkladem pro modelování bude vlastní terénní měření s použitím speciálních měřicích zařízení a čidel. Zároveň se předpokládá vytvoření jednoduchého 3D modelu. Do práce budou zahrnuty poznatky o přiválových srážkách, erozi a povrchovém odtoku. Výstupem práce bude kompletní slovní, statistické i grafické zhodnocení povrchového odtoku včetně případně probíhající eroze v zadané lokalitě. Bude podrobně popsána metodika měření a následného zpracování všech údajů. Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně vytvoří zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O magisterské práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

ArcGIS Resource Center: Web-based help [online]. Dostupné z [www:
<http://resources.arcgis.com/content/web-based-help>](http://resources.arcgis.com/content/web-based-help) Ditrich, J. a Schöniger,
M. (2008): HydroŠkript Hydrologie [online]. Dostupný z WWW:
http://www.hydroskript.de/html/_index.html Šanda, M. 1998. Proudění vody
v půdním profilu na svahu horského povodí. doktorské disertační minimum.
ČVUT, Praha. Šanda, M. a Císlarová, M. (1999): Observations of subsurface
hillslope flow processes in the Jizera Mountains region, Czech Republic.
Conference European River Basins Catchment hydrological and biochemical
Processes in changing environment, Liblice, Czech Rep. Voženilek, V. (2002):
Diplomové práce zágeoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého,
Olomouc, UP, 31 s.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jakub Mířijovský
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: 13. června 2010
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2012



L.S.

Prof. RNDr. Jura] Ševčík, Ph.D.
děkan

Prof. RNDr. Vít Voženilek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 13. června 2010

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 CÍLE PRÁCE.....	11
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	12
2.1. Použitá data	12
2.2. Použité programy	12
2.3. Postup zpracování.....	13
3 HYDROLOGICKÉ PROCESY	14
3.1. Oběh vody na Zemi a jeho hydrologická bilance.....	14
3.2. Odtok.....	15
3.2.1. Povrchový odtok.....	16
3.2.2. Podpovrchový (hypodermický) odtok	17
3.2.3. Podzemní odtok.....	17
3.3. Měrné jednotky odtoku.....	17
3.3.1. Zpracování dat o průtocích.....	18
4 ZÁKLADNÍ METEOROLOGICKÉ PRVKY.....	20
4.1. Atmosférické srážky.....	20
4.1.1. Vertikální atmosférické srážky.....	20
4.1.2. Horizontální atmosférické srážky.....	22
4.3. Teplota vzduchu.....	22
4.3.1. Základní charakteristiky teploty vzduchu	23
4.4. Vlhkost vzduchu.....	24
4.4.1. Základní charakteristiky vlhkosti vzduchu.....	24
4.5. Výpar.....	24
5 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI.....	26
5.1. Základní údaje o sledovaném úseku vodního toku.....	27
5.2. Hydrologická charakteristika mikropovodí.....	28
5.3. Geomorfologické a geologické poměry.....	28
5.4. Klimatologické a biologické poměry	29
6 DIGITÁLNÍ MODEL RELIÉFU.....	31
7 VÝZKUMNÉ PLOCHY.....	34
7.1. Výzkumné plochy pro meteorologická měření.....	34
7.1.1. Výzkumná plocha A.....	34
7.1.2. Výzkumná plocha B.....	35
7.1.3. Výzkumná plocha C.....	35
7.1.4. Výzkumná plocha D.....	36

7.2. Výzkumné plochy pro hydrologická měření.....	37
7.2.1. Výzkumná plocha Q1.....	37
7.2.2. Výzkumná plocha Q2.....	37
7.2.3. Výzkumná plocha Q3.....	37
7.2.4. Výzkumná plocha Q4.....	38
8 MONITORING.....	39
8.1. Monitoring meteorologických dat.....	39
8.1.1. Monitoring teploty a vlhkosti vzduchu.....	39
8.1.2. Monitoring srážek.....	41
8.2. Monitoring hydrologických dat.....	43
8.3. Stahování a zpracování dat.....	44
8.3.1. Stažení dat prostřednictvím programu Mini32 ver. 4.2.53.0.....	45
8.3.2. Stažení dat a nastavení datalogeru prostřednictvím programu BoxCar 3.6.0.6.....	46
9 VÝSLEDKY MONITORINGU.....	50
9.1. Meteorologický monitoring.....	50
9.1.1. Jarní období 2011.....	51
9.1.2. Letní období 2011.....	54
9.1.3. Podzimní období 2011.....	58
9.1.4. Zimní období 2011/2012.....	62
9.2. Hydrologický monitoring.....	66
9.2.1. Letní období 2011.....	66
9.2.2. Podzimní období 2011.....	69
9.2.3. Zimní období 2011/2012.....	70
9.3. Srovnání metod měření průtoků.....	72
9.4. Rozdíly v průtoku ve výzkumných plochách.....	73
9.5. Měření plavenin.....	76
10 MODELOVÁNÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU.....	77
10.1. Metoda čísel odtokových CN-křivek.....	77
10.1.1. Objem přímého odtoku.....	77
10.1.2. Určení čísla odtokových křivek (CN).....	78
10.2. Postup a výsledky modelování povrchového odtoku.....	79
11 VODNÍ EROZE V MIKROPOVODÍ.....	83
11.1. Metoda (R)USLE.....	83
11.1.1. Faktor erozní účinnosti deště (R).....	84
11.1.2. Faktor erodovatelnosti půdy (K).....	85
11.1.3. Topografický faktor (LS).....	85

11.1.4. Faktor ochranného vlivu vegetace (C).....	86
11.1.5. Faktor účinnosti protierizních opatření (P).....	86
11.2. Výsledky výpočtu vodní eroze v mikropovodí.....	86
12 DISKUZE.....	88
13 ZÁVĚR.....	89
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
SUMMARY	
SEZNAM PŘÍLOH	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
CN	Curve Number
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
GIS	Geografický informační systém
GPS	Global Positioning System
HPJ	Hlavní půdní jednotka
IPS	Index předchozích srážek
LS	Length Slope
RMSE	Root Mean Square Error
(R)USLE	(Revised) Universal Soil Loss Equation
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
STG	Skupina typů geobiocénů
TIN	Triangulated Irregular Network
USLE2D	Universal Soil Loss Equation
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
ZABAGED®	Základní báze geografických dat

ÚVOD

Hydrologické procesy probíhající v krajině jsou velmi složité a tvoří komplexní systém. Skládají se z velkého množství procesů, pochodů a jsou ovlivňovány mnoha činiteli. Voda patří mezi nejdůležitější složky krajiny, a tak je třeba pochopit vzájemné závislosti a modelovat procesy, které mohou být vyvolány jejím oběhem.

Vliv na hydrologické procesy má mnoho faktorů, a tak jejich předpovídání zahrnuje nejen sledování veličin, které mohou být změřeny přímo v korytě vodního toku, ale i ve sledování klimatických činitelů, které ovlivňují hydrologické procesy. Kromě těchto závislostí jsou důležité například i morfologické, půdní, krajinné, vegetační charakteristiky vybrané oblasti.

Mocnými nástroji k modelování jsou geografické informační systémy (GIS), které se neustále rozvíjejí a poskytují možnosti modelování hydrologických procesů. Pro hydrologické modelování existuje v dnešní době množství hydrologických modelů, které slouží k předpovědím a simulaci. Stále se vyvíjí softwarové a hardwarové prostředí, a tak hydrologické modely mohou zahrnovat složitější operace a mohou do nich vstupovat podrobnější parametry, které vedou ke kvalitnějším výsledkům.

Potřeba předpovídání hydrologických situací je zřejmá, protože díky hydrologickým modelům je například možné včasné upozornění na extrémní hydrologické jevy.

Tato diplomová práce využívá spolupráce Katedry geoinformatiky v Olomouci s EnviCentrem ve Vysokém Polí. Díky této spolupráci bylo zajištěno zázemí a podmínky pro provoz přístrojů, které umožňují získávat informace o veličinách, které ovlivňují hydrologické procesy. V území byly získány i další důležité informace o jevech a prvcích, které se podílejí na hydrologických procesech v krajině.

1 CÍLE PRÁCE

Cíle diplomové práce jsou rozděleny do dvou hlavních okruhů, které vyplývají ze zadání práce. Těmito hlavními okruhy jsou monitoring a modelování povrchového odtoku. Kromě těchto dvou hlavních okruhů a z nich vylývajících dílčích cílů, bude pro území mikropovodí, kde se sledovaná část vodního toku nachází, vytvořena základní fyzickogeografická charakteristika.

Prvním řešeným okruhem diplomové práce je monitoring meteorologických a hydrologických veličin, které ovlivňují povrchový odtok, který je velmi komplexní a je ovlivněn mnoha faktory, a tak není možné jej přímo monitorovat, ale na základě sledovaných závislostí je možné jej modelovat. Pro monitorování meteorologických veličin je třeba se seznámit s měřicími přístroji a nastavit jim potřebné parametry, tak aby pravidelným měřením moho být získáváno co nejvíce informací. Hydrologická data jsou měřena ve vybraných výzkumných plochách. Jedním z dílčích cílů práce je popsat práci s měřicími zařízeními a zpracování dat, která jsou měřením získávána. Naměřená data jsou zpracovávána a jsou mezi nimi vymezovány závislosti v chodu měřených hodnot. Blíže budou popsány extrémní případy, mezi které se mohou řadit extrémní průtoky ve vodním toku.

Pro lepší představu o území, kde jsou měření prováděna, bude vytvořena základní fyzicko-geografická charakteristika území s důrazem na popis sledované části vodního toku a mikropovodí, ve kterém se nachází. Další popis v území bude zaměřen na přiblížení výzkumných ploch, ve kterých jsou vykonávána měření. Sledované části vodního toku bude terénním měřením změřena výšková členitost, polohopisná charakteristika a příčné řezy korytem, které budou změřeny ve dvou místech sledované části vodního toku. Pro charakterizování výškových poměrů území bude vytvořen digitální model reliéfu.

Druhý okruh cílů práce se zabývá modelováním povrchového odtoku s využitím GIS. V GIS existuje nepřeberné množství alternativ, které modelují povrchový odtok v malém povodí. V diplomové práci bude vybrána jedna metoda, která se jeví jako nejvhodnější pro modelování povrchového odtoku ve vybraném území. Kromě povrchového odtoku bude modelována i ztráta půdy, která byla zapříčiněna vodní erozí.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1. Použitá data

Pro vypracování diplomové práce bylo použito velké množství dat. Použitá data jsou rozdělena na tři skupiny tak, aby byly vystiženy tři rozdílné způsoby, jak byla data získána.

První skupinou jsou data, která byla pravidelně získávána měřením meteorologických a hydrologických veličin. Meteorologická data byla měřena v půlhodinových intervalech na vymezených výzkumných plochách a hydrologická data byla získávána měřením v určených dnech ve vymezených výzkumných plochách pro hydrologická měření. Způsoby měření, přístroje na měření a postupy získávání dat z těchto zařízení jsou popsány v kapitole 8.

Druhou skupinu tvoří data, která byla získána terénním měřením. Mezi takto získaná data patří měření nadmořských výšek ve sledované části vodního toku, které bylo prováděno teodolitem. K měření polohopisu bylo využito laserového dálkoměru a buzoly. V terénu byly měřeny i příčné řezy korytem vodního toku. Všem výzkumným plochám, kde byla prováděna hydrologická nebo meteorologická měření, byly pomocí přístroje GPS určeny souřadnice.

Třetí skupinu tvoří data, která byla pro práci poskytnuta. Mezi poskytnutá data patří výškopisná a polohopisná data z datové sady ZABAGED®, která byla poskytnuta ČÚZK. Od Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy byla získána data o bonitonovaně ekologických půdních jednotkách (BPEJ), která byla využita jako podklad pro modelování odtoku v metodě CN-křivek. Posledním poskytovatelem dat pro diplomovou práci byl Ústav pro hospodářskou úpravu lesa, který uvolnil typologická data, díky kterým mohla být zkompletována půdní data v celém mikropovodí. Všechna použitá data byla v měřítku 1 : 10 000.

2.2. Použité programy

První skupina dat byla stahována z přístrojů pomocí programů, které jsou s těmito přístroji kompatibilní. Pro stahování dat ze všech dataloggerů značky HOBO bylo využito software BoxCar 3.6.0.6. K získání dat z dataloggeru MiniCube VV/VX byl využíván program Mini32 verze 4.2.53.0. Data, která byla stažena z meteorologických dataloggerů, byla exportována z nativních programů do programu OpenOffice Calc, kde byly prováděny základní statistické výpočty a kde byly vykresovány grafy. Hydrologická data byla uchováována také v programu OpenOffice Calc, kde byla prováděna výpočtová a grafická práce.

Část dat z druhé skupiny byla přepsána do programu Open Office Calc, kde byly prováděny výpočty, které zahrnovaly základní aritmetické operace, aby bylo možné z dat vykreslit požadované výstupy. Grafická část výstupů byla zpracována v programu

Inkscape 0.47 a CorelDraw. Data z GPS přijímače byla převedena do souřadnicového systému S-JTSK, ve kterém jsou zobrazeny mapové výstupy.

Ze třetí skupiny dat byla vybrána data, která se nacházejí v mikropovodí, na kterém bylo prováděno modelování přímého odtoku metodou CN-křivek a modelování odnosu půdy vodní erozí. Modelování a následné zpracování výstupů ve formě map bylo prováděno v programu ArcGIS 9.3. K výpočtu LS-faktoru pro erozní modelování byly použity programy LS-Converter a USLE2D.

Text práce byl sepsán v software OpenOffice Writer a webové stránky byly psány v programu PSPad 4.5.4.. Styl stránky byl vytvořen v software TopStyleLite 3.10.

2.3. Postup zpracování

Prvním krokem ke zpracování diplomové práce bylo nastudování odborné literatury, která sloužila k ujasnění souvislostí a vybrání nejvhodnějších možností pro celkové zpracování.

Dalším krokem bylo seznámení se s oblastí výzkumu a sledovanou částí vodního toku. V terénu byly vybrány výzkumné plochy pro hydrologická měření a došlo k seznámení se s měřicím zařízením, kterým byl žlab pro měření průtoků. Kromě stanovení výzkumných ploch pro měření průtoků byla v terénu sbírána polohopisná a výškopisná data o sledované části vodního toku. Přístroje pro meteorologický monitoring byly rozmístěny v okolí sledované části vodního toku. Bylo třeba se seznámit s tím, jak je možné z přístrojů stahovat data a s programy, které toto umožňují. Meteorologická i hydrologická měření byla prováděna v průběhu celého roku zpracování diplomové práce. Poté, co bylo získáno větší množství dat, mohly být vytvářeny grafy závislostí, které umožnily zjišťování závislostí mezi naměřenými daty.

Kromě dat, která byla získávána ve terénu, bylo potřeba zažádat o prostorová data, aby mohl být zkonstruován digitální model terénu a aby mohly být provedeny výpočty přímého odtoku a eroze v mikropovodí, ve kterém se sledovaná část vodního toku nachází. Pro výpočet přímého odtoku z povodí byla vybrána metoda CN-křivek a pro zjištění eroze byla zvolena nejpoužívanější metoda pro výpočet eroze nazvaná (R)USLE.

Po sestavení grafických závislostí, výpočtech přímého odtoku a eroze v mikropovodí, kde se sledovaná část vodního toku nachází, mohly být sepsány závěry, které vyplývají ze získaných dat a jejich následných analýz.

Nakonec byly sestaveny webové stránky o diplomové práci.

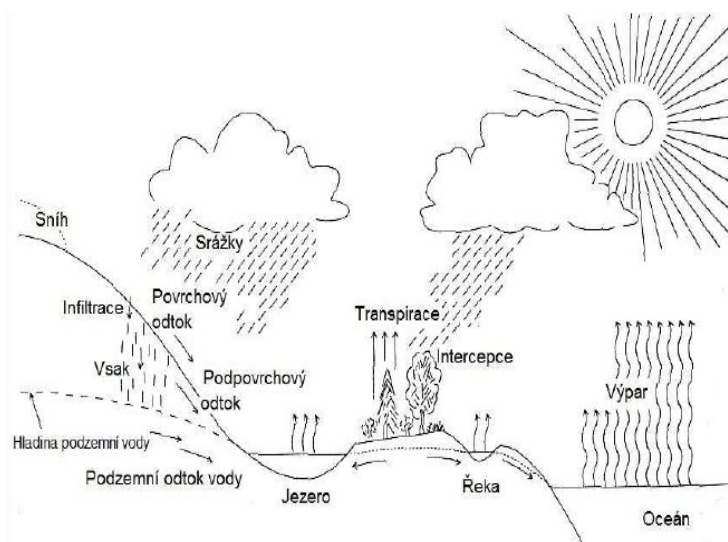
3 HYDROLOGICKÉ PROCESY

3.1. Oběh vody na Zemi a jeho hydrologická bilance

Voda je jedním z nezákladnějších faktorů života na Zemi a je nejdůležitější složkou přírodního prostředí vůbec. Na Zemi voda v různých skupenstvích zaujímá 70,8 % povrchu (Netopil, 1981).

Důležitou vlastností vody je její schopnost neustále se přeměňovat procesem oběhu mezi pevninou a světovým oceánem. Tento oběh vody je popsán pomocí malého a velkého koloběhu vody na Zemi. Při malém koloběhu vody je výpar uskutečňován nad pevninou a srážky vypadávají nad oceánem. Princip velkého koloběhu vody zahrnuje výpar nad oceánem a následný výpad srážek nad pevninou. Koloběh je zakončen návratem vodní masy prostřednictvím odtoku z pevniny zpět do oceánu. Hybnou silou koloběhu vody je sluneční záření, které napomáhá výparu vody z vodní hladiny. Vypařená voda je pomocí vzdušných proudů přenášena nad kontinenty a za určitých podmínek kondenzuje a následně vypadává na zem v podobě atmosférických srážek (Netopil, 1981, Pokorná a Zábranská, 2007).

Hydrologická bilance, která spočívá ve vyjádření vstupů a výstupů vody z povodí, je tvořena přísunem vody ve formě srážek, její ztrátou v podobě výparu a odtokem z povodí (Daňhelka, 2007). Jak lze vidět na obrázku (Obr.1) je hydrologická bilance povodí ve skutečnosti mnohem složitější proces a zahrnuje víc složitějších činností, kterými se voda do povodí může dostat nebo kterými z něj může vystoupit.



Obr. 1 Hydrologická bilance povodí, (zdroj: Pavková, 2010).

Podle Kulhavý a Kovář (2000) lze srážko-odtokový proces popsat základní bilanční rovnicí oběhu vody v milimetrech:

$$P = AES + TQ + W$$

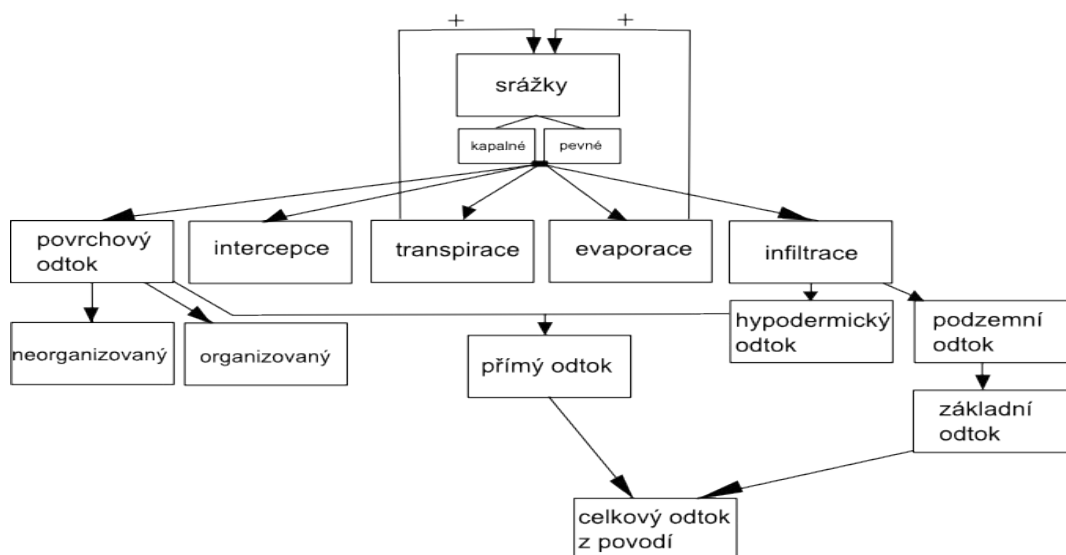
kde: P...výška srážek
AES.. výška územního výparu
TQ...výška celkového odtoku
W...výška odtokové ztráty, tj. zvýšení nebo snížení zásob podporvchové a povrchové vody.

3.2. Odtok

Odtok představuje množství vody, která odečte z povodí za jednotku času (Pokorná a Zábranská, 2007). Odtok se dělí na:

- povrchový
- podpovrchový (hypodermický)
- podzemní

Model odtokového procesu v malém povodí



Obr. 2: Model odtokového procesu, (zdroj: vlastní tvorba podle Kulhavý a Kovář, 2000).

Povrchový a podpovrchový (hypodermický) odtok se označují jako odtok přímý. Jedná se o odtok, který je způsoben vypadáváním srážek a pokračuje následně bezprostředně po ukončení srážkové činnosti. Podzemní odtok je označován jako odtok základní a zahrnuje odtok vody podzemní po uplynutí určité doby od srážkové činnosti nebo v období bez srážek (Kulhavý a Kovář, 2000). Souhrnný odtok z povodí se nazývá celkovým odtokem. Hlavní vlivy na odtok a jeho dělení jsou znázorněny v Obr. 2.

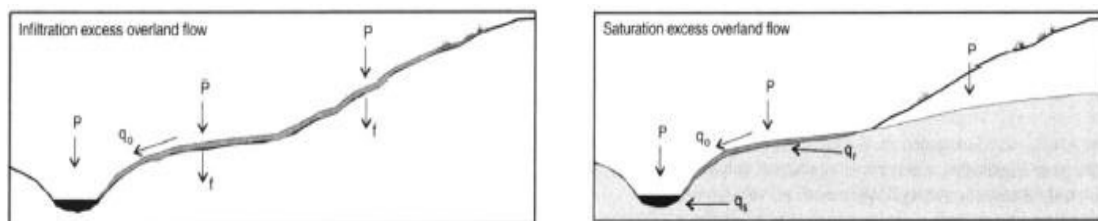
K vystižení odtokových poměrů řek tak, aby mohlo dojít k jejich vzájemnému porovnání, se využívají absolutní i relativní měrné jednotky odtoku. Mezi měrné jednotky odtoku patří průtok (Q), objem odtoku (O), specifický odtok (q), odtoková výška (H_{es}) a součinitel odtoku (Netopil, 1981).

3.2.1. Povrchový odtok

Povrchový odtok zahrnuje vodu, která plošně stéká po povrchu. Jedná se o nejrychlejší část odtoku (Jeníček, 2010). Povrchový odtok je hlavní komponentou koloběhu vody.

Podle Jeníčka (2010) může povrchový odtok vzniknout třemi způsoby:

- překročením infiltrační kapacity (tzv. hortonovský odtok)
- překročením retenční kapacity
- opětovnou exfiltrací vody v nižších částech svahu



Obr. 3: Schéma infiltračního a saturačního procesu, (zdroj: Jeníček, 2010).

Proces tvorby odtoku z dešťových kapek je ovlivňován zachycením kapek vegetací. Tento proces se nazývá intercepce. Kvůli ní se všechna voda z dešťových kapek nedostane na zemský povrch. Míra intercepce závisí na intenzitě srážky a na délce jejího trvání. Část srážek, která se dostane na zemský povrch, nazývá efektivní srážka. Větší část vody z efektivní srážky se infiltruje do půdy. Jedná se o vyhledání preferenčních míst, kde se voda nejnáze dostane do půdy, jsou to například chodbičky živočichů. Pokud je srážka nárazová, tak dochází k celoplošnému vsaku vody do půdy. Pokud se voda z horní vrstvy půdy z nenasyčené zóny pod zemským povrchem dostane zpět na zemský povrch dojde k hypodermickému odtoku. Voda se v půdě dále pohybuje do hlubších půdních horizontů, kde se podílí na podzemním odtoku. Míra infiltrace záleží nejen na intenzitě srážky a délce jejího trvání, ale i na vlastnostech povrchu, na který dopadá. Na nepropustných površích, jako jsou beton, asfalt nebo na zemědělské plochy nedochází k infiltraci, a tak je povrchový odtok uskutečňován s vyšší intenzitou (Daňhelka, 2007).

Voda, která nebyla zachycena vegetací a ani nebyla infiltrována, odtéká po zemském povrchu a vytváří povrchový odtok. Prvotní odtok vody je neorganizovaný a nazývá se ron. Postupně je voda ustálena a soustřeďuje se do ronových rýh až později je všechna akumulována v korytech řek.

Odtok je ovlivňován fyzicko-geografickými i antropogenními faktory. Mezi fyzicko-geografické faktory, které podle Jeníček (2010) a Daňhelka (2007) ovlivňují odtok, patří:

- geologické poměry povodí (pórovitost hornin, puklinový, průlinový systém)
- morfologické poměry povodí (sklonitost, expozice svahů)
- krajinný pokryv v povodí

- využití krajiny v povodí
- půdní vlastnosti (zrnitost, retenční kapacita, infiltrační schopnost)
- tvar a plocha povodí

k antropogenním faktorům patří:

- agrotechnická opatření
- míra upravenosti koryta a okolní krajiny
- zavlažování
- pěstování plodin
- těžba nerostných surovin

3.2.2. Podpovrchový (hypodermický) odtok

Podpovrchový odtok je odtok, který je tvořen vodou infiltrovanou do půdy, která před odtokem z povodí nedosáhla hladiny podzemní vody (Netopil, 1981). Tento druh odtoku pravděpodobně představuje při vysokých srážkách největší složku odtoku a dochází k němu v horní vrstvě půdy v nenasyčené zóně.

Nejčastější příčinou hypodermického odtoku jsou méně propustné, nakloněné vrstvy půdy nebo propojené systémy podpovrchových chodbiček. V porovnání s povrchovým odtokem je hypodermický odtok pomalejší. Obě tyto formy odtoku se často prolínají, a proto jsou v modelech spojené do kategorie, která se nazývá přímým odtokem (Kulhavý a Kovář, 2000, Daňhelka, 2007).

3.2.3. Podzemní odtok

Podzemní odtok je uskutečňován v nasycené zóně půdního profilu a je označován jako základní odtok. Podzemní odtok je uskutečňován i v obdobích beze srážek a ovlivňuje průtok vodních toků v suchém období. Základní odtok není konstantní a reaguje na velikost srážek (Jeníček, 2010, Daňhelka, 2007).

3.3. Měrné jednotky odtoku

Měrné jednotky odtoku se využívají k vystižení a vzájemnému porovnání odtokových poměrů jednotlivých vodních toků.

Základní měrnou jednotkou odtoku je průtok (Q). Průtok vyjadřuje množství vody, která proteče příčným průřezem koryta za jednotku času. Jeho hodnota se vztahuje vždy pouze k místu měření a jeho blízkému okolí. Jednotkou průtoku je m^3/s . Vodnost řeky je možné vyjádřit okamžitým průtokem, průměrným denním průtokem, měsíčním průtokem, ročním průtokem, nebo dlouhodobým průměrným průtokem (Netopil, 1981 32, Miřijovský, 2009). Existuje mnoho metod, které se zabývají měřením průtoku. V této diplomové práci byla použita metoda měření průtoku pomocí žlabu pro měření průtoků, který má na stěně vyrytou stupnici s hodnotami vodního stavu a průtoku. Druhou využitou metodou je metoda zjištění času, za který se naplní nádoba o známém objemu.

Tyto metody měření průtoků jsou používány k měření v menších vodních tocích, které mají malé hodnoty průtoků. Podrobnější popis využitých metod je uveden v kapitolách 8.2. a 9.2..

Další měrnou jednotkou odtoku je objem (množství) odtoku. Tato jednotka vyjadřuje „celkové množství vody, které odteče korytem za vymezený časový úsek“ (Netopil, 1981, s. 32). Vyjadřuje se v m^3 za roční dobu, vybraný rok, vegetační období.

Další měrnou jednotkou je specifický odtok. Specifický odtok vyjadřuje množství vody, která proteče za jednotku času z jednotky plochy povodí. Udává se v l/s/m^2 . K výpočtu této měrné jednotky je třeba znát průtok a plochu povodí (Netopil, 1981).

Odtoková výška je další měrnou jednotkou odtoku a vyjadřuje vrstvu vody rovnoměrně rozloženou na ploše povodí, která odteče za určité časové období. Měrnou jednotkou bývají nejčastěji mm/rok (Kuřík, 2001).

Poslední jednotkou, kterou lze kvantifikovat odtok, je součinitel odtoku. Jedná se o číselnou hodnotu udávající poměr mezi výškou odtoku a srážek spadlých na plochu povodí. Hodnota je vyjádřena desetinným číslem nebo v procentech (Netopil, 1981).

3.3.1. Zpracování dat o průtocích

V diplomové práci byla získávána nespojitá data o průtocích, a tak je třeba tato data vizualizovat a zpracovat. Data, která jsou získávána měřením průtoků na různých místech toku, mohou být zpracovávána nejrůznějšími způsoby. Záleží na tom, zda-li jsou získaná data spojitá nebo nespojitá. Při zpracování údajů o průtocích jsou důležité časové údaje. Určují se průměrné denní průtoky, průměrné měsíční průtoky, průměrné sezónní a roční průtoky. Průměrný průtok v daném místě za řadu let se nazývá dlouhodobým průtokem.

Kromě průměrných hodnot za vybrané období se u průtoků určuje M-denní průtok a P-procentní průtok. M-denní průtok vyjadřuje počet dní, kdy byl průměrný denní průtok dosažen nebo překročen. P-procentní průtok je vyjádření hodnoty překročení průměrného průtoků za zvolené období v procentech. Tyto charakteristiky se určují z čáry překročení průtoků (Pokorná a Zábranská, 2007).

Čára průtoků slouží k porovnání průběhu a vodnosti toku. Jedná se o vyjádření časové změny v určitém období. K vykreslení v grafu se používá spojitá čára nebo sloupcový diagram. Z čáry průtoků lze vyčíst průměrnou hodnotu i hodnoty extrémní. Proteklé množství vody je vyjádřeno plochou, která je vymezena čarou průtoků a pořadnicemi, které vyjadřují zkoumané období (Pokorná a Zábranská, 2007, Kuřík, 2001).

Čára rozdělení četnosti rozděluje naměřené hodnoty průtoků do vymezených intervalů. K vyjádření se využívá histogramů.

Kromě vyjádření průměrných hodnot průtoků je důležité vyjádření maximálních a minimálních hodnot. Maximální průtok charakterizuje nejvyšší denní průtok ve zvoleném období. Minimální průtok je dán nejnižším denním průtokem ve zvoleném období. Z extrémních hodnot průtoků se určují N-leté maximální a minimální průtoky, které vyjadřují maximální nebo minimální průtok, který je dosažen nebo překročen po n-

dní v roce. U extrémních průtoků je možné určovat dobu jejich trvání, a tak zjistit závažnost situace, která může být extrémní hodnotou průtoků způsobena (Pokorná a Zábranská, 2007, Kuřík, 2001).

Měrná křivka průtoků, nebo-li konsumpční křivka, je metoda, která ukazuje závislost vodního stavu a průtoků změřeného na příslušné stanici. Při konstrukci této křivky jsou na osu x vynášeny hodnoty průtoků a na osu y se vynášejí vodní stavy, které jsou nejčastěji měřeny kontinuálně. Vodní stav vyjadřuje výšku hladiny vodočtu od bodu, který je přesně nivelačně zaměřen. Vodní stavy se nejčastěji udávají v milimetrech. Průtok se stanoví pomocí vybrané metody měření průtoků. Nejčastěji je vybranou metodou určení průtoků hydrometrování, které je založeno na využití hydrometrické vrtule, která se ve vodním toku otáčí rychlostí úměrnou rychlosti vodního proudu a zaznamená se počet otáček vrtule za časovou jednotku. Měří se ve svislicích v několika bodech příčného řezu korytem. Konzumční křivka není platná delší dobu, a tak je třeba ji po delším čase obnovovat, protože je závislá na mnoha změnách jako jsou změna sklonu dna, změna příčného řezu, změna drsnosti koryta (Pokorná a Zábranská, 2007, Miřijovský 2009, Ředinová a kol., 2009).

4 ZÁKLADNÍ METEOROLOGICKÉ PRVKY

Oběh vody na Zemi je ovlivňován meteorologickými prvky. Nejzákladnější meteorologické prvky ovlivňující oběh vody na Zemi jsou nazývány klimatickými činiteli oběhu vody a patří mezi ně především srážky a výpar. Obecně mezi základní meteorologické prvky patří atmosférické srážky, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, teplota půdy, sluneční záření, výpar, tlak vzduchu, oblačnost, sluneční svit, směr a rychlost větru. V rámci diplomové práce byly naistalovány ve výzkumných plochách datalogery pro měření prvních pěti základních meteorologických prvků.

Meteorologické prvky, které byly v rámci diplomové práce zkoumány budou rozebrány podrobněji, aby je bylo možné podrobněji rozebrat v rámci naměřených výsledků v kapitole 9.

4.1. Atmosférické srážky

Atmosférické srážky vznikají kondenzací vodních par v atmosféře, na zemském povrchu nebo na předmětech. Kondenzace nastává při dosažení stavu nasycení. Atmosférické srážky se dělí na srážky vertikální a horizontální (Vysoudil, 2006).

4.1.1. Vertikální atmosférické srážky

Vertikální atmosférické srážky jsou srážky, které padají z oblaků, pokud dojde ke kondenzaci vodních par a pokud je v atmosféře dostatek mikroskopických kondenzačních jader, která jsou hygroskopická a podchlazená (Pokorná a Zábranská, 2007).

Rozlišuje se velké množství základních tvarů vertikálních atmosférických srážek. Každý tvar atmosférické srážky je spojen s určitým typem oblaku. Mezi nejznámější typy atmosférických vertikálních srážek patří dešť a sníh. Deštěm jsou nazývány vodní srážky, které vypadávají z oblaků ve formě kapek a jejich průměr se pohybuje mezi 0,5 mm až 7 mm. Sněhem jsou označovány tuhé srážky, které se skládají z ledových krystalků a mají nejčastěji tvar šesticípé hvězdy (Vysoudil, 2006, Pokorná a Zábranská, 2007).

Vertikální atmosférické srážky jsou měřeny na srážkoměrných stanicích, které jsou provozovány ČHMÚ.

Srážky jsou měřeny srážkoměry. Srážkoměr je složen z válcovité srážkoměrné nádoby, nálevky a sběrné konvice, kam srážky stékají. Každé ráno v 7:00 se voda ze sběrné konvice přelévá do kalibrovaného skleněného válce, v němž se zjistí srážkový úhrn s přesností na 1mm (Pokorná a Zábranská, 2007, Kuřík, 2001).

Časový průběh srážek je zjišťován pomocí ombrografu, díky kterému je možné zjistit kolik srážek a v jakou dobu napadlo. Ombrografy jsou postupně nahrazovány člunkovými srážkoměry, které umožňují zaznamenání překlopení člunku srážkoměru na připojený datalogger.

Na principu nepřetržitého zaznamenání hmotnosti nádoby se srážkou pracují váhové srážkoměry. Váha je zaznamenána na velmi přesných tenzometrických váhách. Naměřená data jsou ukládána na záznamové jednotky (Pokorná a Zábranská, 2007).

Na nepřístupných místech v terénu jsou pro měření srážek používány totalizátory. Srážkový úhrn je zjišťován ve velkých časových intervalech a tak je potřeba, aby spadlé srážky byly uschovány po co nejdelší dobu bezetrát.

Pro účely této práce byly srážky měřeny člunkovými srážkoměry, které jsou ve vlastnictví Katedry Geoinformatiky v Olomouci. Tyto přístroje byly naistalovány v blízkosti sledovaného vodního toku ve výzkumných plochách A, B a D. Bližší popis vlastních přístrojů a výzkumných ploch je uveden v kapitole 8 a kapitole 7.

Základní charakteristiky vertikálních atmosférických srážek

Nejčastěji zpracovávanou srážkovou charakteristikou jsou srážkové úhrny (H). Srážkové úhrny se mohou vztahovat k rozličně dlouhým časovým úsekům. V klimatologii se nejčastěji využívají měsíční srážkové úhrny. Srážkový úhrn vyjadřuje výšku srážek spadlých v určitém bodě, kde se nachází měřící přístroj (Pokorná a Zábranská, 2007). V této diplomové práci jsou počítány půlhodinové, hodinové a denní srážkové úhrny, jež jsou získávány ve třech výzkumných plochách (A, B a D). Srážkové úhrny jsou platné pouze v bodě, kde probíhá měření. Pokud je potřeba získat plošné hodnoty musejí, být bodově naměřené hodnoty interpolovány a vykresleny izohyety, které spojují místa se stejným srážkovým úhrnem.

Počítají se i četnosti výskytu měsíčních srážkových úhrnů. Tyto četnosti mohou být absolutní nebo relativní. Pro doplnění se počítají dny se srážkami a srážková pravděpodobnost. Vymezují se intervaly srážkových úhrnů a počítá se kolikrát byly tyto intervaly naplněny. Srážkový den je den, kdy denní srážkový úhrn byl nejméně 0,1 mm. Velmi významnou charakteristikou je také uvedení dnů se srážkami a počet dní bez srážek. Za srážkové nebo bezesrážkové období jsou považovány periody, ve kterých se vyskytly, nebo nevyskytly srážky. V našich podmínkách bývá za spodní hranici považována doba pěti dní (Vysoudil, 2006). Ze srážkových úhrnů může být určena celková doba trvání deště a jeho celkový úhrn.

Kromě srážkových úhrnů jsou vypočítávány intenzity deště (i). Intenzita deště je vyjádřena podílem srážkového úhrnu a doby jeho trvání (Vysoudil, 2006).

Podle Slabá (1972) se vymezuje pět stupňů intenzity vertikálních atmosférických srážek, které jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1: Dělení hodinové intenzity deště, (zdroj: Slabá, 1972) .

Označení	Intenzita	Srážkový úhrn [mm]	Popis
00	velmi slabý	0,0 mm	neměřitelné, ojedinělé kapky
0	slabý	0,1 mm/h až 2,5 mm/hod.	Jednotlivé kapky deště se dají snadno

			rozeznat, ale neodrážejí se od dlaždic, střech, ploch...
1	mírný	2,6 mm/h až 8 mm/h	Jednotlivé kapky se nedají jasně rozeznat, nad tvrdými povrchy jsou zřetelné oskakující kapky deště.
2	silný	8,1 mm/h až 40 mm/h	Děšť se zdá, že padá v pásmech, kapky se odrážejí od tvrdých povrchů do několika centimetrů
3	velmi silný	více než 40 mm/h	Padající děšť vytváří souvislou vodní clonu, voda nestačí odtékat z vodorovného povrchu. Je snížena dohlednost.

Kromě intenzity dešťových srážek se vymezuje i intenzita mrholení, která má čtyři stupně od velmi slabé intezity až po silnou intezitu, která nabývá hodnot od 0,2 mm/h do 0,3 mm/h. V zimním období se určuje intezita sněžení, která je odhadována na základě výšky nového sněhu a zhoršené viditelnosti při jeho vypadávání (Slabá, 1972).

4.1.2. Horizontální atmosférické srážky

Horizontální atmosférické srážky vznikají v případě, že dochází ke kondenzaci na zemském povrchu nebo předmětech na něm. Horizontální atmosférické srážky mají odlišný tvar, způsob vzniku a skupenství. Mezi nejznámější formy horizontálních atmosférických srážek patří rosa a jinovatka.

4.3. Teplota vzduchu

Teplota vzduchu se měří ve 2 metrech nad zemským povrchem a označuje se jako přízemní teplota. Teplota vzduchu se během dne nejaktivněji ohřívá od aktivního povrchu, a tak souvisí denní chod teploty s denním chodem teploty aktivního povrchu. Čas maxima teploty vzduchu se s výškou zpožďuje a čas minima zůstává stejný. Rozdíl mezi naměřenou maximální a minimální teplotou v určitém časovém rozmezí se označuje jako teplotní amplituda. Teplotní amplituda může být ovlivněna mnoha faktory jako typem

počasí, ročním obdobím, nadmořskou výškou, vzdáleností od oceánu a charakterem georeliéfu (Vysoudil, 2006).

Průběh křivky teploty se liší v závislosti, na tom jaký typ počasí nastává. Pokud je jasná obloha a slabý vítr, tak jsou zjištěné teplotní amplitudy větší a tento typ počasí je označován jako radiální typ počasí. Pokud je zataženo a teplota se během dne příliš nemění, tak je tento typ počasí označován jako advekční.

Pro klimatologické účely se využívá teplota suchá, vlhká, maximální, minimální a maximální a minimální přízemní.

K měření teploty vzduchu se využívají skleněné kapalinové teploměry, které využívají rozdílné teplotní roztažnosti. Dále jsou využívány deformační teploměry a elektrické teploměry. Elektrické teploměry mohou být odporové nebo termoelektrické (Vysoudil, 2006, Pokorná a Zábranská, 2007).

V diplomové práci jsou využívány datalogery pro automatické zaznamenání teploty vzduchu v půhodinovém intervalu.

4.3.1. Základní charakteristiky teploty vzduchu

Pozorovacími termíny pro měření teploty vzduchu je 7, 14 a 21 hodin středního místního času, z důvodu minimalizování projevu výšky Slunce nad zemským povrchem. Průměrná denní teplota je jeden z nejklíčovějších ukazatelů a vypočítá se následovně:

$$t_d = (t_7 + t_{14} + 2t_{21}) / 4 \quad (\text{Vysoudil, 2006})$$

K popisu lokality se používají údaje o počtu dní s určitou charakteristikou. Charakteristické dny se vymezují podle tabulky (Tab. 2).

Tab. 2: Charakteristické dny podle teplot, (zdroj: Vysoudil, 2006).

Název dne	Charakteristika
Tropický	Maximální denní teplota > 30,0°C
Den s tropickou nocí	Noční minimální teplota > 20,0°C
Letní	Maximální denní teplota > 25,0 °C
Mrazový	Minimální denní teplota < 0,0°C
Ledový	Maximální denní teplota < 0 ,0°C
Arktický	Maximální denní teplota < -10,0°C

Kromě teplotních průměrů lze z naměřených teplotních údajů určovat maximální, minimální teploty, které poukazují na extrémní chování systému. Další důležitou teplotní charakteristikou je určení amplitudy teploty, která charakterizuje rozdíl mezi minimální a maximální teplotou naměřenou v daném místě. Rozložení teplot v prostoru není příliš variabilní a je ovlivňováno především nadmořskou výškou.

4.4. Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu vyjadřuje množství vodních par ve vzduchu. K vyjádření obsahu vodních par ve vzduchu se podle Vysoudil (2006) používá napětí (tlak) vodních par (e), poměrná (relativní) vlhkost vzduchu (r), sytostní doplněk (d), absolutní vlhkost vzduchu (a), specifická (měrná) vlhkost vzduchu (s), poměr směsi (w) a rosný bod, nebo-li jeho teplota.

V této diplomové práci jsou nejčastěji pro vyjádření obsahu vodních par ve vzduchu využívány hodnoty poměrné (relativní) vlhkosti. Kromě relativních vlhkostí vzduchu, které jsou měřeny ve výzkumných plochách (A, B, C), je měřena ve výzkumných plochách A a B i absolutní vlhkost vzduchu a rosný bod. Tyto hodnoty nejsou v diplomové práci podrobněji zpracovány, a tak zde nebudou podrobněji popsány.

Poměrná, nebo-li relativní vlhkost vzduchu, vyjadřuje kolik procent z vlhkosti obsahuje vzduch z množství, které by mohl pojmout při dané teplotě. Relativní vlhkost se vypočítá poměrem skutečného napětí vodních par (e) k maximálně možnému napětí nasycení (E), které panuje při dané teplotě. Hodnota napětí nasycení roste s teplotou vzduchu (Vysoudil, 2006, Pokorná a Zábranská, 2007). Z tohoto vyjádření plyne, že hodnoty teploty vzduchu budou inverzní k hodnotám relativní vlhkosti.

Nejčastěji používané přístroje na měření vlhkosti vzduchu jsou psychrometry anebo hygrometry.

Psychrometry jsou založeny na principu měření teploty suché a vlhké. Rozdíl mezi těmito teplotami se nazývá psychrometrickou diferencí. Teploměr měřící vlhkou teplotu ukazuje zpravidla nižší hodnoty než teploměr suchý, protože je mu odpařováním vody odebíráno teplo. Intenzita odpařování je úměrná rozdílu napětí tlaku vodních par a napětí nasycení (Vysoudil, 2006, Pokorná a Zábranská, 2007). Dnes se využívají i termočláňkové psychrometry, které jsou založeny na stejném principu s využitím termočláňky měřených suchých a vlhkých teplot.

Hygrometry slouží k určení relativní vlhkosti vzduchu. Princip je založen na smrštění se suchého a vlhkého odmaštěného lidského vlasu (Vysoudil, 2006).

4.4.1. Základní charakteristiky vlhkosti vzduchu

Nejčastěji zpracovávanými charakteristikami vlhkosti vzduchu jsou relativní vlhkosti. Zjišťuje se jejich denní chod, který by měl být opačný k dennímu chodu teplot ve sledované oblasti. Na základě změn relativních vlhkostí v čase lze zjistit, o jaký typ počasí se jedná. U relativních vlhkostí jsou zjišťovány, stejně jako u teplot vzduchu, její amplitudy, které poukazují na kolísání relativních vlhkostí (Vysoudil, 2006).

Rozložení vlhkostí vzduchu v prostoru je závislé na teplotě vzduchu, ale také na rozložení srážek, protože vlhkost vzduchu závisí na obsahu vody ve vzduchu.

4.5. Výpar

Vypařování je proces při kterém voda přechází z kapalného skupenství do plynného. Výpar představuje množství vody (objem nebo vrstvu), které se za určitý časový interval

vypaří z vymezené plochy (Kuřík, 2001). Výpar je velmi důležitým činitelem, jehož charakteristiky mají vliv nejen na hydrologický cyklus, ale také na biologický vývoj nebo na ekologii. Výpar může probíhat z nejrůznějších typů povrchů, podle čehož se rozlišují typy výparu. Výpar může probíhat z volné vodní hladiny, ze sněhu, z ledu, z vody, z půdy nebo z povrchů rostlin. Všechny tyto typy výparů mají své jednoznačné označení.

Pokud dochází k výparu z pevného skupenství vody přímo do plynného hovoří se o sublimaci. Tento děj probíhá ve spojitosti s vypařováním ze sněhu a ledu (Pokorná a Záborská, 2007).

Výpar v vodních ploch je ovlivněn mnoha činiteli. Mezi hlavního činitele přechodu z kapalného skupenství do pevného patří napětí vodních par pod hladinou. Kromě napětí vodních par je výpar podle Pokorná a Záborská (2007) ovlivněn teplotou vody, teplotou vzduchu, atmosférickým tlakem, kvalitou vody, větrem, tvarem vodní plochy.

Projevem života rostlin je transpirace, což je množství vody vydechované do atmosféry povrchy rostlin. Jedná se o projev dýchání rostlin. Do transpirace není zahrnuto vypařování z povrchu půdy. Kolik rostliny spotřebují vody k transpiraci je individuální a záleží na mnoha faktorech jako například bohatost období na srážky, dostatečném přísunu vody, na druhu rostlin, na jejich vývojové fázi atd. (Kuřík, 2001, Pokorná a Záborská, 2007).

Evapotranspirace je souhrnným pojmem, který shrnuje výpar z rostlin a výpar z půdy. Jedná se o jeden ze základních procesů oběhu vody v povodí, který vstupuje do hydrologických modelů, zejména do modelů, které řeší vodní bilanci v delším časovém sledu (Daňhelka, 2007, Pokorná a Záborská, 2007).

5 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI

Pro meteorologický a hydrologický monitoring bylo zvoleno území obce Vysoké Pole. Katedra Geoinformatiky v Olomouci spolupracuje s nově vybudovaným EnviCentrem na území obce. V tomto území byly naistalovány přístroje pro monitoring dat a byl zde prováděn i manuální monitoring průtoků a vodních stavů místního vodního toku.

Obec Vysoké Pole se nachází na východní Moravě ve Zlínském kraji v okrese Zlín. Nedaleko jsou města Valašské Klobouky vzdálené 7 kilometrů a Vizovice, které jsou ve vzdálenosti 13 kilometrů. Výměra katastrálního území Vysoké Pole je 1211 ha. Průměrná nadmořská výška obce je 423 m.n.m. Co se týče demografického vývoje, tak počet domů v obci a s ním i počet obyvatel roste. V roce 2004 měla obec 249 obyvatel (Obec Vysoké Pole, 2012).

Pro lepší přehled fyzicko-geografických poměrů v okolí sledovaného úseku vodního toku bude provedena základní fyzickogeografická charakteristika mikropovodí, do kterého náleží sledovaná část vodního toku. Budou hodnoceny hydrologické, geomorfologické, geologické, klimatologické a biologické poměry oblasti. Jako první jsou uvedeny základní údaje o sledovaném úseku vodního toku.



Obr. 4: Sledovaná část vodního toku a jemu příslušící mikropovodí, (zdroj: ZABAGED® a WMS služba poskytovaná na geoportal.gov).

5.1. Základní údaje o sledovaném úseku vodního toku

Sledovaný tok pramení v nadmořské výšce 488 m.n.m. pod vrchem Rovné, který se nachází v nadmořské výšce 519. Tok se po 2,3 km délky vlévá do Vláry, a tak spadá do úmoří Černého moře. Sledován byl horní tok vodoteče do nadmořské výšky 472 m.n.m. Převýšení sledované části toku činí 39 metrů. Podélný profil sledovaného toku je v příloze 1. Délka sledované části vodního toku je 701 metrů se zahrnutím jeho zákrutů. Tento údaj byl zjištěn měřením s laserovým dálkoměrem v lomových místech toku. V tomto úseku byly vymezeny výzkumné plochy pro hydrologická měření. Z rozdílu hodnot mezi nejvyšším a nejnižším bodem lze určit spád sledované části toku (Zapletal, 2000). Jeho hodnota je 5,56 %. Dolní část sledovaného úseku je ukázána na Obr. 5.

V okolí sledované části vodního toku jsou rozmístěny přístroje pro monitoring meteorologických veličin. V oblasti je rozličný krajinný pokryv, což umožňuje porovnání vlivu okolní vegetace na měřené meteorologické veličiny. Horní tok spadá do lesních ploch a je pokryt smíšenými lesy. Okolí dolní části sledovaného toku je pokryto trvalým travním porostem.

Polohopisný náskres sledovaného úseku vodoteče je k nahlédnutí v příloze 2. Tento náskres byl vyhotoven na podkladě měření v terénu. V terénu byla provedena měření, která využívala laserového dálkoměru a buzoly. Byly měřeny vzdálenosti mezi jednotlivými zákruty koryta a byl určen jejich azimut. Azimut je úhel, který svírá daný směr se severem.

V příloze 3 je příčný řez koryta v dolní části sledovaného úseku toku. Měření bylo prováděno v místě, kde se nachází výzkumná plocha Q1. K měření bylo využíváno vodorovně nataženého pevného provazu, na kterém byly vyznačeny míry ve vzdálenosti pěti centimetrů. V této vzdálenosti byly měřeny vzdálenosti od vodorovně umístěného provazu k terénu. V náskresu je označen i omočený obvod, který byl aktuální ve dne měření (7. 12. 2011). V příloze 4 je vykreslen příčný řez korytem v horní části sledovaného úseku vodního toku. Konkrétně se jedná o místo, kde se nachází výzkumná plocha Q3. Postup měření v terénu byl stejný jako měření u předešlého příčného řezu.



Obr. 5: Dolní tok sledované části vodoteče v letním a zimním období, (autor: Hejlová, 2011, 2012).

5.2. Hydrologická charakteristika mikropovodí

Pro potřeby diplomové práce byla sledována jen horní část vodního toku. Celá vodoteč, která protéká západní částí obce Vysoké Pole, nemá stanovené oficiální jméno. Údaje o povodí 4. řádu, ve kterém se vodní tok nachází, jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3).

Tab. 3: Informace o povodí, (zdroj: HEIS, <http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=vtu&>).

ID hydrologického povodí	421080480
Číslo hydrologického pořadí	4-21-08-048/0
Název toku	-
Spadá do povodí 1. řádu s označením	4
Spadá do povodí 2. řádu s označením	421
Spadá do povodí 3. řádu s označením	42108
Délka údolnice	1,75 km
Povodí 3. řádu	Váh od odbočení Púchovského kanálu po jeho zaústění
Oblast povodí	Povodí Moravy
ID koordinační oblasti	1620
Název koordinační oblasti	Váh (Morava)
ID pramenného úseku	420200900100
Plocha mikropovodí sledovaného toku	2,8 km ²

5.3. Geomorfologické a geologické poměry

Tab. 4: Geomorfologické členění, (zdroj: Geoportal.gov, 2012).

Provincie	Západní Karpaty
Podprovincie	Vnější západní Karpaty
Oblast	Slovensko-moravské Karpaty
Celek	Vizovická vrchovina
Podcelek	Luhačovická vrchovina
Okrsek	Pozlovická brázda
Okrsek	Drnovická pahorkatina

Z geomorfologického hlediska se oblast mikropovodí řadí do alpínsko-himalájského systému v provincii Západní Karpaty a subprovincii Vnější západní Karpaty. V mikropovodí se nacházejí dva okrsky. V horní části mikropovodí je Pozlovická brázda a v dolní části se nachází Drnovická pahorkatina.

Provincie Západní Karpaty se na západě stýká s Českým masivem. Karpatská pohoří vznikla vyvrásněným mocných horninových komplexů především sedimentů. Hlavní vrásnění spadají do konce druhohor a do třetihor těmito pochody byl původní sedimentační prostor značně zúžen. Jsou význačné svým výrazným zonálním uspořádáním a příkrovovou stavbou. Obsahují čelní prohlubeň, bradlové a flyšové pásmo. Ve flyšovém pásmu se střídají vrstvy pískovců a jílovců. Jílovcová souvrství se projevují sníženinami v terénu, nebo tvoří mírnější svahy. Naproti tomu pískovcová souvrství vystupují nad povrch v podobě hřbetů, či příkřejších svahů (Grygar).

Geologické podloží je tvořeno pískovci a jílovcem. Bezprostředně kolem vodního toku se nachází vrstva nivních sedimentů, které jsou nezpevněné a jsou tvořeny hlínou, pískem a šterkem. Za vyšších vodních stavů je tato oblast zaplavována. Na vrstvu nivních sedimentů navazuje vrstva tvořená písčito-hlinitými sedimenty. Jedná se o nezpevněný sediment, jehož mineralogické složení je pestré. U horního toku je povrch pokryt smíšeným sedimentem, který je nezpevněný a je tvořen jemnozrnnými sedimenty. Všechny tyto nezpevněné sedimenty byly vytvořeny ve čtvrtohorách. Nezpevněné sedimenty jsou obklopeny vrstvou zpevněných sedimentů, které jsou tvořeny pískovci a jílovcem (ČGS, 2010).

5.4. Klimatologické a biologické poměry

Přírodní poměry celé České republiky jsou charakterizovány mírným vlhkým podnebím se střídáním čtyř ročních období a převládajícími západními větry.

Území České republiky je podle Quittovy klasifikace rozděleno na tři klimatické oblasti – teplou, mírně teplou a chladnou. V České republice je v těchto třech oblastech rozlišeno 23 jednotek, které jsou definovány kombinacemi 14 klimatologických charakteristik (Vysoudil, 2006).

Mikropovodí patří do mírně teplé podnebné oblasti. Mírně teplá podnebná oblast se dále dělí na 7 podoblastí. Sledovaná oblast spadá z největší části do podoblasti MT7, která se vyznačuje charakteristikami uvedenými v tabulce (Tab. 5). Malá část mikropovodí spadá do MT9, jejíž charakteristické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5).

Tab. 5: Charakteristika oblasti MT7 a MT9, (zdroj: Tolasz, 2007).

Charakteristika	MT7	MT9
Počet letních dní	30-40	40-50
Počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více	140-160	140-160

Počet dní s mrazem	110-130	110-130
Počet ledových dní	40-50	30-40
Průměrná lednová teplota	-2 až -3	-3 až -4
Průměrná červencová teplota	16-17	17-18
Průměrná dubnová teplota	6-7	6-7
Průměrná říjnová teplota	7-8	7-8
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	100-120	100-120
Suma srážek za vegetační období	400-450	400-450
Suma srážek v zimním období	250-300	250-300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60-80	60-80
Počet zatažených dní	120-150	120-150
Počet jasných dní	40-50	40-50

Území České republiky se z fyto geografického hlediska člení do 3 fyto geografických oblastí. Největší plochu České republiky zaujímá oblast mezofytika, do které spadá také vybrané území. Tato oblast tvoří přechod mezi teplomilnou a chladnomilnou květenou (Divíšek a kol., 2010).

Fyto geografickým obvodem je karpatské mezofytikum, 79 Zlínské vrchy (Geoportal.gov, 2012).

Potenciální přirozenou vegetací v této oblasti je Ostřicová dubohabřina, která se vyznačuje převahou habru a dubu zimního, ve stromovém patře. Keřové patro je proměnlivě vyvinuté a bylinnému patru dominuje ostřice chlupatá (Demek a kol., 2006).

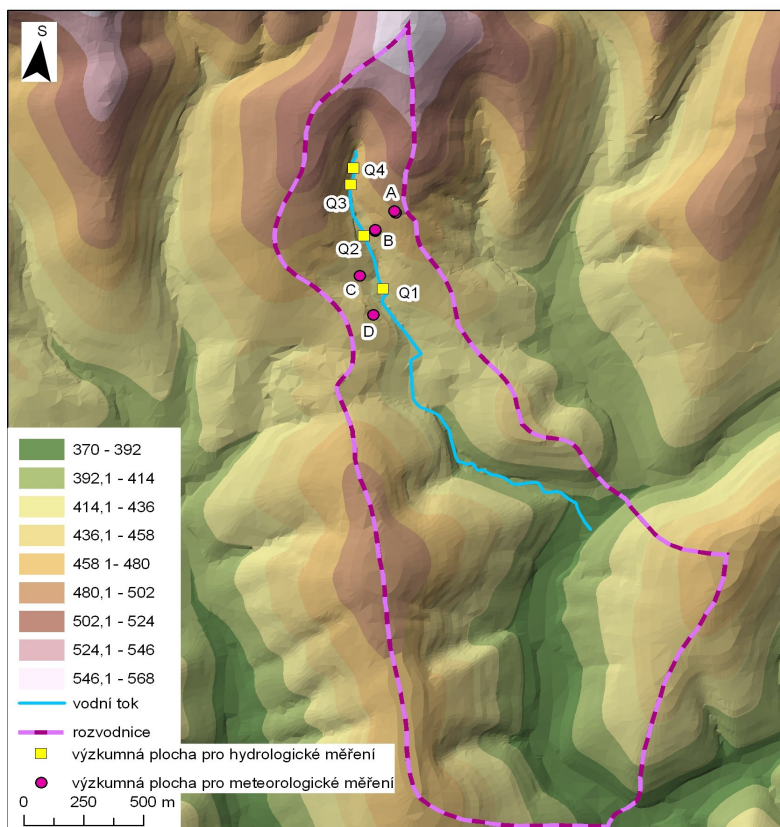
Z hlediska individuálního biogeografického členění spadá oblast do provincie středoevropských listnatých lesů, západokarpatské podprovincie a bioregionu označeného 3.7 Zlínské (Geoportal.gov, 2012).

6 DIGITÁLNÍ MODEL RELIÉFU

Digitální model reliéfu je digitální reprezentací terénu. Terén je reprezentován množinou výšek, které jsou vztaženy ke konkrétnímu bodu v terénu a jsou pravidelně nebo nepravidelně rozmístěné v území. V tomto modelu nejsou do výpočtu zahrnuty geografické objekty na zemském povrchu jako stromy, budovy a jiné objekty (Vojtek, 2012).

Pro území byl z vrstevnic, které byly poskytnuty ČÚZK v rámci datové sady ZABAGED®, vytvořen digitální model reliéfu. V této datové sadě jsou poskytovány vrstevnice po 5 metrech. Pro reprezentaci terénu v okolí obce Vysoké Pole byl vytvořen jak model vektorový, tak model rastrový. Před vlastní tvorbou digitálního modelu reliéfu musela být data upravena, aby byla topologicky korektní a bylo s nimi možné plnohodnotně pracovat.

Vektorový model reliéfu byl vytvořen pomocí extenze 3D Analyst, která nabízí možnost vytvoření vektorového digitálního modelu terénu. Do tohoto modelu mohou být zahrnuty kromě vrstevnic i údolnice a hřbetnice, které pomáhají odstranit bezodtokové oblasti, vyplňovat plošiny a domodelovat vrcholky. Vektorový model reliéfu se nazývá TIN a je tvořen nepravidelnou trojúhelníkovou sítí, která musí splňovat Delaunay kritérium, které definuje, že do kružnice opsané každému z trojúhelníků nepadne žádný jiný bod (Vojtek, 2012, Talhofer, 2008). Výsledný vektorový digitální model je na obrázku (Obr. 6). Pro lepší orientaci je v něm zobrazen vodní tok, jehož část byla sledována, rozvodí a výzkumné plochy, kde byla prováděna měření.



Obr. 6: Vektorový digitální model reliéfu, (zdroj: ZABAGED®, vlastní tvorba).

Kromě vektorového modelu reliéfu byl vytvořen i rasterový model, který se nazývá grid. V rasterovém modelu má každá buňka přiřazenu výšku, která je stejná pro celou plochu buňky (Vojtek, 2012). V GIS se zpravidla jedná o výsledek interpolace, která počítá nadmořské výšky v místech, kde nejsou zadány. Interpolace vychází ze známých nadmořských výšek a dopočítává nadmořskou výšku v celé sledované oblasti. Existuje několik způsobů interpolace a je třeba zvolit nejvhodnější interpolaci pro vybranou úlohu nebo terén. Pro vybrané území byla zvolena metoda interpolace nazvaná kriging. Kriging je geostatistická interpolační metoda, která určuje lokální odhad buď v bodě nebo malé ploše. U této metody je velmi důležité vybrat správný model semivariogramu, který popisuje charakter korelované variability (Kriging, 2005).

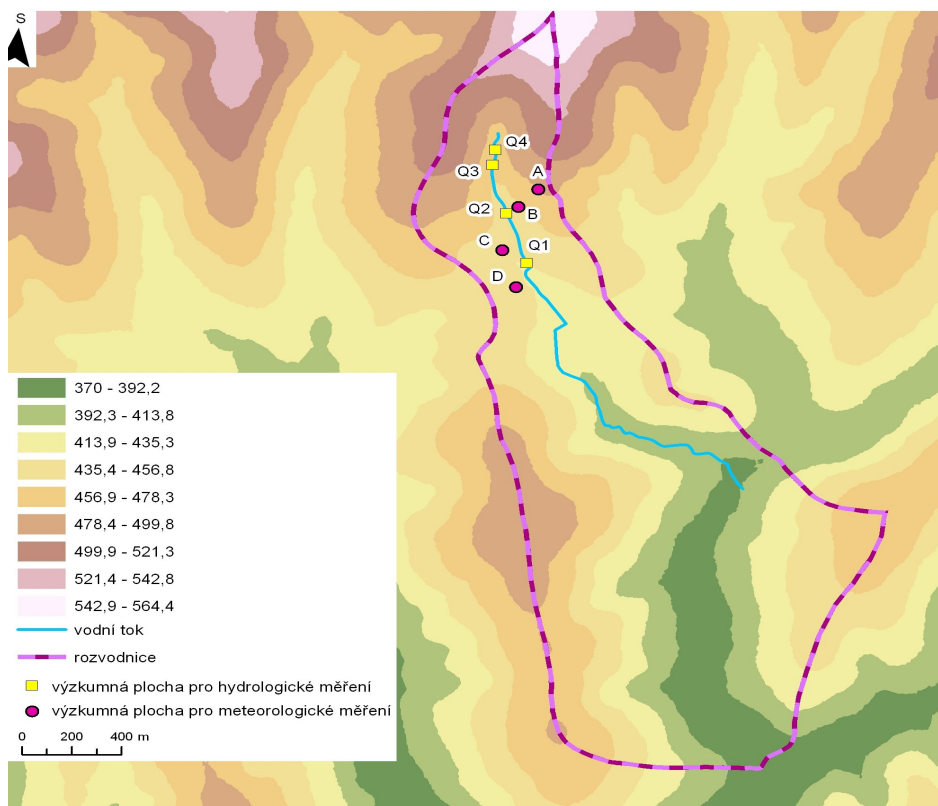
Jako nejvhodnější se v případě sledované lokality jevílo použít kriging se sférickým nebo exponenciálním modelem sevariogramu. S těmito modely krigingu bylo vytvořeno 30 gridů, které byly dále hodnoceny, aby mohl být vybrán nejvhodnější z nich. Grid byl vytvořen z náhodně vybraných 80 % hodnot nadmořských výšek. 20 % dat nevstupovalo do tvorby gridu, aby bylo možné porovnat výsledek s nezkreslenými původními hodnotami. Nejvhodnější grid byl vybírán na základě zobrazení ve 3D, zobrazení základních statistik, výpočtu střední kvadratické chyby (RMSE), zobrazení Hammock plotu a výpočtu Hammock indexu. Mezi základní statistiky, které byly zobrazovány, byly maximální, minimální hodnoty, střední hodnota a standardní odchylka. Dále byla počítána střední kvadratická chyba (RMSE), která vyjadřuje rozdělení četnosti odchylek mezi původními výškovými daty a vytvořeným gridem. Ideální hodnota rozptylu by měla být do poloviny intervalu vrstevnic, což je v tomto případě hodnota 2,5. Hammock plot je povrch, který vznikne celočíselným dělením povrchu hodnotou, která odpovídá intervalu vrstevnic. Tímto způsobem je možné identifikovat pixely, které mají stejnou hodnotu jako je vrstevnicový interval. Ideální je, pokud jsou četnosti výskytu pixelů ve všech intervalech vyrovnané. Na výpočtu Hammock plotu je závislý výpočet Hammock indexu. Tento index ukazuje vyrovnanost zbytků po celočíselném dělení (Anděl, 2010).

Vybrána byla metoda kriging ordinary s exponenciálním modelem semivariogramu a variabilním rádiusem. V tabulce (Tab. 6) jsou uvedeny hodnoty vybraného gridu. Na obrázcích (Obr. 7 a 8) jsou ukázány výsledné gridy vybraného území. Na druhém z nich je náhled na okolní terén v 3D zobrazení, které je celé jedenkrát převýšeno, aby byla vystižena členitost zobrazeného terénu.

Tab. 6: Charakteristiky vybraného gridu.

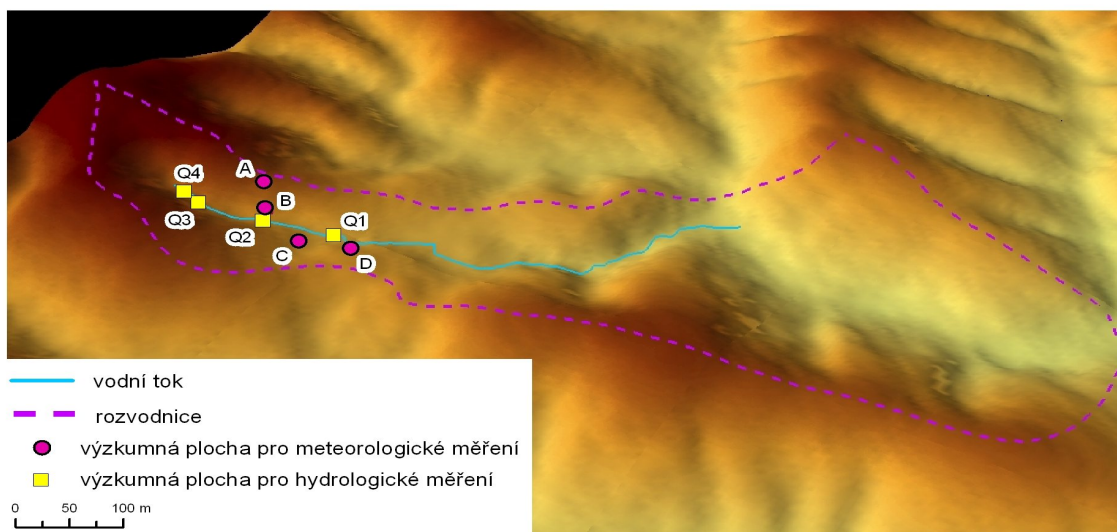
Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka	RMSE	Hammock index	Velikost pixelu
370,78171	564,35425	448,31081	34,35013	2,01	0,24	5

DIGITÁLNÍ MODEL RELIÉFU S VÝZKUMNÝMI PLOCHAMI sledovaného mikropovodí



Obr. 7: Rastrový digitální model reliéfu, (zdroj: ZABAGED®, vlastní tvorba).

DIGITÁLNÍ MODEL RELIÉFU S VÝZKUMNÝMI PLOCHAMI sledovaného mikropovodí



Obr. 8: Rastrový digitální model sledovaného povodí ve 3D, (zdroj: ZABAGED®, vlastní tvorba).

7 VÝZKUMNÉ PLOCHY

Vybrané plochy, kde bylo prováděno hydrologické a meteorologické měření, jsou pojmenovány a graficky znázorněny v příloze 5 a blíže jsou popsány v následující kapitole. Všechny výzkumné plochy se z klimatického hlediska nacházejí v mírně teplém klimatickém regionu. Výškové, sklonové a vzdálenostní parametry jsou odvozené ze zvoleného gridu, který je popsán v kapitole 6, nebo jsou získány terénním měřením.

7.1. Výzkumné plochy pro meteorologická měření

Plochy, kde jsou umístěny datalogery pro pravidelná půlhodinová zaznamenání měřených meteorologických pŕuvkŕ, jsou označovány písmeny. Meteorologických pŕístrojŕ rozmístěných v okolí sledované části vodního toku je šest. Jedná se o tři srážkoměry a tři datalogery pro měření teplot vzduchu, relativních a absolutních vlhkostí vzduchu popŕípadě i dalších meteorologických veličin, které nejsou měřeny ve všech těchto výzkumných plochách, a tak zde nejsou vyjmenovány. Datalogery jsou rozmístěny tak, aby vždy v blízkosti dataloggeru pro měření teplot, relativních a absolutních vlhkostí vzduchu, byl datalogger, který zaznamenává srážkový ŕhrn ve výzkumné ploše.

Rozmístění výzkumných ploch je na mapové příloze 5, kde jsou označeny čtyři výzkumné plochy. Označení čtyř výzkumných ploch bylo zvoleno, tak protože ve dvou z těchto měřících oblastí jsou datalogery pro měření teplot, relativních a absolutních vlhkostí vzduchu umístěna ve vzdálenosti do 8 metrŕ od dataloggerŕ pro měření srážkových ŕhrnŕ. Tato vzdálenost je malá, a tak není třeba každému dataloggeru přiřazovat vlastní písmené označení. V jednom případě je datalogger pro měření srážkového ŕhrnu vzdálený vzdušnou čarou 180 metrŕ od dataloggeru pro měření teplot a vlhkostí vzduchu. Tato vzdálenost je již poměrně velká, a tak bylo zvoleno označení každé plochy zvlášť.

7.1.1. Výzkumná plocha A

Na této ploše se nachází srážkoměr značky Amet napojený na datalogger HOBO Event Logger a ve vzdálenosti 8 metrŕ od něj je umístěn datalogger HOBO R8 pro měření teploty, relativní, absolutní vlhkosti vzduchu a rosného bodu. Bližší informace o dataloggerech jsou uvedeny v kapitole 8. Fotografie výzkumné plochy je na Obr. 9.

Výzkumná plocha A se nachází v nadmořské výšce 478,5 m.n.m. Sklon svahu v místě, kde jsou umístěny datalogery, se pohybuje mezi 5° – 10°. Další charakteristikou související s digitálním modelem reliéfu je orientace svahu, která udává, na jakou světovou stranu je svah otočen. V tomto případě se jedná o jižní až západní svahovou orientaci. Plocha je umístěna na levém břehu sledovaného toku.

Výzkumná plocha A se nachází v oblasti s lesnatým porostem, ve kterém převládají stromy nad nízkými dřevinami. Skladba lesa je smíšená. Nacházejí se zde borovice, jedle, buky a duby. Výška stromŕ se pohybuje kolem 18 metrŕ.

Podloží je tvořeno lesními půdami, které z hlediska typologie lesních půd spadají pod lesní typ 3B8. Z označení lesního typu je zjištěné, že se výzkumná plocha nachází v dubobukovém lesním vegetačním stupni, půda je živná s příznivou humifikací a konkrétně se jedná o bohatou dubovou bučinu (data ÚHÚL, Löw, 1995).

Výzkumná plocha A je vzdálena 171 metrů od sledovaného vodního toku a 117,5 metrů od výzkumné plochy B. Převýšení mezi výzkumnou plochou A a B je 22,5 metru.

Tato výzkumná plocha byla vybrána z důvodu porovnání průběhu měřených meteorologických veličin s ostatními výzkumnými plochami, které nejsou situovány v tak hustě zalesněné oblasti.

7.1.2. Výzkumná plocha B

Na této ploše je umístěn srážkoměr značky Amet, ke kterému je připojen datalogger HOBO Event Logger. Ve vzdálenosti 8 metrů je situován datalogger HOBO R8 pro měření teplot, relativních, absolutních vlhkostí vzduchu a rosného bodu. Bližší informace o dataloggerech jsou uvedeny v kapitole 8 Monitoring. Fotografie výzkumné plochy je na Obr. 9.

Výzkumná plocha B se nachází v nadmořské výšce 456 m.n.m. Sklon svahu se v těchto místech pohybuje kolem 10°. Jelikož je výzkumná plocha B umístěna na stejném svahu jako výzkumná plocha A, tak je orientace svahu také jižní až západní. Plocha je situována na levém břehu sledovaného toku.

Na výzkumné ploše B se nachází trvalý travní porost. V letních měsících travní porost dosahoval místy výšky až 1,5 metru. Na travnatém porostu byly nepravidelně rozmístěny borovice, které byly až tři metry vysoké. V období od 17. 11. do 7. 12. 2011 byl borovicový porost vykácen a tráva posečena. Zbyla jen jedna borovice, na které je zavěšen datalogger pro měření teplot a vlhkostí vzduchu.

Podloží je tvořeno oglejenou půdou, která je středně těžká. Půdní substrát je tvořen břidlicemi, lupkami a siltovci. Půda může být dočasně zamokřená. Je středně hluboká a slabě skeletovitá (data VÚMOP, Kučera, 2005).

Vzdálenost od sledovaného vodního toku je 54,5 metru. Převýšení mezi výzkumnou plochou B a vodním tokem je 5,5 metru. Vzdušná vzdálenost mezi touto výzkumnou plochou a výzkumnou plochou C je 220 metrů.

7.1.3. Výzkumná plocha C

Ve výzkumné ploše C je umístěn pouze jeden přístroj pro meteorologické měření, a to datalogger to MiniCube VV/VX od firmy Enviromental Measuring Systems.

Výzkumná plocha C se nachází v nadmořské výšce 441 m.n.m. Sklon svahu v místech umístění dataloggeru je 6°. Orientace svahu je jižní až východní. Výzkumná plocha C je situována na pravém břehu vodního toku.

Pro výzkumnou plochu C byla vyhrazena část malé pastviny pro koně v blízkosti budovy EnviCentra Vysoké Pole a ve vzdálenosti 2,5 metru od hospodářské budovy

spadající pod EnviCentrum Vysoké Pole. Na ploše se nachází trvalý travní porost, který je lemován listnatým stromořadím.

Podloží je tvořeno stejně jako v případě výzkumné plochy B oglejenou půdou, která je středně těžká a její substrát je tvořen břidlicemi, lupkami a siltovci. Půda může být dočasně zamokřená. Je středně hluboká a slabě skeletovitá (data VÚMOP, Kučera, 2005).

Vzdálenost od sledovaného vodního toku činí 72 metrů. Převýšení mezi vodním tokem a výzkumnou plochou C je 4 metry. vzdálenost této výzkumné plochy od výzkumné plochy D je vzdušnou čarou 184 metrů.

7.1.4. Výzkumná plocha D

Na výzkumné ploše D se nachází set se skládající se z člunkového srážkoměru a telemetrické jednotky typu STELA 1. Tento set je nabízený společností FIEDLER-MÁGR

Nadmořská výška výzkumné plochy je 446 m.nm. Sklon svahu je v těchto místech 9°. Výzkumná plocha je orientována na východ. Výzkumná plocha D je umístěna na pravém břehu sledovaného vodního toku.

Výzkumná plocha D se nachází v oblasti trvalého travního porostu. Srážkoměr má vyhrazené místo na pastvině, kde byly v letních měsících umístěny ovce. Travní porost byl spásán ovce a sečen, takže nedosahoval vyšší výšky než 30 cm. Pastvina je lemována listnatým stromořadím a nízkým křovinatým porostem. Ve vzdálenosti 70 metrů od srážkoměru se nachází souvislá zástavba, která lemuje příjezdovou cestu k EnviCentru.

Podloží je tvořeno stejně jako v případě předchozích výzkumných ploch oglejenou půdou, která je středně těžká a skládá se ze substrátu z břidlic, lupek a siltovce. Jedná se o půdu středně hlubokou a slabě skeletovitou, která může být dočasně zamokřena (data VÚMOP, Kučera, 2005).

Vzdálenost výzkumné plochy D od vodního toku je 67 metrů, ale v této oblasti vodní tok již protéká zastavěným územím a nejsou na něm získávána hydrologická data. vzdálenost od sledované části toku je vzdušnou čarou 115 metrů. Převýšení mezi sledovanou částí vodního toku a výzkumnou plochou D je 12 metrů.



Obr. 9: Výzkumná plocha A vlevo, Výzkumná plocha B vpravo, (autor: Hejlová, 2011).

7.2. Výzkumné plochy pro hydrologická měření

Pro hydrologická měření byly vybrány 4 plochy, kde bylo prováděno měření. Plochy pro měření byly vybrány tak, aby pokrývaly celou délku sledovaného toku. Označení ploch začíná písmen Q a je k němu přidána číslice, která ukazuje na posloupnost měření směrem z dolní části toku k jeho hornímu konci.

7.2.1. Výzkumná plocha Q1

První plochou, kde bylo prováděno měření, je výzkumná plocha Q1, která se nachází v dolní části sledovaného toku, nedaleko propustku, kterým se tok dostává na druhou stranu silnice, kterou v těchto místech lemují. Fotografie z výzkumné plochy Q1 je na Obr. 10.

Nadmořská výška této plochy je 434 m.n.m. Sklon svahu v místě měření je 5° a je orientován na jih.

Plocha se nachází v oblasti trvalého travního porostu. V těchto místech měření je oblast koryta vodního toku poměrně úzká a hluboká (příčný řez korytem v tomto místě je možné spatřit na příloze 3). Břehy jsou porostlé a zpevněné vysokým a hustým travním porostem. Během letních měsíců nebyl tento travní porost nijak udržován.

V této výzkumné ploše se vyskytují oglejové půdy, které jsou středně těžké. Převládá břidlicový, lupkový a siltovcový substrát. Tyto půdy mohou být zamokřeny (data VÚMOP, Kučera, 2005).

Vzdálenost od této výzkumné plochy k následující ploše označené jako Q2 je 240 metrů. Výškové převýšení mezi těmito výzkumnými plochami je 15,5 metru.

7.2.2. Výzkumná plocha Q2

Výzkumná plocha označena jako Q2 se nachází ve střední části sledovaného úseku vodního toku v nadmořské výšce 449 m.n.m. Sklon svahu, ve které se nachází, je pouze 3°, a svah je orientován na jihovýchod.

Ve výzkumné ploše Q2 je hluboké neckovité údolí, v němž je koryto vodního toku. Šířka údolí je přibližně 6 metrů a jeho hloubka je 3 metry. Svah údolí je zpevněn stromovým porostem a trsy travního porostu. Výzkumná plocha Q2 se nachází v oblasti trvalého travního porostu a okolí neckovitého údolí je obklopeno listnatým stromořadím.

Půdní podloží je tvořeno oglejovou půdou, která je středně těžká a může být občasně zamokřená. Převládá zde břidlicový, lupkový a siltovcový substrát (data VÚMOP, Kučera, 2005).

Vzdálenost výzkumné plochy Q2 od Q3 je 245 metrů. Převýšení mezi těmito dvěma plochami je 12,5 metru.

7.2.3. Výzkumná plocha Q3

Výzkumná plocha Q3 se nachází v horní části sledovaného vodního toku v nadmořské výšce 464 m.n.m. Sklon svahu v těchto místech je 3°. Orientace svahu je jižní.

Výzkumná plocha se nachází v oblasti s lesní půdou a stromy na počátku levotočitého zákrutu. V této oblasti je dostatečně se zužující koryto, které umožňuje umístění žlabu pro měření průtoků. Za zákrutem má vodní tok na vzdálenosti 2 metrů poměrně velký spád. V okolí vodního toku se nachází smíšený lesní porost. Příčný řez korytem v tomto místě je vyobrazen v příloze 4.

Půdní pokryv je tvořen lesní půdou, konkrétně lesním typem 3L1. Z tohoto označení lesního typu je patrné, že se oblast nachází ve vegetačním stupni dubobukovém. Edafická kategorie je lužní a je tvořena lužními společenstvy na nivních náplavech. Konkrétně se jedná o jasanovou olšinu potoční na glejích (data ÚHÚL, Löw, 1995).

Vzdálenost této výzkumné plochy od výzkumné plochy Q4 je 75 metrů. Převýšení mezi těmito dvěma plochami je 6,5 metru.

7.2.4. Výzkumná plocha Q4

Výzkumná plocha Q4 se nachází v horní části sledovaného vodního toku v nadmořské výšce 468 m.n.m. Sklon svahu v místě měření je 5°. Orientace svahu je jižní. Fotografie výzkumné plochy Q4 je na Obr. 10.

Výzkumná plocha se situována v oblasti s lesní půdou pokrytou stromy. V okolí se nachází les se smíšeným porostem. Koryto vodního toku je poměrně úzké a mělké, a tak v jeho okolí je při deštích podmáčená půda.

Půdní pokryv je tvořen lesní půdou, konkrétně lesním typem 3D5. Z tohoto označení je patrné, že se výzkumná plocha nachází ve vegetačním stupni dubobukovém a edafická kategorie je hlinitá. Konkrétně se jedná o obohacenou dubovou bučinu s ostřicí chlupatou (data ÚHÚL, Löw, 1995).



Obr. 10: Výzkumná plocha Q1 vlevo a výzkumná plocha Q4 vpravo, (autor: Hejlová, 2011).

8 MONITORING

Slovem monitoring je označována skutečnost sledování vybraného procesu nebo jevu. Nejčastěji je proces nebo jev zaznamenáván pomocí vhodného snímače, který naměřená data zaznamená na vhodný datalogger. Snímač měřenou veličinu převádí na napětí, proud nebo signál. Signál může být analogový nebo digitální. Rozdíl v těchto dvou signálech je v tom, že v prvním případě se signál převádí až v dataloggeru a v druhém případě se signál převádí již v čidle, a tak data mohou být v dataloggeru rovnou zapsána a uschována (Pechanec, 2011).

Podle časové posloupnosti sledování procesu nebo jevu se monitoring dělí na kontinuální a diskrétní. Kontinuální monitoring je prováděn nepřetržitě v čase a je zaznamenáván pomocí snímačů, které naměřené hodnoty převedou a tyto hodnoty se uchovávají v dataloggeru. Diskrétní monitoring je prováděn pravidelně v určitou dobu, ale hodnoty se neměří nepřetržitě, takže naměřené hodnoty nejsou zaznamenávány v uceleném celku (Pechanec, 2011).

8.1. Monitoring meteorologických dat

Mezi meteorologická data patří především sledování teploty vzduchu, sněhové pokrývky, srážek a jejich prostorového rozložení, evapotranspirace a dále předpověď teploty vzduchu a srážek (Daňhelka, 2007).

Pro diplomovou práci byly sledovány teploty vzduchu, srážky, sluneční záření, relativní, absolutní vlhkost vzduchu a teplota půdy. Teplota vzduchu, relativní a absolutní vlhkost vzduchu jsou měřeny ve třech výzkumných plochách. Výzkumné plochy jsou popsány v kapitole 7 a znázorněny v příloze 5. Meteorologická data jsou díky záznamu dat na datalogger sledována v pravidelných intervalech.

8.1.1. Monitoring teploty a vlhkosti vzduchu

Pro sledování teploty, relativní a absolutní vlhkosti vzduchu byly vytipovány tři výzkumné plochy, které se liší nadmořskou výškou a okolním porostem. Na těchto plochách jsou rozmístěny dataloggery pro meteorologická měření. Rozmístění výzkumných ploch, kde byl prováděn tento monitoring, je možné zhlédnout v příloze 5.

Ve výzkumné ploše označené jako C jsou data zaznamenávána automaticky, pomocí dataloggeru MiniCube VV/VX od firmy Enviromental Measuring Systems Brno. Jedná se o datalogger, který umožňuje automatický záznam dat a připojení širokého spektra rozdílných senzorů. K tomuto modelu MiniCube je možné připojit 12 rozdílných napěťových vstupů. Kapacita uložených záznamů dosahuje 220 000 hodnot (*BoxCar Pro4 User's Guide*, 1995-2002).



Obr. 11: Datalogger MiniCube, (autor: Hejlová , 2011).

V tomto případě jsou k tomuto dataloggeru připojena čidla pro monitoring teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, půdní teploty, půdní vlhkosti, globální radiace a anemometr. Vzhled dataloggeru je ukázán na obrázku (Obr.11). Pro stažení dat z tohoto dataloggeru byl používán program Mini32, který je zdarma ke stažení na stránkách společnosti EMS Brno a bližší práce s ním je popsána v kapitole 8.3.1.

Na další výzkumné ploše se sleduje teplota, relativní, absolutní vlhkosti a rosný bod. Tato výzkumná plocha je označována jako výzkumná plocha B. Zde se ve výšce 2 metrů nad zemským povrchem nachází stínítko, v němž je umístěn datalogger značky HOBO, který pochází ze série HOBO RH - Temp Light External Sensor Logger. Datalogger má vestavěny čtyři kanály, na nichž může měřit. Kromě měření veličin na vestavěných kanálech lze připojit i externí vstup, který by zaznamenával například překlápění člunku ve srážkoměru (Miřijovský, 2009). V tomto případě je datalogger nastaven na dva kanály. Na prvním kanálu je měřena teplota ve °C a ve F a na druhém kanálu se měří relativní vlhkost. Dále jsou dopočítávány údaje o rosném bodu, absolutní vlhkosti a znova je dopočítávána relativní vlhkost. Dataloggeru lze nastavit interval, ve kterém má teplotu zaznamenat. V tomto případě byl nastaven interval půlhodinový, aby bylo možné sledovat změnu hodnot v malých časových intervalech. Stínítko, které minimalizuje vliv oslunění a větru při měření teploty vzduchu a v němž je čidlo HOBO přišroubováno, je upevněno ve větvích borovice, a tak je čidlo neustále zastíněno a nenachází se v přímém kontaktu se slunečním zářením.

Třetí lokalita, kde jsou měřeny teploty a vlhkosti vzduchu, je označena jako výzkumná plocha A. Datalogger pro zaznamenání dat je umístěn na větvi ve stínítku ve výšce 2 metry nad zemským povrchem. V tomto případě se jedná o stejný datalogger značky HOBO jako v předchozím případě. Pro srovnání dat z obou lokalit jsou nastaveny shodně parametry měření tak, aby byla meteorologická data porovnatelná s daty získanými ve výzkumné ploše B (více informací viz výše). V tabulce (Tab. 7) jsou sumarizovány základní parametry o dataloggeru HOBO RH - Temp Light External Sensor Logger, který je používán pro monitoring.



Obr. 12: HOBO RH Logger, (autor: Hejlová, 2011).

Parametry dataloggeru HOBO RH Logger (H08-004-02) ze série R8	
Kapacita paměti	7944 měření
Váha	28,35 g
Rozměry	2.4" x 1.9" x 0.8"
Výdrž baterie	přibližně 1 rok
Baterie	CR-2032 – uživatelem vyměnitelná
Odběr dat	0,5 s až 9 hodin
Operační teplota	-20°C – +70°C
Senzor teploty	Interní senzor, co měří teplotu, která odpovídá rozsahu, jenž odpovídá operačnímu rozsahu loggeru
	Senzor může být umístěn i externě a to zaznamená teplotu v rozsahu -40°C - +120°C.
Senzor vlhkosti	Přesnost senzoru je +-5%. Operuje při teplotách +5°C-+50°C.
	RH rozsah je 0% -95% při 25°C, zaznamenává v intervalech od 10 sekund.
Intenzita světla	Senzor se přibližuje se citlivostí lidského oka.
	Rozsah senzoru je 2-600 lumen/ft2.
	Maximální hodnota 300-900 lumen/ft2
Externí vstup s HOBO loggerem	

Tab. 7: Parametry HOBO RH Logger (zdroj: MikroDaq, 2010)

8.1.2. Monitoring srážek

Při monitorování srážek je vhodné mít víc dataloggerů rozmístěných po okolí, protože srážky jsou výrazněji plošně variabilní než ostatní meteorologické veličiny. Jeden srážkoměr reprezentuje srážky v místě svého lokalizování, a tak je vhodné data z více srážkoměrů interpolovat a získat tak lepší přehled o rozložení srážek v prostoru modelovaného povodí. U měření srážek obecně platí, že získaná data se pohybují v nižších hodnotách než skutečně jsou, protože při měření dochází ke ztrátám. Zdrojem ztrát dat může být větrné proudění, kdy okolo srážkoměru dochází ke zvýšení rychlosti proudění a vychýlení dešťových kapek z dráhy. V tomto případě záleží na velikosti zachytné plochy, chránění srážkoměru, tvaru zachytné plochy a podobně. Kromě tohoto dochází k zachytávání srážek na ochranné síti, na zachytné ploše, či v samotném člunku, který, když není zcela zaplněn, se nepřeklopí (Daňhelka, 2007). Kromě samotné konstrukce srážkoměru záleží také na oblasti, ve které se přístroj umístěn, je-li umístěn v porostu, nebo na otevřeném prostranství.

První výzkumná plocha, kde dochází k monitorování srážek, se neshoduje se žádnou jinou oblastí, kde jsou monitorovány jiné meteorologické veličiny. Tato výzkumná plocha je označována jako výzkumná plocha D. V této výzkumné ploše je umístěna varovná srážkoměrná stanice TS-200. Celý soubor se skládá z člunkového srážkoměru a telemetrické jednotky typu STELA 1 s dlouhou dobou provozu. Jedná se typ srážkoměru se sběrnou plochou 200cm² nabízený společností FIEDLER-MÁGR.

Další dvě výzkumné plochy, ve kterých dochází ke sledování srážek, jsou shodné s výzkumnou plochou A a B, na nichž probíhá měření teploty a vlhkosti vzduchu.

Srážkoměr ve výzkumné ploše B je umístěn ve výšce 2 metry nad zemským povrchem a přímo nad ním není situován žádný porost. Tentokrát se jedná o srážkoměr značky Amet, který má zachytnou plochu 200 cm². Srážkoměr se řadí do kategorie jednostranných člunkových srážkoměrů. Uvnitř srážkoměru je umístěn člunek, který se

po naplnění překlopí. Přepínač je připojen na datalogger, který zaznamenává čas každého pulsu způsobeného překlopením člunku. Při intenzivních deštích a teplotách vzduchu kolem 0 °C dochází k častějším a výraznějším chybám v měření srážek. Chyba, se kterou se musí počítat, vyplývá z množství vody, kterou je člunek zaplněn, protože k překlopení člunku dojde, jakmile se zaplní celý jeho objem. Kvůli tomuto faktu jsou špatně zaznamenávány mírné dešťové srážky, které nestačí celý člunek zaplnit. Z tohoto může vyplývat další chyba, která spočívá v tom, že se člunek během deště překlápí, ale jakmile není celý zaplněn tak se naposled nepřeklopí a voda z této srážky zůstane v člunku a buď se připočítá k dalšímu dešti, nebo se vypaří, než se stačí během dalšího deště člunek doplnit. Pokud bude naopak vypadávat intenzivní dešť, tak dojde s situací, kdy se člunek nestačí překlápět a voda jej obtéká, a tak nemůže být zaznamenán objektivní údaj o spadnutých srážkách. Počet překlopení člunku je zaznamenáván na datalogger značky HOBO, konkrétně se jedná o HOBO Event Data Logger. Tento datalogger je propojen s mechanismem u člunku srážkoměru a pomocí tohoto propojení zaznamená uzavření události, kterou je v tomto případě překlopení člunku. K události překlopení je automaticky zaznamenáno datum a čas překlopení. Čas je měřen s přesností na půl desetiny sekundy (Miřijovský, 2009, Daňhelka, 2007, Mikrodaq, 2010, *BoxCar Por 4, User's Guide*, 1999-2002).

Poslední třetí srážkoměr je umístěn ve výzkumné ploše A. Tato data budou modifikována intercepcí na povrchu stromů. V této lokalitě je umístěn stejný srážkoměr Amet se sběrnou plochou 200 cm² a dataloggerem HOBO Event Logger jako v předchozím případě. Princip práce srážkoměru a chyby, které plynou z takového získávání dat jsou popsány v předchozím odstavci. Parametry dataloggeru jsou uvedeny v tabulce (Tab. 8).



Obr. 13: HOBO Event Logger, (autor: Hejlová 2011).

Tab. 8: Parametry dataloggeru HOBO Event Logger, (zdroj: Onset, 2011).

Parametry dataloggeru HOBO Event Logger (H07-002-04)	
Kapacita uložení	8000 měření uloženo v paměti
Minimální interval k zaznamenání	0,5 s
Velikost	108mm x 89mm x 44mm
Váha	94 g
Výdrž baterie	záleží na podmínkách, průměrně půl roku
Baterie	CR-2032 – uživatelem vyměnitelná
Odběr dat	0,5 s až 9 hodin
Operační rozsah teplota	-20°C – +70°C
Operační rozsah vlhkost	0% - 95%
Přesnost zaznamenání času	±100 ppm při 20°C
Voděodolný obal, který nesmí být vystaven přímému slunečnímu záření.	

8.2. Monitoring hydrologických dat

Mezi hydrologická data se podle Daňhelky (2007) řadí vodní stavy, průtoky, data o provozu vodních nádrží, statická data, příčné profily toků, měrné křivky průtoků. (Daňhelka, 2007).

Pro diplomovou práci byly sledovány vodní stavy a průtoky v místním vodoteči. Data byla získávána na čtyřech místech, která byla vybrána tak, aby splňovala co nejlepší předpoklady pro umístění žlabu pro měření průtoků. Taková místa musí být dostatečně úzká, aby bylo možné, co nejúčinněji nasměrovat všechnu protékající vodu přes žlab. Data získána měřením v korytě vodoteče byla získávána s třítydenním až čtyřtydenním časovým odstupem. Pro lepší srovnání byla data získávána ve stejnou dobu, která byla vyměřena mezi 10:00 a 13:00 hodinou. Ve dvou místech vodního toku byla provedena jednorázová měření plavenin.

Měřením ve stejnou dobu byla eliminována chyba způsobená denním režimem průtoků. Denní režim průtoků je v letních měsících nevýrazný, výrazně je ovlivněn v zimních měsících, kdy má na něj velký liv sněhová pokrývka a její tání. V případě tání sněhové pokrývky je největší průtok zaznamenán v odpoledních hodinách. V noci je potom průtok výrazně menší (Netopil, 1981).

Rozmístění výzkumných ploch pro hydrologická měření je uvedeno v příloze 5.

Data o průtocích a vodních stavech byla získávána pomocí žlabu pro měření průtoků. Žlab pro měření průtoků je vyroben z nerez a umožňuje měřit průtoky od 0,1 l/s do 9 l/s. Z tohoto rozsahu měření lze říct, že pomocí žlabu je možné měřit pouze průtoky na malých vodních tocích. Na obrázku (Obr.13) je ukázán žlab pro měření průtoků i se stupnicí. Pro správné provedení měření je třeba, aby všechna voda protékala skrz žlab a aby žlab byl umístěn dostatečně rovně a to jak po délce tak po šířce svých stran. K správnému vodorovnému umístění je vhodné použít dostatečně přesnou vodováhu, aby bylo zřejmé, že nedochází ke zkreslení hodnot, které jsou ze stupnice odečítány. Ve žlabu je umístěna stupnice pro odečet vodních stavů a jim odpovídajících průtoků. Stupnice pro určení průtoků je přepočítaná z vodního stavu podle konsumpční křivky (viz kapitola 3.3.1.). Nevýhodou odečtu hodnot ze stupnice na žlabu je, že rysky na stupnici se nacházejí po 0,25 l/s, což je poměrně velké rozpětí, v němž se průtok v terénu při malých vodních stavech špatně odečítá. Navíc se jedná o logaritmickou stupnici, a tak se na stupnici podle přepočtu snižují intervaly, a tak rozdíl mezi 0 a 0,25 l/s je 1,5 cm, což je poměrně velké rozpětí, ve kterém se hodnota nachází. Vlivem vodní hladiny dochází k dalšímu zkreslení, a tak pro kontrolu správného odečtení hodnoty průtoků na stupnici ve žlabu byl průtok měřen i pomocí metody, která sleduje čas, za který se naplní nádoba o známém objemu.

Nádoba o známém objemu se umístí pod trojúhelníkový přepad, který vznikne po umístění žlabu do koryta vodního toku a měří se čas, za který se nádoba naplní na určený objem. Průtok vody v korytě se určí pomocí podílu objemu a doby naplnění. Aby byl eliminován špatný odečet času nebo objemu, bylo měření prováděno na stejném místě alespoň třikrát. Hodnoty, které se příliš odchylovaly, byly z dalších výpočtů

odstraněny a ze zbylých hodnot byl počítán aritmetický průměr, kterým byla nalezena nejvíce odpovídající hodnota času a objemu.



Obr. 14: Žlab pro měření průtoku se stupnicí, (autor: Hejlová, 2011).

8.3. Stahování a zpracování dat

Meteorologická data musela být z důvodu omezené paměti v přístrojích pravidelně stahována a zpracovávána. Ke stahování dat byly použity konektory a programy v závislosti na typu přístroje a výrobce.

Pro další práci s daty je důležité bezchybné stažení a následné zpracování dat. Pro stažení dat z přístrojů měřících meteorologické veličiny je nezbytné mít k dispozici správné vybavení v podobě konektorů a redukci, aby bylo možné přístroj připojit k počítači, kde je nainstalovaný program, který je vyvinut pro práci s konkrétními přístroji. Vybavení potřebné pro stažení dat bylo poskytováno Katedrou Geoinformatiky v Olomouci.

Kromě využití přenosného počítače je možné data stáhnout na datový box, který je taktéž k zapůjčení na Katedře Geoinformatiky. Datový box je značky HOB0 a slouží ke stahování dat z dataloggerů značky HOB0 v terénu, překontrolování stavu baterie a nastavení základních parametrů. Datový box se pomocí oboustranného jacku připojí k vybranému dataloggeru a stiskne se tlačítko umístěné na datovém boxu. Pokud je vše v pořádku, tak svítí zelená kontrolka u kolonky stahování, pokud došlo k nějaké chybě, tak svítí červená kontrolka u kolonky chyba stahování. V tomto případě se doporučuje překontrolovat spojení a zkusit stahování dat od začátku. Kapacita datového boxu je 468 kB. V praxi se do této velikosti vejdu záznamy z 51 plných dataloggerů umístěných v terénu. Přenosová rychlost je 90 s na jeden plně zaplněný datalogger. Datový box je napájen bateriemi typu CR-2032. Data z datového boxu jsou do počítače stahována pomocí programu BoxCar (Amet, 2010).

Pro sledování teploty a vlhkosti vzduchu na ve výzkumné ploše B se nachází datalogger MiniCube VV/VX od firmy Enviromental Measuring Systems. K připojení k této stanici je možné využít program Mini32, který je nainstalovaný na školním

notebooku, jenž byl ke stahování dat využíván. Tento program je ke stažení na stránkách firmy EMS Brno. Software je graficky orientovaný a kromě stažení dat umožňuje jejich statistické a grafické zpracování. Práce s programem je popsána v kapitole 8.3.1. (*Datalogger MiniCube User's Manual*, 2002).

Data ze srážkoměru, který je umístěn ve výzkumné ploše D, jsou zaznamenána pomocí malé telemetrické stanice STELA 1 (FIEDLER-MÁGR) a posílána přímo na server. Odtud data jsou sledována, aniž by bylo nutné se přemístit k místu, kde se stanice nachází. Pro případné připojení ke stanici v místě je možné využít programu MOST, který je poskytován výrobcem. Software je možné využít ke stažení dat a následné práci se staženými daty.

Pro propojení dataloggerů značky HOBO, které měří teplotu, vlhkosti vzduchu i dataloggerů, které měří srážky, a které jsou umístěny ve výzkumné ploše A a B je využíván program BoxCar 3.6.0.6. Práce s tímto programem je popsána v kapitole 8.3.2.

Zpracování meteorologických a hydrologických dat se lišilo, protože meteorologická data byla zaznamenávána a uchovávána v paměti přístrojů a hydrologická data byla měřena v předem vytyčených dnech. Hydrologická data byly v terénu zapsána a zpracovávána v programu Open Office Calc, kde byly vytvářeny grafy a počítány matematické úkony.

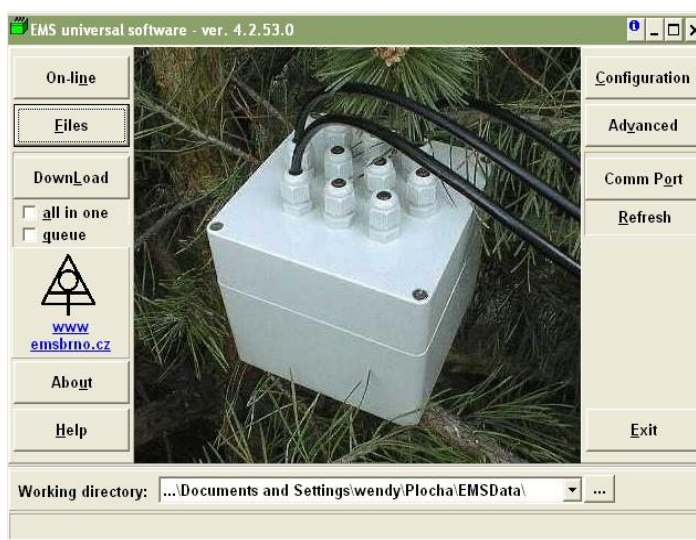
8.3.1. Stažení dat prostřednictvím programu Mini32 ver. 4.2.53.0

Software Mini32 je zdarma ke stažení na webových stránkách společnosti EMS Brno. Tento software je určen pro manipulaci se všemi typy dataloggerů, které jsou vyráběny společností. K připojení k dataloggeru může být využíván buď kabel, který se připojí k počítači, kde se spustí potřebný software, anebo je možné využít připojení prostřednictvím bezdrátové sítě GSM.

Na obrázku (Obr. 15) je možné vidět základní rozhraní software. Pro stažení dat pomocí přímého propojení v terénu, je třeba spustit program a spustit příkaz Download. Po spuštění příkazu se objeví okno, kde se ukáže, kam se má stažený soubor uložit a jakou má mít předponu. Výchozí uložení stahovaných souborů je možné nastavit ve spodní části základního rozhraní programu, kde si uživatel může zvolit svůj pracovní adresář. Po odsouhlasení uložení se objeví další okno, které ukazuje data za kolik dnů se mají stáhnout do vybraného adresáře. Jako výchozí hodnota je nastaveno 360 dnů, které lze změnit na jakýkoliv počet dnů. Pokud se bude stahovat menší počet dnů bude stažení a uložení dat rychlejší. Data se primárně ukládají ve formátu .hex. Jedná se o binární datový formát. Velikost dat musí být menší než 500 kB a obsahuje do 220 00 změřených hodnot. Název souboru kromě předpony, která je zvolena uživatelem v prvním dialogovém okně, je generován automaticky na základě znalosti data, které je získáno z připojeného počítače, a kódu dataloggeru. Po stažení dat ve formátu .hex se objeví dialogové okno, zda-li se mají data stáhnout i ve formátu .dcv. Tento formát je binární a je vhodný pro vykreslení a grafické znázornění dat. Velikost tohoto souboru je přibližně 4x větší než u souboru v základním formátu .hex. Jméno souboru je shodné se jménem

souboru v základním formátu. Automaticky je změněna pouze koncovka (*Datalogger MiniCube User's Manual*, 2002).

Software Mini32 nabízí množství základních operací, které je možné nad staženými daty provádět. Pokud je otevřen soubor s příponou .dcv, tak je možné si nechat vykreslit data ze zvoleného časového intervalu. Do jednoho grafu mohou být vykreslena zvolená data, a tak je možné získat základní informace o závislosti měřených veličin. Data lze exportovat do nabízených formátů mezi kterými nechybí formát .txt, nebo .xls. S daty lze provádět v programu základní statistické úlohy. Je možné zjistit průměry, odchylky, střední hodnoty nebo maximální a minimální hodnoty.



Obr. 15: Základní rozhraní programu Mini32, (zdroj: program Mini32).

8.3.2. Stažení dat a nastavení dataloggeru prostřednictvím programu BoxCar 3.6.0.6.

Program BoxCar Pro 3.6.0.6. je určen pro stažení dat a manipulaci nimi. Data zpracovávaná v tomto programu jsou z dataloggerů, které jsou vyráběny pod značkou HOBO nebo Stowaway (MikroDaq, 2010). Program poskytuje základní stažení dat, nastavení dataloggerů dle potřeby, vykreslení základních grafů se staženými daty a převod dat do jiných formátů, které jsou snadno čitelné i textovými editory (MikroDaq, 2010, *BoxCar Pro 4.3. User's Guide*, 1995-2002).

Program obsahuje hlavní panel s nabídkou a ikonovou lištu nástrojů, které jsou využívány pro jednoduchou práci s daty přímo v programu. Z hlavního panelu je pro stahování dat nejdůležitější odkaz Logger. V tomto odkazu se nachází kromě jiného nejdůležitější příkazy pro stažení dat, a to příkazy Launch a Readout. Rozvinutí příkazu Logger je ukázáno na Obr.16. Pokud je datalogger správně připojen, tak je možné data z něj pomocí příkazu Readout stáhnout. Pokud datalogger nepracuje správně, tak se

objeví tabulka, která nabízí výběr portů, na nichž dochází k propojení a nabídka na otestování připojení, které může být otestováno pomocí tlačítka test, jenž se při neúspěšném navázání spojení objeví v nabízené tabulce.

Po stažení dat z obou typů používaných dataloggerů HOBO (HOBO Event Logger, HOBO RH) je nutné použít příkazu Launch a příslušný datalogger přenastavit a restartovat, protože pokud toto nebude provedeno, dojde k zastavení záznamu dat a při dalším stahování budou stažena jen data, která byla stažena při poslední manipulaci s dataloggerem, protože dataogger bez restartování nová data nezaznamenává. Podrobné nastavení, kdy se data začnou přepisovat, je možné nastavit po spuštění příkazu Launch, po připojení jednotlivého typu dataloggeru k počítači.



Obr. 16: Rozvinutí příkazu Logger, (zdroj: program BoxCar 3.6.0.6).

8.3.2.1. HOBO Event Logger

Pro práci s dataloggery HOBO Event Logger, které jsou připojeny ke srážkoměrům, se po spuštění příkazu Launch objeví dialogové okno, které je možné vidět na Obr.17. V hlavičce dialogu se nacházejí informace, které jsou generovány automaticky po spuštění dialogového okna. Jsou zde uvedeny informace o typu dataloggeru a jeho sériovém čísle, o datu a čase. Tato data jsou získávána z času počítače a nastaví se automaticky i do dataloggeru. Dále je zaznamenávána informace, kolikrát byl datalogger restartován pomocí příkazu Launch a kdy byla zaznamenána poslední událost záznamu dat, v tomto případě se událostí rozumí překlopení člunku ve srážkoměru.

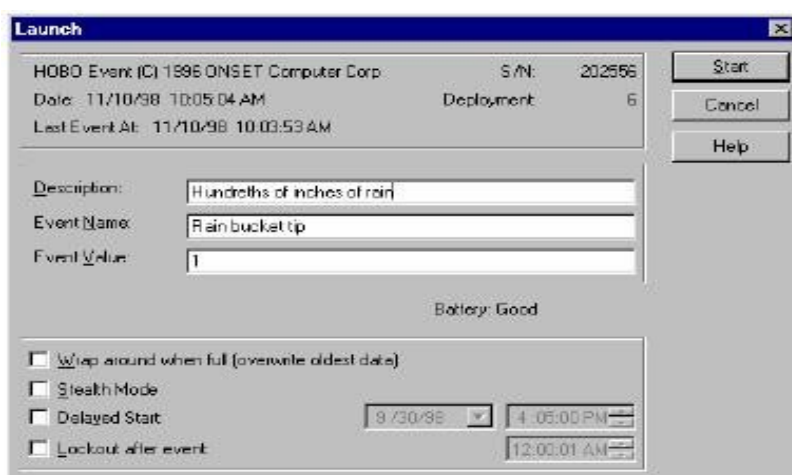
V dialogovém okně se dále objevují údaje, které jsou editovatelné samotným uživatelem, který si může vepsat popis, který je zobrazen v grafu nad časovou osou (osa x), který se vytvoří bezprostředně po stažení dat. Dále jde vepsat jméno události, která je zaznamenávána na osu y a hodnotu události, která udává hodnotu spojenou s jednou událostí a připíše se vždy, když je událost zaznamenána. Pod editovatelnými informacemi je ukázán stav baterie v dataloggeru. Pokud je u stavu baterie zaznamenáno „Good“, tak to znamená, že je nabitá víc než na 20%.

Poslední součástí dialogového boxu je část, kde lze zaškrtnout, kdy a jak budou data zaznamenávána. Pokud je zaškrtnuto první políčko, které se týká přepisování dat po zaplnění paměti dataloggeru, tak pokud je paměť plná, dojde k přepsání starých dat novými. Pokud políčko není zaškrtnuto, nedojde k přepsání dat a po naplnění paměti se záznam dat zastaví. U dalšího políčka, pokud bude zaškrtnuto, lze nastavit čas a datum, od kterého má datalogger po využití příkazu Launch začít opět zaznamenávat. Lze

nastavit, že data budou zaznamenávána až za 3 měsíce od provedení tohoto nastavení. V následujícím políčku lze nastavit, na jak dlouho má být přerušeno zaznamenání po uskutečnění události. Záznamenání může být přerušeno minimálně na sekundu a maximálně na devět hodin. Při připojení dataloggeru k člunkovému srážkoměru je doporučováno nastavit interval jedné sekundy z důvodu eliminace zaznamenání chvění člunku po překlopení (MikroDaq, 2010, *BoxCar Pro 4.3. User's Guide*, 1995-2002).

Po nastavení je třeba hodnoty překontrolovat a ujasnit, co bylo nastaveno a jak datalogger bude vlastně po nastavení pracovat. Velmi důležité je správné zesynchronizování času dataloggeru s časem v notebooku, protože v dataloggeru se uloží čas, který je nastaven na notebooku, a tak je nutné, aby čas na notebooku byl správně nastaven.

Pokud je nastavení hotovo, tak se využije tlačítka start, jehož spuštěním se odstartuje nainstalování nastavení, které bylo v dialogovém boxu zvoleno.



Obr. 17: Spuštění příkazu Launch v případě srážkoměru , (zdroj: Program BoxCar 3.6.0.6.).

8.3.2.2. HOB0 RH

Pokud se pracuje s dataloggerem HOB0 RH je dialogové okno po spuštění příkazu Launch obdobné. V první části dialogového okna se zobrazí informace o samotném dataloggeru, které ukazují na typ, sériové číslo, datum a čas a počet provedených nastavení pomocí příkazu Launch.

V další části je možné vyplnit popis, který se zobrazí nad časovou osou a interval v jakém budou data měřena. Podle volby intervalu se automaticky přidělí i doba, po kterou budou data zaznamenávána. Kromě přednastavených intervalů si lze vytvořit i vlastní podle potřeby uživatele. Pod těmito údaji se ukazuje tabulka, kde jsou v prvním sloupci uvedeny veličiny, které jsou měřeny nebo z měřených veličin vypočítávány. Ve druhém sloupci jsou uvedeny kanály, na kterých jsou veličiny měřeny, případně podle kterých kanálů jsou automaticky dopočítávány. V dalším sloupci jsou uvedeny jednotky,

ve kterých jsou veličiny uváděny a v posledním sloupci jsou vidět aktuálně měřené hodnoty, které se aktualizují každou sekundu (*BoxCar Pro 4.3. User's Guide, 1995-2002, BoxCar Software for HOBO Data Logger, 2010*).

V dialogovém okně je možné sledovat stav baterie, který je zde vykreslen pomocí náčrtu. Pod stavem baterie se nacházejí zaškrťovací políčka, která je podle zvážení nutné zaškrtnout nebo nechat odškrtnutá. Zaškrtnutím prvního políčka se povolí přepisování dat, když je paměť dataloggeru plná. Pokud není zaškrtnuto, tak se záznam dat po naplnění paměti zastaví. Druhé políčko slouží k nastavení data a času, od kdy budou data zaznamenávána. Lze nastavit datum a čas až do tří měsíců od nastavení.

Poslední věcí, kterou je nutno udělat před potvrzením nastavení, je zkontrolování nastavení kanálů. Pokud je využíván i externí kanál a připojen externí senzor, tak musí být specifikováno o jaký typ senzoru se jedná a jaké má připojení, aby nedocházelo k chybám při záznamu dat. Když je všechno zkontrolováno a nastaveno, musí se nastavení pomocí příkazu Start potvrdit spuštěním přeinstalování.

8.1.2.3. Datový box

Pokud se pracuje s datovým boxem, tak je třeba jej před vyjitím do terénu připojit k počítači a sesynchronizovat hodiny datového boxu s časem v počítači, aby se předešlo tomu, že data, která budou z dataloggerů stažena, budou mít nesprávně zaznamenaný čas. Sesynchronizování se provede pomocí nabídky Logger a příkazu Launch. Poté může být zahájena práce s datovým boxem v terénu. Po získání dat v terénu je třeba datový box připojit k počítači a z nabídky Logger se vybere příkaz HOB0 Shuttle Readout. Při spuštění tohoto příkazu se začnou načítat data do počítače a překontroluje se stav baterie. Po načtení je třeba data uložit ve zvoleném formátu. Nyní je datový box nachystán pro další stažení dat v terénu. Při připojení datového boxu není třeba nastavovat parametry a restartovat jej tak jako datalogger, které jsou umístěné v terénu a jsou z nich stahována data. Pokud jsou datalogger připojeny k datovému boxu, tak jsou po ukončení stahování dat na datový box vymazány paměti a datalogger jsou ihned připraveny k dalšímu měření, bez potřeby jejich restartování (Amet, 2010).



Obr. 18: Datový box, (zdroj: Amet, 2011).

9 VÝSLEDKY MONITORINGU

Na území Vysokého Pole probíhala měření meteorologická a hydrologická.

Meteorologická měření pro diplomovou práci probíhala na výzkumných plochách A, B, C a D v období od 12. 5. 2011, kdy byly všechny datalogery zprovozněny, do konce února. V měření se objevují výpadky, z důvodu nesprávného počátečního nakonfigurování dataloggerů, dále byly zaznamenány i výpadky ve funkčnosti, které byly způsobeny špatně nabitými bateriemi a technickými problémy. V zimním období, kdy byly sněhové srážky, jsou data z nevytápěných srážkoměrů ovlivněna postupným odtáváním sněhu ze srážkoměru a nelze tak jednoznačně určit dobu, kdy srážky vypadávaly.

Hydrologická měření probíhala jednou až dvakrát měsíčně na výzkumných plochách Q1, Q2, Q3 a Q4. Zkoumána byla jednak závislost změny průtoku mezi výzkumnými plochami pro hydrologické měření, ale i závislost velikosti průtoku na klimatických podmínkách, které byly zaznamenány v blízkosti dne měření a v den měření. Podkladem pro všechny grafy jsou data naměřená ve výzkumných plochách.

9.1. Meteorologický monitoring

Podrobněji zpracovávána byla meteorologická data týkající se teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Tyto základní meteorologické prvky jsou na sobě závislé a měly by mít inverzní průběh. Teploty a relativní vlhkosti byly vykresleny do grafů, které jsou zpracovány pro výzkumné plochy A, B a C. Grafy byly konstruovány pro jednotlivé dny, takže je možné zjistit denní průběh teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Data pro jednotlivé dny jsou umístěna na DVD. Z těchto základních naměřených údajů byly počítány denní průměrné teploty podle vzorce v kapitole 4.3.2. Dále byly určovány maximální, minimální hodnoty a denní amplitudy měřených meteorologických prvků.

Z meteorologických dat jsou kromě teplot a relativních vlhkostí podrobněji zpracovány i srážkové úhrny. Srážkové úhrny jsou zjištěny pro půlhodinový, hodinový a denní interval.

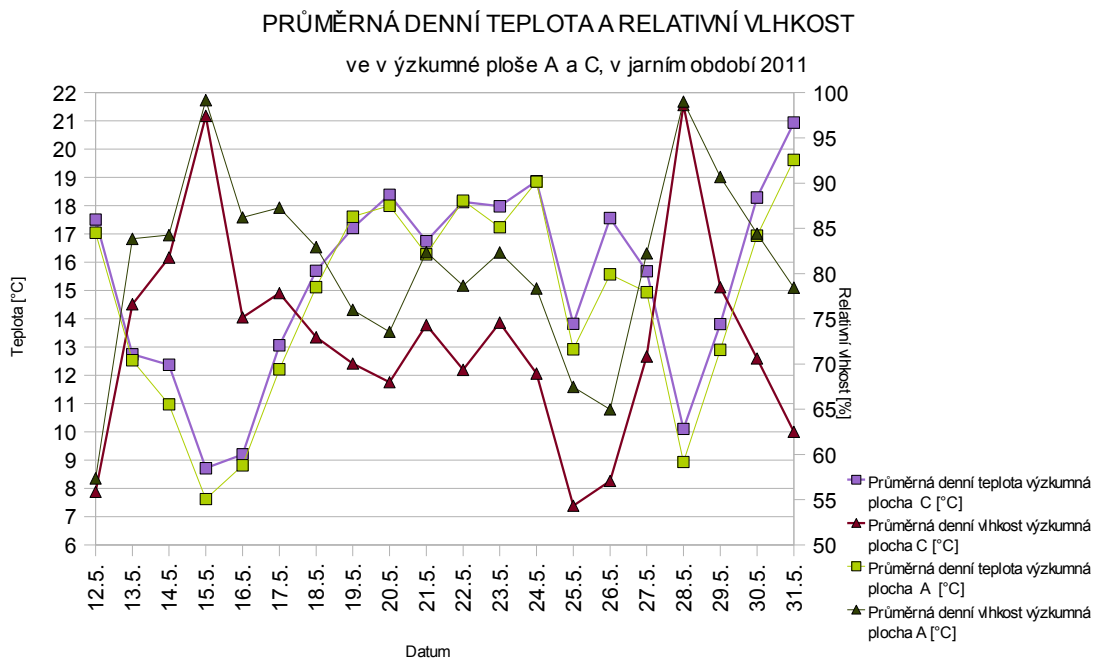
Všechny grafy se znázorněním denního chodu teploty, relativní vlhkosti vzduchu a srážkových úhrnů jsou uloženy po měsících. Ke každému dni je vytvořen graf v půlhodinovém sledu a pokud se ve vybraný den vyskytovaly srážky, tak jsou také v půlhodinovém i hodinovém intervalu zobrazeny. Tato zmíněná podrobnější data jsou zpracována v rámci DVD, protože jsou příliš obsáhlá, a tak není možné je všechny v rámci tištěné verze diplomové práce obsáhnout. Kromě denních chodů meteorologických prvků jsou v přílohách 12 - 18 uloženy průměrné hodnoty ve dnech podle jednotlivých období.

Pro velkou obsáhlou souboru dat jsou data rozdělena na jarní, letní, podzimní a zimní období. Do jarního období spadá pouze květen, do letního období spadá červen, červenec a srpen. Podzimní období je tvořeno měsíci září, říjen a listopad. Do zimního období spadá prosinec, leden a únor.

9.1.1. Jarní období 2011

V jarním období byly měřeny meteorologické prvky pouze v části měsíce května od 12. 5. do 31. 5. Jelikož nebyly všechny dataloggery zpočátku nakonfigurovány správně, tak nebyly zaznamenány meteorologické prvky ve všech výzkumných plochách.

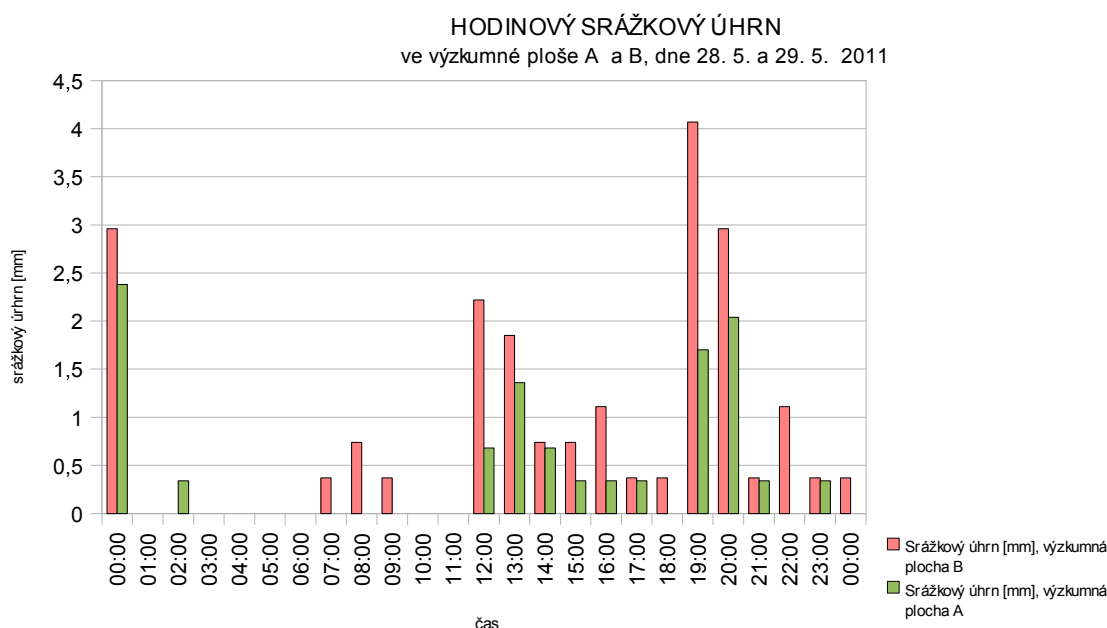
Průměrná denní teplota v jarním období byla ve výzkumné ploše C 15,34 °C a průměrná denní teplota ve výzkumné ploše A byla 14,61 °C. Průměrná denní vlhkost ve výzkumné ploše C byla 72,76 % a ve výzkumné ploše A byla hodnota průměrné vlhkosti 80,97 %. Tyto údaje jsou vzhledem k datům z dalších měsíců zajímavé, protože ve výzkumné ploše A, byly zpravidla naměřeny nižší vlhkosti než v ostatních výzkumných plochách. Srážkový úhrn za toto období činí 41,81 mm ve výzkumné ploše B a 19,72 mm ve výzkumné ploše A. Rozdíl mezi těmito srážkovými úhrny je vysoký a činí 52,83 %. V jarním období bylo zaznamenáno šest dní se srážkami ve výzkumné ploše B. Ve výzkumné ploše A byl zaznamenán srážkový úhrn jen u pěti dnů. Tento rozdíl může být dán vyšší pravděpodobností kondenzace a vzniku mlhy ve výzkumné ploše B.



Graf 1: Průměrná denní teplota a relativní vlhkost v jarním období 2011.

V grafu 1 je možné spatřit průměrné denní teploty a relativní vlhkosti vzduchu v jarním období. Z grafu je patrné, že průměrné denní teploty zjištěné v jednotlivých plochách nezaznamenávají tak velké rozdíly jako průměrné denní relativní vlhkosti. Z průběhu meteorologických prvků je možné rozpoznat, že ve dnech, kdy jsou rozdíly mezi průměrnou denní relativní vlhkostí a průměrnou denní teplotou velké, tak je vysoká pravděpodobnost, že se jedná o den, kdy byl zaznamenán srážkový úhrn. Pro dny se srážkovým úhrnem jsou typické vysoké hodnoty relativní vlhkosti a vyrovnaný průběh teploty během dne.

Dne 28. 5. byl naměřen nejvyšší denní srážkový úhrn za jarní období, který měl hodnotu 20,72 mm ve výzkumné ploše B a 10,88 ve výzkumné ploše A. Rozdíl ve srážkové úhrnu mezi těmito dvěma výzkumnými plochami je velký a ukazuje, že ve výzkumné ploše B, byl srážkový úhrn o 47,49 % nižší než ve výzkumné ploše A. Lze předpokládat, že většina vody byla zadržena intercepcí na povrchu rostlin, které výzkumnou plochu A zcela obklopují, ale přesto se jedná o vysoké číslo, protože podle Kantora (2003) by průměrná intercepce na smrkovém porostu podle průměrných hodnot měla činit 31,5 % na bukovém porostu by tato ztráta měla být 15,5 %. V grafu 2 je uveden hodinový srážkový úhrn během srážkově nejvydatnějšího dne 28. 5. 2011. Děšť v tento den trval podle dat z výzkumné plochy B souvislých osm hodin. Jeho nejvyšší intenzita byla v 19:00, kdy dosahovala na hodnotu 4,07 mm/h. Tato hodinová intenzita značí mírný déšť (bližší popis intenzity deště je uveden v tabulce (Tab.1)). Naproti tomu ve výzkumné ploše A byla intenzita deště v 19:00 1,7 mm/h, což značí slabý déšť. Tato intenzita nebyla ve výzkumné ploše A nevyšší, vyšší intenzita deště následovala později. Toto zpoždění oproti výzkumné ploše B je způsobeno zpožděním dopadu kapek na zemský povrch vlivem zadržování dešťových kapek na listech stromů, nebo jejich úplnou ztrátou intercepcí, či skapávání vody po kmenech stromů. Z naměřených srážek v jarním období lze usuzovat, že se v tomto období nevyskytly přívalové srážky, které by způsobily komplikace.



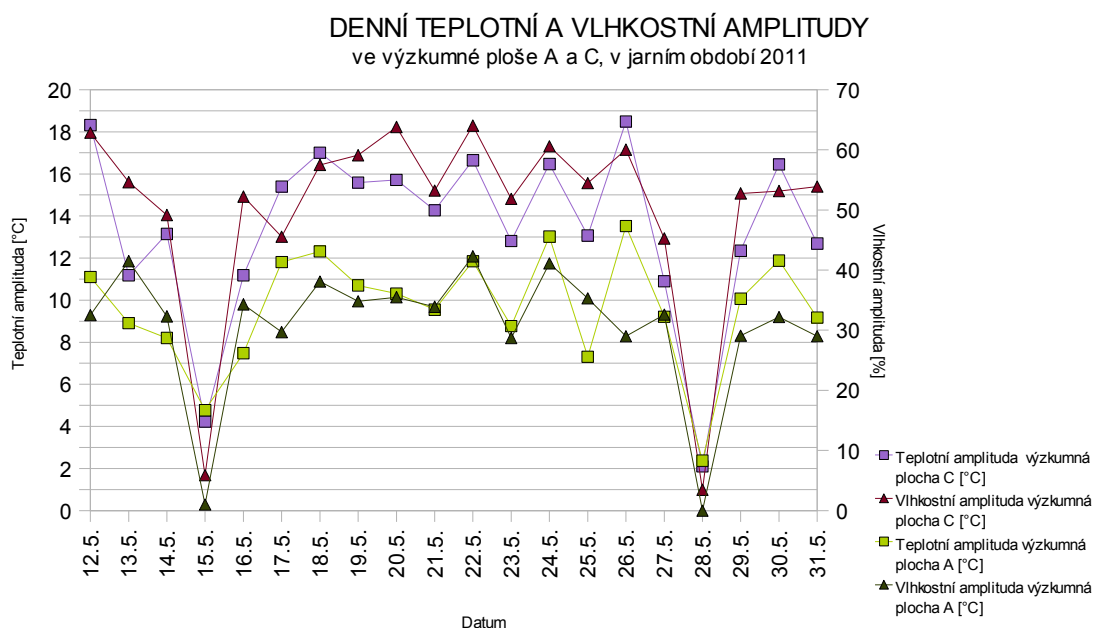
Graf 2: Hodinový srážkový úhrn dne 28. 5. a 29. 5. 2011.

Dvakrát během měsíce se stalo, že byla vyšší průměrná denní teplota, dopočítána z teplot naměřených ve výzkumné ploše A. V ostatních dnech byla vyšší denní průměrná teplota ve výzkumné ploše C.

V jarním období se objevily na výzkumné ploše C čtyři dny, které jsou nazývány jako letní, ve výzkumné ploše A se objevil jenom jeden letní den. Pokud však bude udělán průměr z naměřených teplot v obou výzkumných plochách, tak budou jako letní den klasifikovány dva dny.

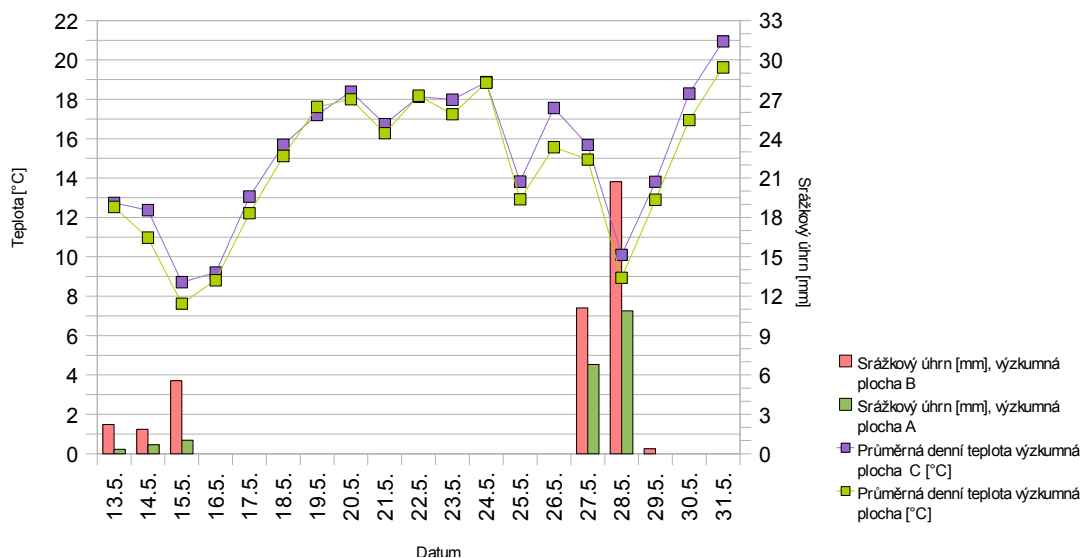
Další důležitou meteorologickou charakteristikou jsou teplotní a vlhkostní amplitudy, které byly zjištěny z dat naměřených ve výzkumných plochách. Z grafu 3 je patrné, že vyšší teplotní a vlhkostní amplitudy byly naměřeny ve výzkumné ploše C. Nejvyšší teplotní amplituda ve výzkumné ploše C dosahovala hodnoty 18,49 °C a nejvyšší vlhkostní amplituda činila 62,85 %. Ve výzkumné ploše A byla nejvyšší teplotní amplituda o více jak 5 °C nižší i vlhkostní amplitudy jsou zde výrazně nižší. Vysoké amplitudy mezi naměřenými hodnotami poukazují na radiční typ počasí. Pokud se rozdíl mezi naměřenými teplotními a vlhkostními amplitudami zmenšují, tak je zřejmé, že se jedná o den, kdy převládá advekční typ počasí. Pokud převládá advekční typ počasí tak jsou teplotní a především vlhkostní amplitudy velmi malé. Prokazatelné dny a advekčním počasím jsou 15. 5. a 28. 5.

Výzkumná plocha C je náchylnější na změnu teplot a výskytu extrémů, protože tato plocha se nachází na volném prostranství, a tak není chráněná vůči povětrnostním vlivům, a proto jsou v této výzkumné ploše zjištěny vyšší výkyvy teplot během dne. Výzkumná plocha B je dobře chráněná a nedochází v ní k tolika výkyvům a měřené meteorologické prvky jsou v této výzkumné ploše stabilnější. V grafu 4, je ukázána závislost kolísání denní průměrné teploty a denního srážkového úhrnu ve výzkumných plochách. Ve dnech, ve kterých jsou naměřeny nejvyšší srážkové úhrny, jsou také nízké průměrné denní teploty a rozdíl mezi průměrnými denními teplotami vypočítanými ve výzkumných plochách je nižší.



Graf 3: Denní teplotní a vlhkostní amplitudy v jarním období 2011.

PRŮMĚRNÁ DENNÍ TEPLOTA A SRÁŽKOVÝ ÚHRN
ve výzkumné ploše A , B a C, v jarním období 2011



Graf 4: Průměrná denní teplota a srážkový úhrn v jarním období 2011.

9.1.2. Letní období 2011

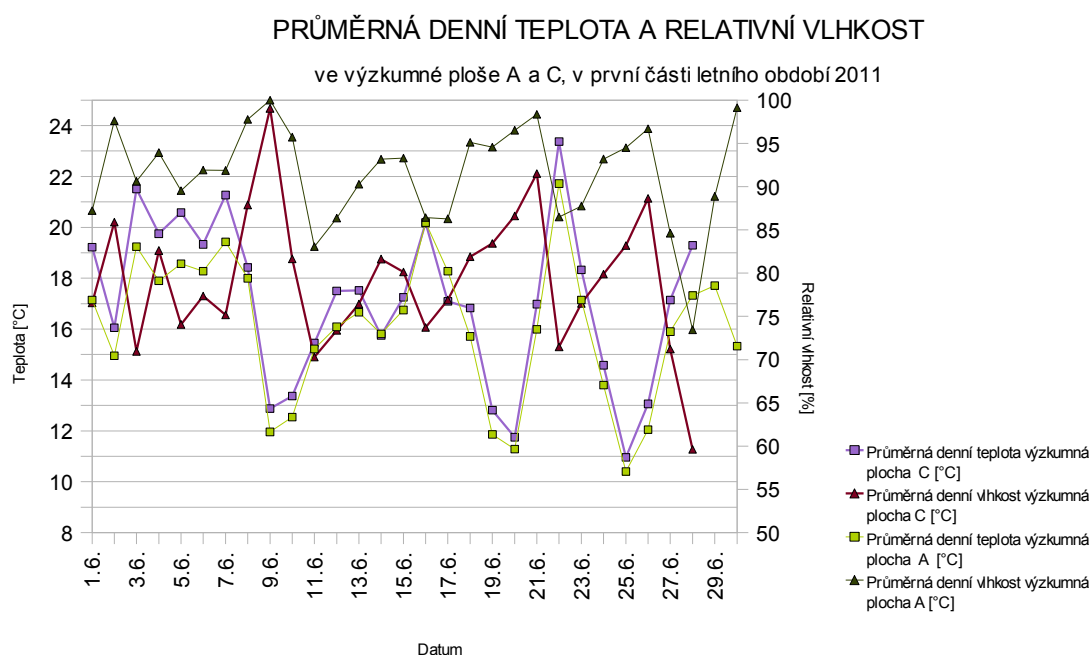
Do letního období spadají měsíce červen, červenec a srpen. Jedná se o období, kdy docházelo k výpadkům funkčnosti dataloggerů, a tak nikdy nebyla zaznamenána všechna měření ve všech výzkumných plochách.

Průměrná denní teplota v letním období je ve výzkumných plochách těžko určitelná, a to z důvodů dlouhodobějších výpadků měření jednotlivých dataloggerů. Průměrná denní teplota z naměřených dat ve výzkumné ploše C byla 17,44 °C. Průměrná denní teplota v letním období z naměřených dat ve výzkumné ploše A činila 15,85 °C. Průměrná denní vlhkost z naměřených dat ve výzkumné ploše C dosahovala hodnoty 81,31 %. Ve výzkumné ploše A byla hodnota průměrné denní vlhkosti 88,26 %. Srážkový úhrn byl změřen jen v měsíci červnu. Měsíční srážkový úhrn ve výzkumné ploše B činil 94,35 mm. Ve výzkumné ploše A byl měsíční srážkový úhrn podstatně nižší a činil 54,4 mm. Rozdíl mezi těmito srážkovými úhrny je velmi vysoký a dosahuje až 42,34 %. V červnu bylo zaznamenáno 13 dnů se srážkovým úhrnem ve výzkumné ploše B a z toho bylo jen u osmi dní zjištěn srážkový úhrn i ve výzkumné ploše A. Ve dvou případech se jednalo o denní srážkový úhrn vyšší než 1 mm, což značí, že se jednalo o dešťovou přeháňku, která byla málo intenzivní a byla zachycena okolním porostem ve výzkumné ploše A nebo o ranní mlhu, která se nad výzkumnou plochou B vyskytla.

V grafu 5 je vidět kolísání průměrné denní teploty vzduchu a průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v části letního období ve výzkumné ploše A a C. Vyšší průměrná denní teplota v letním období byla kromě čtyř případů, zjištěna ve výzkumné ploše C. Z grafu je patrný chod meteorologických prvků v části zkoumaného období. Zatímco denní průměrné teploty se ve výzkumných plochách liší jen do 2,27 °C, průměrné relativní vlhkosti se ve výzkumných plochách liší daleko víc a to až o desítky procent. Průměrná

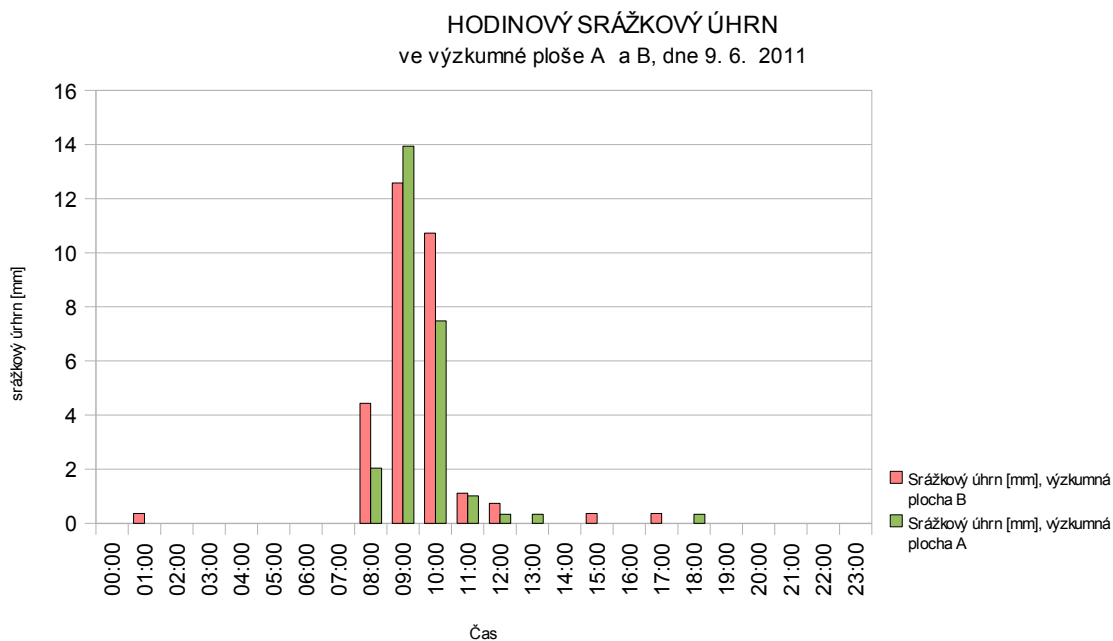
hodnota odchylky průměrných denních relativních vlhkostí je 10,44 %. Zajímavostí je, že vyšší průměrné relativní denní vlhkosti, byly naměřeny ve výzkumné ploše A, zatímco v podzimním období tyto hodnoty byly opačné.

Z průběhu denních průměrných teplot a relativních vlhkostí je možné identifikovat dny, kdy se vyskytovaly srážky a to na základě nízkých průměrných denních teplot a vysokých relativních vlhkostí vzduchu. Kromě těchto extrémních dnů je pravděpodobné, že se srážky vyskytly i ve dnech před tímto extrémním dnem a po něm, kdy teploty stoupaly a relativní vlhkost klesala.



Graf 5: Průměrná teplota a relativní vlhkost v první části letního období 2011.

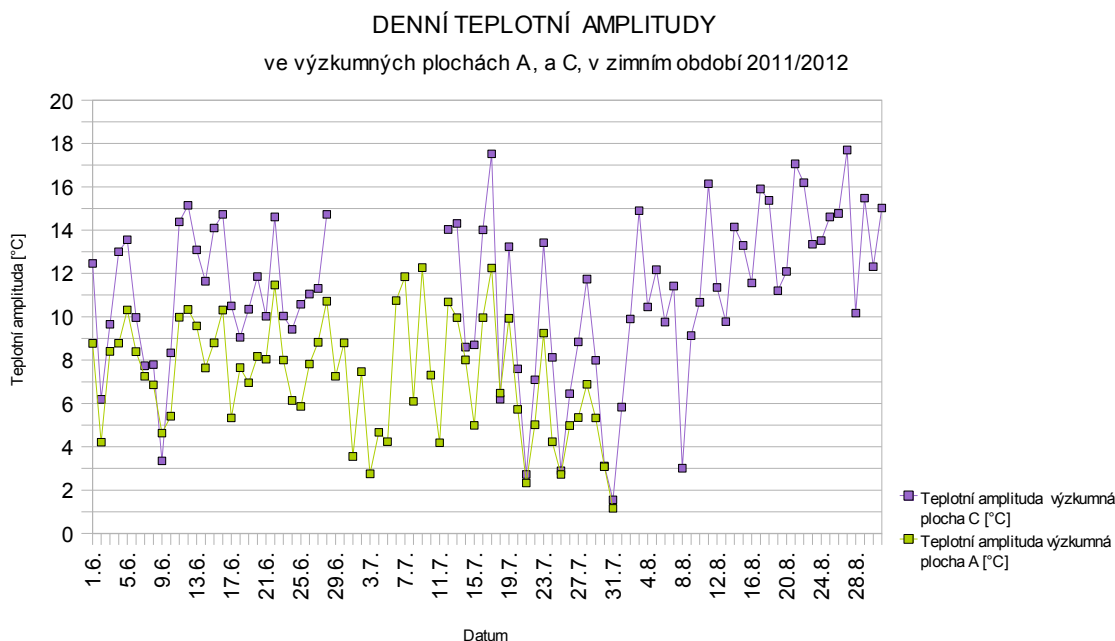
Srážkově nejvydatnějším dnem byl den 9. 6., kdy srážkový úhrn činil 30,71 mm ve výzkumné ploše A a 25,5 mm ve výzkumné ploše B. Srážková ztráta mezi těmito dvěma oblastmi byla 15,28 %, což je v porovnání s ostatními dny poměrně malý rozdíl. Tento rozdíl je způsoben poměrně intenzivním a dlouhým deštěm, který se příliš nezachycoval na povrchu rostlin. Dokonce nejvyšší intenzita deště byla zaznamenána ve výzkumné ploše A a činila 13,94 mm/h. Tato hodinová intenzita deště značí silný déšť, ale nelze jednoznačně říct, že jeho intenzita nebyla ovlivněna skapáváním vody zachycené na stromovém porostu. Ve výzkumné ploše B měla nejvyšší intenzita deště hodnotu 12,58 mm/h. Tato hodinová intenzita také poukazuje na silný déšť. Průběh srážkového úhrnu v tento den je ukázán v grafu 6. Z tohoto grafu je patrné, že intenzita deště v obou výzkumných plochách se postupně zvyšuje a že prvotní intenzita je vyšší ve výzkumné ploše B, kde se očekává pozdější spád dešťových kapek k zemskému povrchu, a tak ve výzkumné ploše B déšť doznívá delší dobu. Tento déšť je možné v době od 8:00 do 8:15 označit za přivalový déšť, protože za tuto dobu byl vysoký srážkový úhrn, který činil 8,14 mm ve výzkumné ploše B.



Graf 6: Hodinový srážkový úhrn dne 9. 6. 2011.

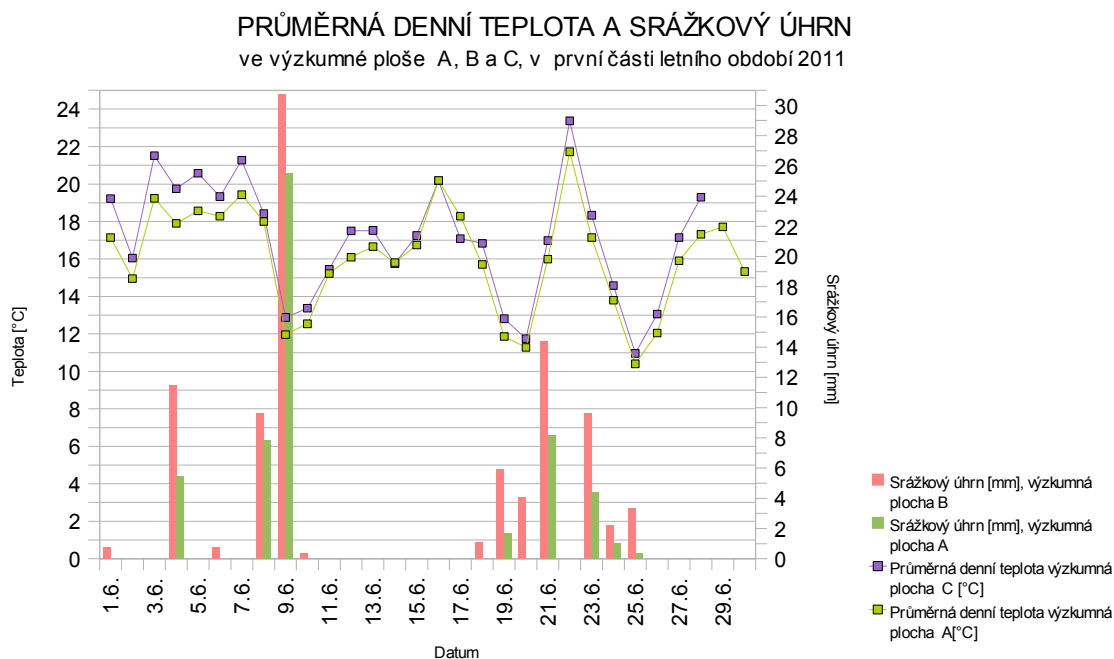
Podle charakteristik základních typů dnů se v letním období objevilo ve výzkumné ploše C 18 letních dní. Ve výzkumné ploše A byly zjištěny jen 4 letní dny. Tento rozptyl je zapříčiněn nedostatkem dat ve výzkumné ploše A z období srpna. Toto období bylo totiž nejteplejším, a tak je zde velká pravděpodobnost výskytu letních nebo tropických dnů. Ve výzkumné ploše C byly zaznamenány 4 po sobě jdoucí dny, které jsou nazývány díky svým teplotním charakteristikám jako tropické.

Další důležitou meteorologickou charakteristikou jsou teplotní a vlhkostní amplitudy. Z grafu 7 je potvrzeno, že vyšší teplotní a vlhkostní amplitudy se nacházejí ve výzkumné ploše C. Nejvyšší teplotní amplituda ve výzkumné ploše C činila 17,7 °C a nejvyšší vlhkostní amplituda byla 61,4 %. Ve výzkumné ploše A byla nejvyšší teplotní amplituda o více jak 5 °C nižší, vlhkostní amplituda také nebyla tak vysoká jako ve výzkumné ploše C a pohybovala se kolem 52 %. Dny, ve kterých byla teplotní a především vlhkostní amplituda velmi malá, jsou dny, kdy převládal advekční typ počasí. Naopak radiační typ počasí převládal ve dnech, kdy byla především teplotní amplituda vysoká. Průměrná teplotní amplituda ve výzkumné ploše C byla v letním období 11,08 °C a ve výzkumné ploše A průměrná teplotní amplituda činila 7,08 °C. Nižší teplotní a vlhkostní amplitudy poukazují na chráněnější oblast proti okolním vlivům a stálejší hodnoty meteorologických prvků. V letním období byly teplotní a vlhkostní amplitudy nižší než v jarním období. Z tohoto vyplývá, že v letním období nejsou tak vysoké rozdíly v naměřených teplotách během dne a neočekává příliš vysoký rozdíl mezi naměřenými hodnotami během dne ani ve dnech, kdy převládal radiační počasí.



Graf 7: Denní teplotní amplitudy v letním období 2011

V grafu 8 jsou znázorněny průměrné denní teploty a denní srážkové úhrny ve výzkumných plochách A, B a C v první části letního období. Pokud byl zaznamenán srážkový úhrn je patrný pokles teploty ve výzkumné ploše A i C. Kromě poklesu teploty v těchto dnech nastává i vzrůst hodnot relativních vlhkostí vzduchu. Ve výzkumné ploše A je pokles průměrné denní teploty vyšší, přestože srážkový úhrn je v této ploše nižší než v ostatních výzkumných plochách.



Graf 8: Průměrná denní teplota a srážkový úhrn v první části letního období 2011.

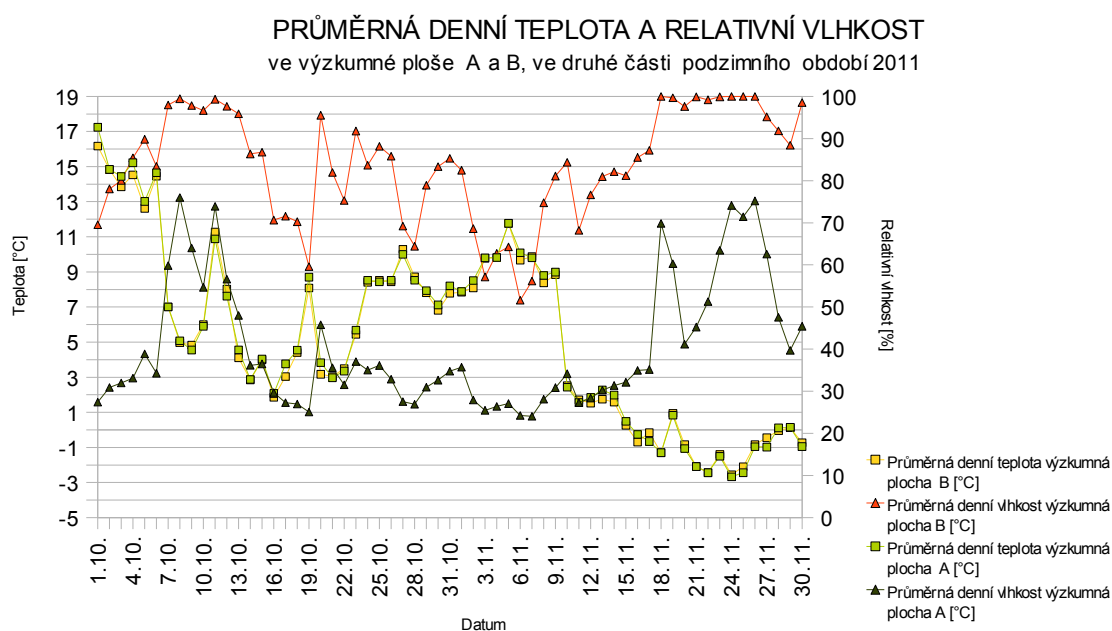
9.1.3. Podzimní období 2011

Podzimní období zahrnuje měsíce září, říjen a listopad. V podzimním období byly zaznamenány výpadky v měření v měsíci září. V dalších měsících měřily všechny datalogery. Kromě výzkumné plochy A a C, byla získávána teplotní a vlhkostní data i ve výzkumné ploše B.

Průměrná denní teplota ze získaných hodnot ve výzkumné ploše C činila 8,47 °C. Průměrná denní teplota v podzimním období ve výzkumné ploše B dosahovala hodnoty 5,51 °C a ve výzkumné ploše A měla hodnotu 5,62 °C. Rozdíl mezi průměrnou denní teplotou ve výzkumné ploše C a ostatními plochami je pravděpodobně dán tím, že měsíc září, ve kterém byly zaznamenány hodnoty pouze ve výzkumné ploše C, byl teplejší než další dva měsíce z podzimního období. Toto tvrzení je dokázáno výpočtem denní průměrné teploty ve výzkumné ploše C ve stejném období jako v ostatních dvou výzkumných plochách. Takto vypočítaná průměrná denní teplota dosahuje hodnoty 5,54 °C. Denní průměrné teploty ve výzkumných plochách v podzimním období mají poměrně malou odchylku, která činí 0,11 °C, což je daleko nižší odchylka než v předchozích dvou obdobích a je zapříčiněna nižšími teplotními amplitudami, které byly vypočítány v jednotlivých výzkumných plochách. Nejvyšší denní průměrná teplota byla v tomto období zjištěna ve výzkumné ploše A. Toto je dáno menším kolísáním teploty a vyšší schopnosti udržení tepla, které je akumulováno okolním porostem. Pokud jsou vypočítány nižší odchylky mezi průměrnými denními teplotami ve výzkumných plochách, tak je pravděpodobné, že převládal advekční typ počasí. Průměrná denní vlhkost byla nejvyšší ve výzkumné ploše C a dosahovala hodnoty 84,46 % v celém podzimním období. Pokud budou z výzkumné plochy C brána jen data, která byla naměřena v době měření v ostatních plochách, tak bude průměrná denní vlhkost ještě vyšší a bude dosahovat hodnoty 85,99 %. Ve výzkumné ploše B byla průměrná denní vlhkost 83,38 %. Velmi nízká denní průměrná vlhkost byla ve výzkumné ploše A, protože její hodnota byla pouze 40,1 %. Toto je velká odchylka a liší se i od průměrných hodnot v ostatních pozorovaných obdobích.

V grafu 9 jsou znázorněny průměrné denní průměrné teploty a relativní vlhkosti ve druhé části podzimního období 2011. K zobrazení do grafu byly vybrány výzkumné plochy, kde byly vypočítány nejvyšší a nejnižší průměrné teploty z celého období. Z grafu je patrné, že relativní vlhkosti a teploty mají inverzní průběh a že průměrné denní relativní vlhkosti ve výzkumné ploše A jsou daleko nižší než ve výzkumné ploše B. Z grafu lze identifikovat dny, kdy byl zaznamenán srážkový úhrn. Jedná se o dny, kdy byla vysoká průměrná denní relativní vlhkost a průměrná denní teplota měla nižší hodnoty. Identifikace, vzhledem k menším výchytkám teplot a obecně nižším teplotám v podzimním období, není tak jednoznačná jako v předchozích obdobích. Příkladem chybné identifikace dne se srážkami může být dekáda nízkých průměrných denních teplot v listopadu, která je doprovázena i vysokou průměrnou denní relativní vlhkostí, ale srážkový úhrn přesto nebyl zaznamenán. Výzkumná plocha B je z hlediska záznamu nejvyšších a nejnižších denních průměrných teplot v podzimním období nejstabilnější.

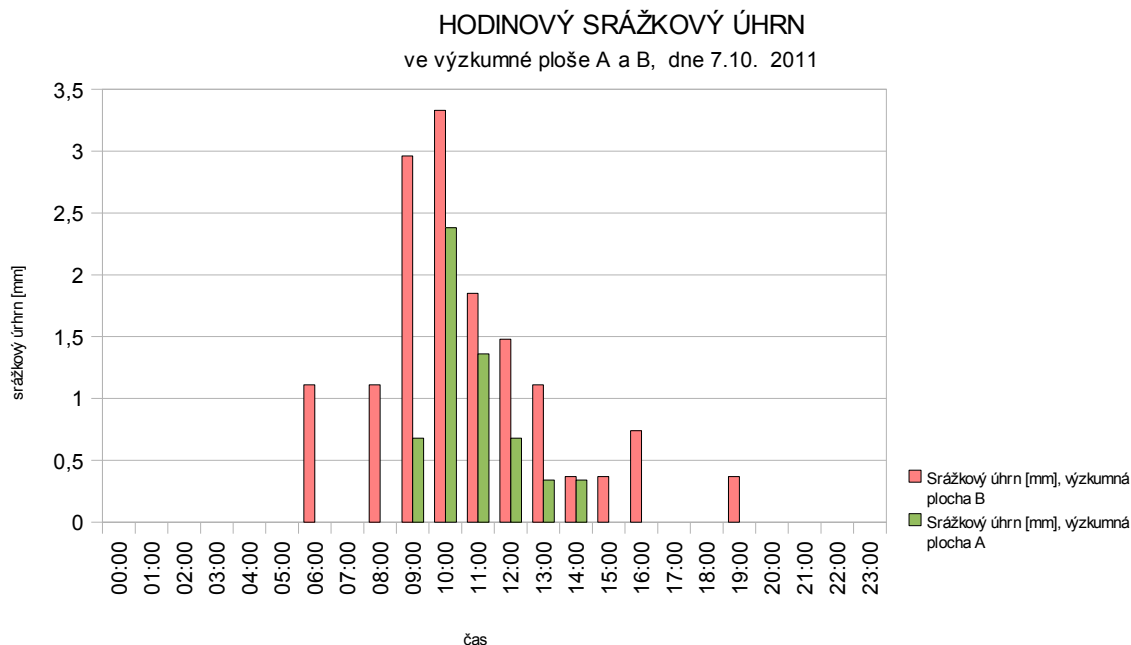
Nejvícekrát byla nejvyšší denní průměrná teplota zaznamenána ve výzkumné ploše C a nejnižší denní průměrné teploty byly také nejvícekrát zaznamenány ve výzkumné ploše C.



Graf 9: Průměrná denní teplota a relativní vlhkost ve druhé části podzimního období 2011.

V podzimním období bylo identifikováno ve výzkumné ploše D 17 dní se srážkovým úhrnem. Pokud se budou počítat jen ty dny, kdy byla data i za ostatní výzkumné plochy, tak součet těchto dnů je 14. Ve výzkumné ploše B bylo zaznamenáno 10 dní se srážkami a ve výzkumné ploše A bylo zjištěno ještě od dva dny se srážkami méně. Nejvyšší srážkový úhrn byl ve výzkumné ploše D činil 49,4 mm. Nejnižší srážkový úhrn byl ve výzkumné ploše A a jeho hodnota byla 27,88 mm. Rozdíl mezi těmito srážkovými úhrny je 56, 27 %. Nejvyšší denní srážkový úhrn byl dne 7. 10. Pro porovnání činil denní srážkový úhrn ve výzkumné ploše D 12,4 mm, v ploše B 14,8 mm a ve výzkumné ploše A 5,7 mm. Mezi srážkovým úhrnem ve výzkumné ploše A a B byl rozdíl 61,48 %. 54,03 % byl rozdíl ve srážkovém úhrnu ve výzkumné ploše A a D. Z hodinového srážkového úhrnu ve výzkumné ploše B a A je možné vidět hodinové rozdíly ve srážkovém úhrnu. Nejvyšší intenzita tohoto deště ve výzkumné ploše B byla 3,33 mm/h. Tato intenzita odpovídá mírnému dešti. Ve stejnou dobu byla ve výzkumné ploše A hodinová intenzita 2,38 mm/h. Tato intenzita odpovídá slabému dešti. Ve výzkumné ploše D jsou měřeny jen denní hodnoty srážkového úhrnu. Z grafu 10 je patrný pozdější nástup deště ve výzkumné ploše A a jeho intenzita, která se postupně vyrovnává intenzitě ve výzkumné ploše B. Dne 11.10. byl zjištěn vyšší srážkový úhrn ve výzkumné ploše A než ve výzkumné ploše B. Jedná se o jeden z mála případů, kdy taková situace nastala. Podle všech ukazatelů převládalo v počátku noci ve všech výzkumných plochách advekční počasí, které se postupně oslabovalo až večer se opět teploty ustálily bez vyšších odchylek. Průměrná relativní vlhkost byla po celý den vysoká. Tato odchylka

může být způsobena menší intercepcí deště a větším intenzitou skapávání dešťových kapek směrem k zemskému povrchu. V podzimním období se nevyskytl déšť, který by se dal klasifikovat jako přivalový.

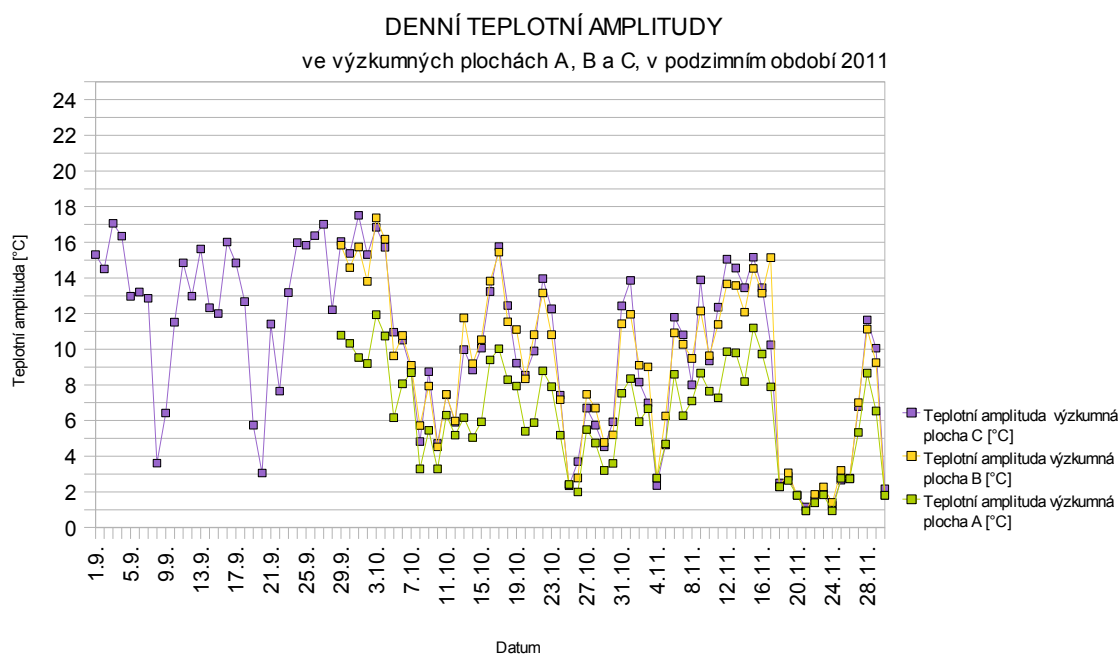


Graf 10: Hodinový srážkový úhrn dne 7. 10. 2011.

Podle typů dnů s charakteristickými teplotními vlastnostmi, se v podzimním období vyskytlo ve výzkumné ploše C 8 letních dnů a ve výzkumné ploše B byl zaznamenán jeden letní den. Žádný letní den nebyl zaznamenán ve výzkumné ploše A. Skutečnost, že ve výzkumné ploše C bylo zaznamenáno nejvíce letních dnů, je dána tím, že ve této výzkumné ploše bylo prováděno měření v celé podzimní dekádě, včetně nejteplejšího měsíce z podzimního období - září. Pokud budou hodnocena data, která byla získána ve všech plochách, tak byly ve výzkumné ploše C zaznamenány dva letní dny a ve výzkumné ploše B jeden letní den. Protože podzimní období tvoří přechod k zimě, tak byly v hojném počtu zaznamenány mrazové a ledové dny. Nejvíce mrazových dnů bylo zaznamenáno ve výzkumné ploše B a to celkem 27. Z tohoto počtu mrazových dnů může osm dnů být hodnoceno jako ledových. To jsou takové dny, kdy denní maximální teplota nebyla vyšší než 0 °C. Ve výzkumné ploše C bylo zaznamenáno 26 mrazových dnů a z toho byly jen dva dny ledové. Ve výzkumné ploše A bylo 24 dnů mrazových, a z toho může být pět dnů označeno jako ledových. Nejvíce mrazových i ledových dnů se vyskytlo ve výzkumné ploše B. Toto je dáno náchylností výzkumné plochy k extrémním hodnotám. Výzkumná plocha B není dostatečně chráněna proti povětrnostním vlivům, a tak lze předpokládat, že se zde bude vyskytovat větší počet extrémů způsobených působením klimatických činitelů.

Další charakteristikou území jsou teplotní a vlhkostní amplitudy. Z grafu 11 není jednoznačně určitelné, ve které výzkumné ploše jsou nejvyšší teplotní odchylky, protože

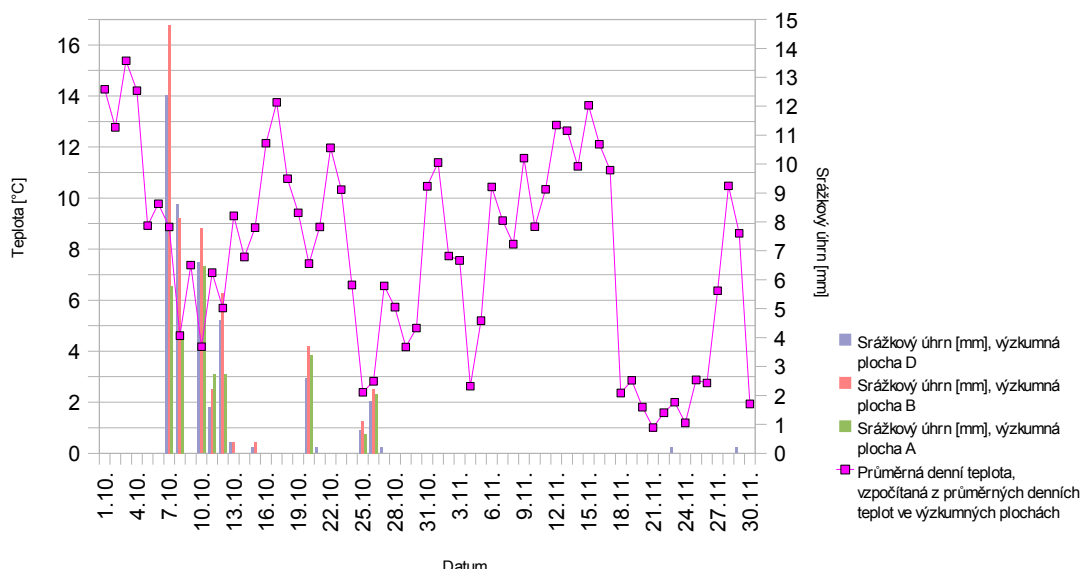
teplotní amplitudy ve výzkumné ploše C a B jsou srovnatelněkrát nejvyšší. Přesto nejvyšší průměrná teplotní amplituda byla za podzimní období dosažena ve výzkumné ploše C. Ve výzkumné ploše A se podle očekávání objevují nejnižší teplotní výkyvy. Nejvyšší rozdíl mezi denní teplotní amplitudou ve výzkumných plochách byl 7,97 °C. Tento rozdíl byl zjištěn mezi výzkumnou plochou C a A. Nejvyšší vlhkostní amplitudy byly zaznamenány ve výzkumné ploše C, kde činil průměr z denních teplotních amplitud 36,32 %. Zde byla zaznamenána nejvyšší vlhkostní amplituda, která činila 67,41 %. Zdaleka nejnižší hodnoty vlhkostní amplitudy byly zaznamenány ve výzkumné ploše A. Dny, kdy byla naměřena nízká teplotní amplituda, lze považovat za dny, kdy převažovalo advekční počasí s možným výskytem srážek. Vlhkostní amplitudy jsou variabilnější a nejvyšší průměrná vlhkostní amplituda byla zaznamenána ve výzkumné ploše C. Nejvyšší vlhkostní amplitudy jsou zaznamenávány stejně jako teplotní ve výzkumných plochách B a C. Výzkumná plocha A je nejméně náchylná na změny povětrnostních podmínek, a tak jsou zde teploty i relativní během dne vyrovnanější, než v ostatních výzkumných plochách. Teplotní amplitudy jsou v podzimním období nižší než teplotní amplitudy v předchozích dvou obdobích.



Graf 11: Denní teplotní amplituda v podzimním období 2011.

V grafu 12 jsou znázorněny závislosti průměrné denní teploty, které jsou vypočítané z průměrných denních teplot ve výzkumných plochách na denním srážkovém úhrnu, který odpovídá hodnotám v jednotlivých výzkumných plochách. Z tohoto grafu je zřejmé, že pokud jsou nižší denní průměrné teploty, tak se vyskytují srážky. Srážky se vyskytují i ve dnech, kdy teploty klesají a následně stoupají, až se ustálí na vyšší hodnotě.

PRŮMĚRNÁ DENNÍ TEPLOTA A SRÁŽKOVÝ ÚHRN
ve výzkumné ploše A, B, C a D, v druhé části podzimního období 2011



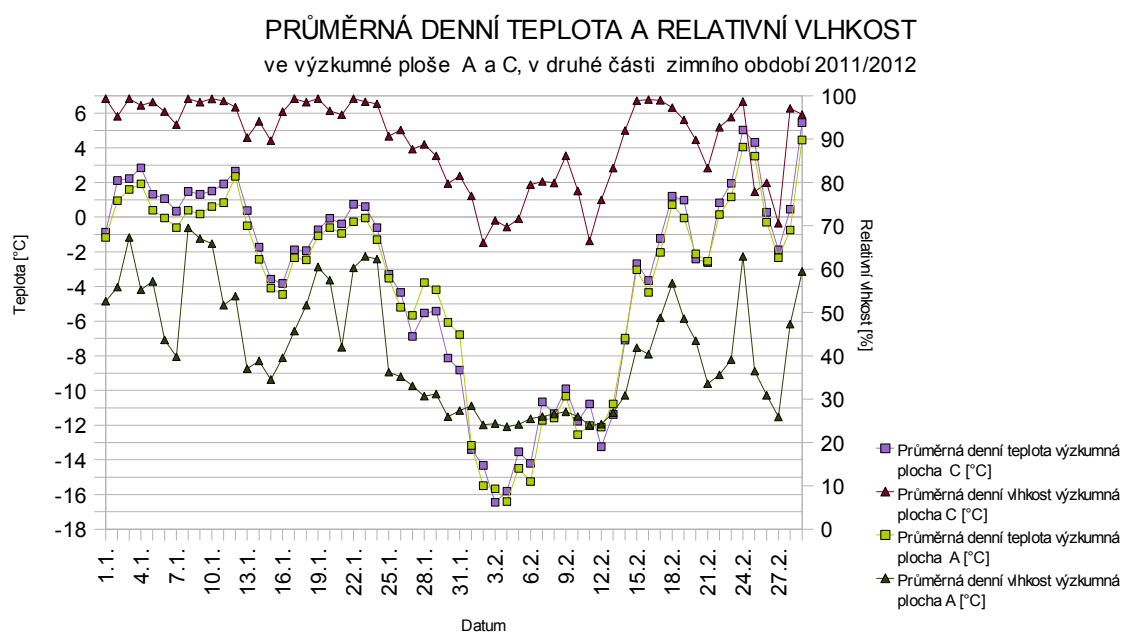
Graf 12: Průměrná denní teplota ze všech výzkumných ploch a srážkový úhrn v druhé části podzimního období

9.1.4. Zimní období 2011/2012

Zimní období zahrnuje měsíce prosinec, leden a únor. V zimním období byly zaznamenány technické výpadky v měření srážkoměru umístěného ve výzkumné ploše A. Datalogger pro zaznamenání teploty a vlhkosti vzduchu byly po celé období plně funkční.

Průměrná denní teplota byla v zimním období nejvyšší ve výzkumné ploše C a měla hodnotu $-1,95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nejnižší průměrná denní teplota v tomto období byla ve výzkumné ploše A a činila $-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve výzkumné ploše B byla vypočítána průměrná denní teplota, která měla hodnotu $-2,22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výkyvy mezi denními průměrnými teplotami ve výzkumných plochách nejsou příliš vysoké. Vůbec nejvyšší denní průměrná teplota v tomto období byla zjištěna ve výzkumné ploše C a měla hodnotu $5,45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výskyt nejvyšší průměrné denní teploty v této výzkumné ploše je dán umístěním dataloggeru na slunném místě, a i přestože v nočních hodinách se v této výzkumné ploše vyskytují nízké teploty, tak v denních hodinách jsou naměřeny, díky zvyšující se sluneční aktivitě na konci zimního období, vysoké teploty. Ve výzkumné ploše C byly nejvícekrát během zimního období vypočítány nejvyšší denní průměrné teploty ze všech výzkumných ploch. Nejnižší denní průměrné teploty se vyskytovaly v nejvíce případech ve výzkumné ploše A. Průměrná denní relativní vlhkost byla nejvyšší ve výzkumné ploše C a měla hodnotu 91,93 %. Nejnižší průměrná denní relativní vlhkost byla ve výzkumné ploše A a měla hodnotu 45,1 %. Tato hodnota průměrné denní relativní vlhkosti je velmi nízká. Ve výzkumné ploše B byla průměrná denní relativní vlhkost stanovena na hodnotu 82,72 % a zároveň v této výzkumné ploše byla jako v jediné výzkumné ploše v zimním období dosažena hodnota průměrné relativní vlhkosti 100 %.

V grafu 13 jsou znázorněny průměrné denní teploty a relativní vlhkosti v druhé části zimního období 2011/2012. Pro znázornění byla vybrána výzkumná plocha s nejvyšší a nejnižší průměrnou teplotou v zimním období. Denní průměrné teploty mají inverzní průběh k denním průměrným relativním vlhkostem. Zároveň je patrný velký rozdíl v denních průměrných relativních vlhkostech. V zimním období nejsou tak jednoznačně identifikovatelné dny, kdy byl zaznamenán srážkový úhrn. Tyto dny lze identifikovat na základě malého rozdílu v denních průměrných teplotách ve výzkumných plochách, které jsou nižší než v ostatních dnech a naopak jsou vysoké průměrné denní relativní vlhkosti. Srážky zaznamenané ve výzkumných plochách A, B i D jsou poměrně často zaznamenány ve dnech, kdy byly zjištěny vyšší denní průměrné teploty. Toto je způsobeno odtáváním sněhové pokrývky ze srážkoměru, a tak nelze srážky neměřené v tomto období brát jako směrodatné, protože je pravděpodobné, že srážky při teplotách kolem bodu mrazu budou sněhové a nebudou korektně zaznamenány. Srážky, které budou při teplotách vyšší než je bod mrazu mohou být dešťové anebo mohou pocházet z odtávání předešlé sněhové pokrývky, která byla zachycena na srážkoměru.



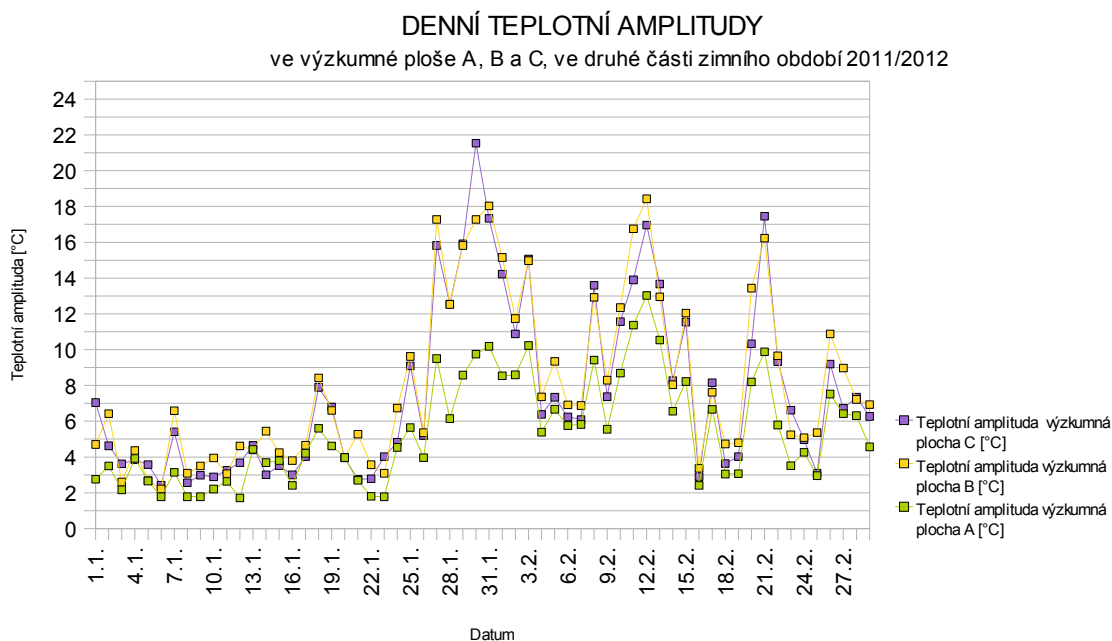
Graf 13: Průměrná denní teplota a relativní vlhkost ve druhé části zimního období 2011/2012

Přestože srážkoměrná měření nelze brát jako směrodatná, tak překlopení člunku srážkoměru bylo v zimním období zaznamenáno nejvícekrát. Ve výzkumné ploše B bylo zaznamenáno překlopení člunku z celkového počtu 91 dnů v zimním období ve 41 dnech. Ve výzkumné ploše A bylo zaznamenáno z celkových 60 dnů, kdy byl přístroj v provozu, překlopení člunku 20 dnech. Ve výzkumné ploše D bylo z celkových 91 dnů v zimním období překlopení člunku zaznamenáno ve 43 dnech. Za zimní období byl nejvyšší srážkový úhrn ve výzkumné ploše B a měl hodnotu 218,14 mm. Nejnižší hodnota srážkového úhrnu v tomto období byla ve výzkumné ploše A a měla hodnotu

60,82 mm. Pokud budou i z těchto hodnot, které nejsou vypovídající, vypočítány denní srážkové úhrny, tak nejvyšší srážkový úhrn byl zaznamenán ve výzkumné ploše D dne 23. 1. a měl hodnotu 22,8 mm. V tento den byl ve výzkumné ploše B srážkový úhrn 19,61 mm. Ve výzkumné ploše A byla jeho hodnota 14,96 mm. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou srážkového úhrnu byl 7,84 mm. Z tohoto plyne, že ve výzkumné ploše A byl srážkový úhrn o 35,38 % nižší. Nejnižší srážkové úhrny byly zaznamenávány ve výzkumné ploše A.

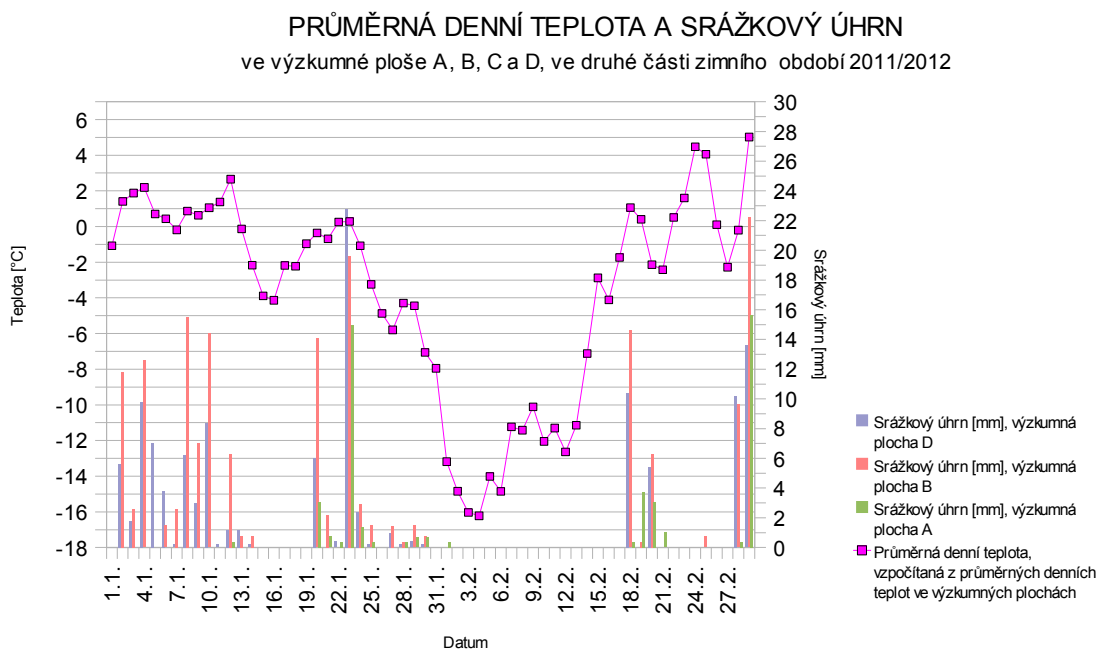
Pokud budou určovány dny podle charakteristických teplot, tak se v zimním období ve výzkumné ploše A se vyskytlo nejvíce ledových dnů a to celkem 32. Z těchto 32 dnů lze 4 označit za arktické. 80 dnů z výzkumné plochy A lze nazvat mrazovými. Stejný počet mrazových dnů byl zaznamenán i ve výzkumné ploše B. V této ploše bylo 22 ledových dnů, z nichž dva jsou považovány za arktické. Dva arktické dny se objevily i ve výzkumné ploše C. V této ploše bylo nejméně ledových dnů, a to 21. Mrazových dnů ve výzkumné ploše C bylo také nejméně a to 76. Nejvyšší počet dnů s nejnižší teplotou ve výzkumné ploše A je dán její uzavřeností a izolovaností. V této výzkumné ploše jsou teploty stabilnější než v ostatních dvou výzkumných plochách, a tak je třeba delší doby, aby se teploty zvýšily.

Denní teplotní amplitudy ve druhé části zimního období 2011/2012 jsou znázorněny v grafu 14. Z grafu je patrné, že nejnižší teplotní amplitudy a tedy nejstálější teplota je ve výzkumné ploše A. Nejvícekrát byla nejvyšší teplotní amplituda zjištěna ve výzkumné ploše B. Tato plocha není chráněna proti okolním vlivům, a tak zde dochází k velkému rozptylu teplot během dne. Po výzkumné ploše B má nejvíce dnů s nejvyšší teplotní amplitudou výzkumná plocha C. Nejvyšší rozdíl mezi teplotními amplitudami ve výzkumných plochách byl zjištěn dne 31. 12. mezi výzkumnou plochou A a B a činil 9,18 °C. Ve dnech, kdy byla zjištěna nízká teplotní amplituda, převládalo advekční počasí s velmi pravděpodobným výskytem srážek. Průměrná teplotní amplituda byla nejvyšší ve výzkumné ploše B a měla hodnotu 9,18 °C. V zimním období jsou nejmenší rozdíly mezi teplotními amplitudami ve výzkumných plochách ze všech období. Nižší hodnoty oproti ostatním obdobím mají i vlhkostní amplitudy, které jsou v tomto období nejvyšší ve výzkumné ploše B.



Graf 14: Denní teplotní amplitudy ve druhé části zimního období 2011/2012

V grafu 15 je znázorněna závislost průměrné denní teploty, která je vypočítána jako průměr teplot ze všech tří výzkumných ploch na srážkovém úhrnu, který je ukázán v každé výzkumné ploše zvlášť. Data v grafu jsou za druhou část zimního období. Z tohoto grafu je zřejmé, že srážky byly v nejvíce případech zaznamenávány, pokud byly vyšší denní průměrné teploty. Toto poukazuje na to, že překlopení člunku srážkoměru bylo způsobeno odtávajícím sněhem, který se držel na srážkoměru.



Graf 15: Průměrná denní teplota a srážkový úhrn ve druhé části zimního období 2011/2012.

9.2. Hydrologický monitoring

Hydrologické monitorování probíhalo na čtyřech výzkumných plochách, které jsou označeny písmenem Q a číslicí, která od jedničky ukazuje na pořadí výzkumné plochy směrem od dolního toku sledované části vodoteče. Výzkumné plochy byly rozmístěny tak, aby pokryly celou sledovanou část vodního toku. Jejich rozmístění je ukázáno v příloze 5. Měření průtoku a vodního stavu probíhala ve vybraných dnech ve stejných denních intervalech mezi 10:00 a 13:00 hodinou.

Výsledky hydrologického monitorování jsou rozděleny na části, které se zabývají průtoky a vodními stavy v jednotlivých výzkumných plochách ve dnech měření a srovnáním řady průtoků ve výzkumné lokalitě. V dalších částech jsou srovnány metody měření průtoků a rozdíly v průtoku ve výzkumných plochách. V rámci jednotlivých podkapitol budou hydrologická data z důvodu menšího souboru hodnocení rozdělena do období, která jsou shodná s obdobími, do kterých jsou rozdělena meteorologická data. Ve výzkumných plochách bylo provedeno 11 měření. Všechna měření a jejich výsledky jsou shrnuty v příloze, která je celá pro svou obsáhlou umístěna na DVD příloženém k práci.

Monitorováním byl nejvyšší vodní stav a průtok, kromě jednoho případu, zjištěn ve výzkumné ploše Q1, která je situována v dolní části vodního toku. Ojedinelý případ vyššího vodního stavu a průtoku ve výzkumné ploše Q2 byl zaznamenán v období malé vodnosti, a tak mezi výzkumnou plochou Q1 a Q2 mohlo dojít ke vsaku přebytečné vody do půdy, nebo jejímu zadržení hustým travnatým porostem, ve kterém se výzkumná plocha Q1 nachází. Kromě již zmíněného ojedinelého případu hodnota vodního stavu a mu odpovídajícího průtoku směrem k horní části toku postupně klesala. Strmost poklesu průtoku závisí na velikosti naměřeného průtoku a vodního stavu v první výzkumné ploše.

Velikost změřeného průtoku a vodního stavu velmi úzce souvisí s meteorologickými činiteli. Nejvíce ovlivňující meteorologičtí činitelé jsou srážky a teplota, jejíž hodnota je velmi důležitá především v letních měsících, kdy může docházet k výparu vody a snižování zásob vody v korytě. Kromě srážkového denního úhrnu před dny měření vodního stavu a průtoku popřípadě v den měření, závisí velikost vodního stavu a průtoku i na intenzitě deště, s čímž souvisí schopnost a rychlost půdy dešťovou srážku vsáknout. Kromě těchto činitelů je vodní stav a průtok závislý na mnoha dalších faktorech jako například na drsnosti koryta, vegetaci nebo využití půdy.

Vypočítaný přímý odtok z mikropovodí ve uveden v rámci kapitoly 10, která se zabývá modelováním povrchového odtoku s využitím CN-křivek.

9.2.1. Letní období 2011

Pokud budou měření rozdělena do období shodných s obdobími, do kterých byla rozdělena meteorologická měření, tak v jarním období nebyla zaznamenána žádná hydrologická data. Do letního období budou spadat měsíce červen, červenec a srpen.

V letním období bylo provedeno 5 měření, ale nejsou k dispozici data o srážkách z celého období. Po vypočtení průměrné hodnoty z naměřených dat může být zjištěna

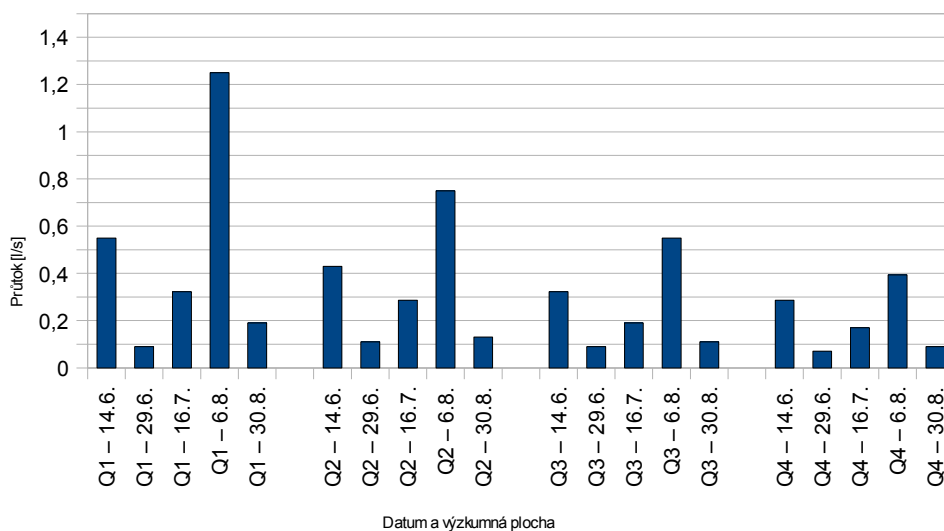
nejvyšší průměrná hodnota průtoku v letním období. Nejvyšší průměrný průtok byl ve výzkumné ploše Q1 a dosahoval hodnoty 0,48 l/s. Nejnižší průměrná hodnota průtoku byla zjištěna ve výzkumné ploše Q4 a měla hodnotu 0,2 l/s. Vypočítané průměrné hodnoty nejsou příliš vypovídající z důvodu malého počtu měření v letním období a mezi měřeními.

Maximální hodnota průtoku v letním období byla ve výzkumné ploše Q1 1,25 l/s a byla naměřena dne 6.8. Tomuto průtoku odpovídá vodní stav 34 mm. Tato naměřená data patří k těm nejvyšším hodnotám, které byly naměřeny za celé sledované období. Minimální hodnota průtoku v letním období ve výzkumné ploše Q1 činila 0,09 l/s. Tomuto průtoku odpovídá vodní stav 5 mm. Naměřené hodnoty průtoků ve výzkumných plochách v letním období jsou zobrazeny v grafu 12. Ve výzkumné ploše Q4, která se nachází na horním toku byla maximální hodnota průtoku 0,39 l/s a minimální průtok v této výzkumné ploše byl 0,08 l/s. Největší rozptyl u naměřených průtoků se objevil ve výzkumné ploše Q1. Tento rozptyl činil 1,16 l/s. Nejmenší rozptyl v letním období byl zaznamenán ve výzkumné ploše Q4 a měl hodnotu 0,31 l/s.

V grafu 15 je znázorněn průtok ve výzkumných plochách. V grafu 16 jsou ukázány průběhy průtoku a vodních stavů tak, jak byly ve dnech měření naměřeny. Zřetelná je především strmost poklesu vodního stavu a jemu odpovídajícímu průtoku při vyšších naměřených hodnotách.

PRŮTOK

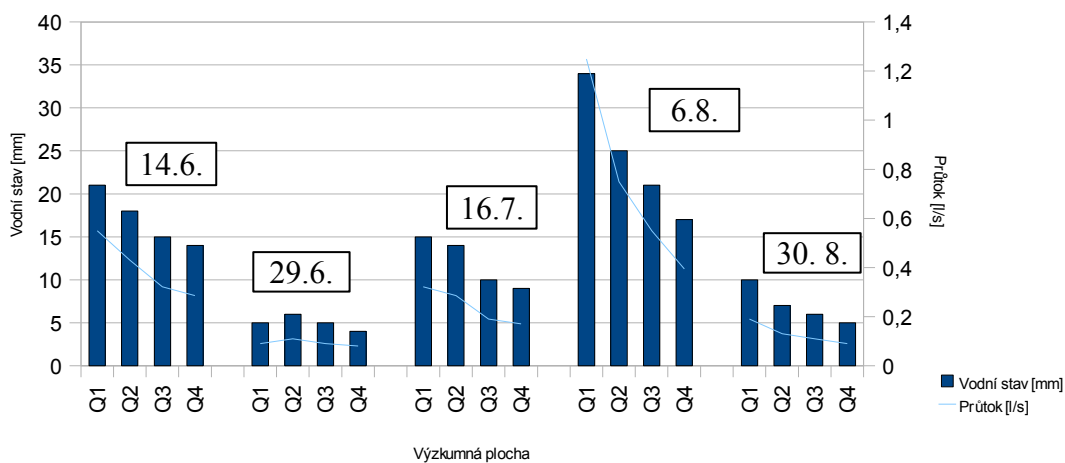
ve výzkumných plochách, v letním období 2011



Graf 15: Průtok ve výzkumných plochách v letním období 2011.

PRŮTOK A VODNÍ STAV

ve výzkumných plochách ve dnech měření, v letním období 2011

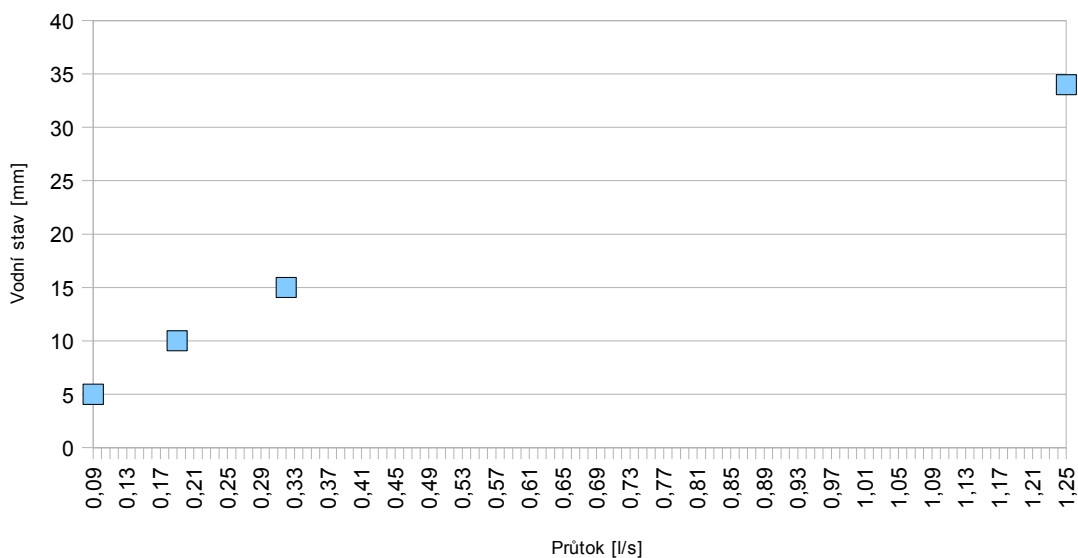


Graf 16: Průtok a vodní stav v letním období 2011.

Pro vyjádření závislosti vodního stavu a průtoku se konstruuji měrné křivky průtoků. Měrná křivka průtoků byla zkonstruována pro první výzkumnou plochu Q1 a je uvedena v grafu 17.

MĚRNÁ KŘIVKA PRŮTOKŮ

ve výzkumné ploše Q1, v letním období 2011



Graf 17: Měrná křivka průtoků v letním období 2011.

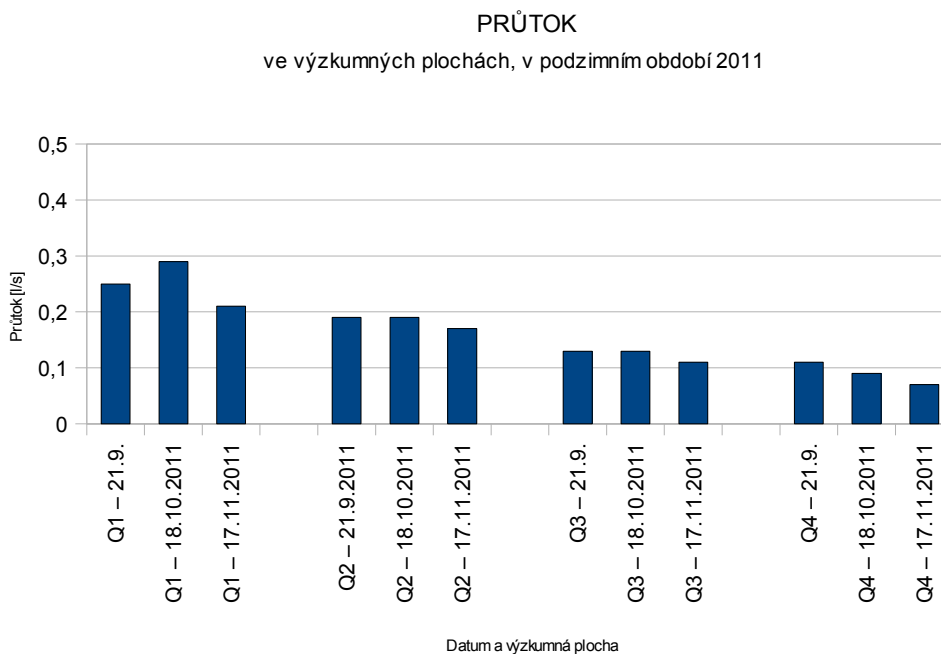
9.2.2. Podzimní období 2011

Podzimní období zahrnuje měsíce září, říjen a listopad. V podzimním období byla provedena tři hydrologická měření. Z podzimního období jsou k dispozici srážková data, díky kterým lze odhadnout jaký vliv mají srážky na hydrologické charakteristiky.

Ve dnech hydrologických měření nebyly zaznamenány srážkové úhrny. Nejvyšší srážkový úhrn, do kterého bylo započteno pět dní před hydrologickým měřením, byl zaznamenán před měřením dne 21. 9. ve výzkumné ploše D a činil 2,4 mm. Z tohoto plyne, že měření byla prováděna ve dnech, před kterými nebyly výrazné srážky, a tak všechna provedená měření, měla jen malou odchylku.

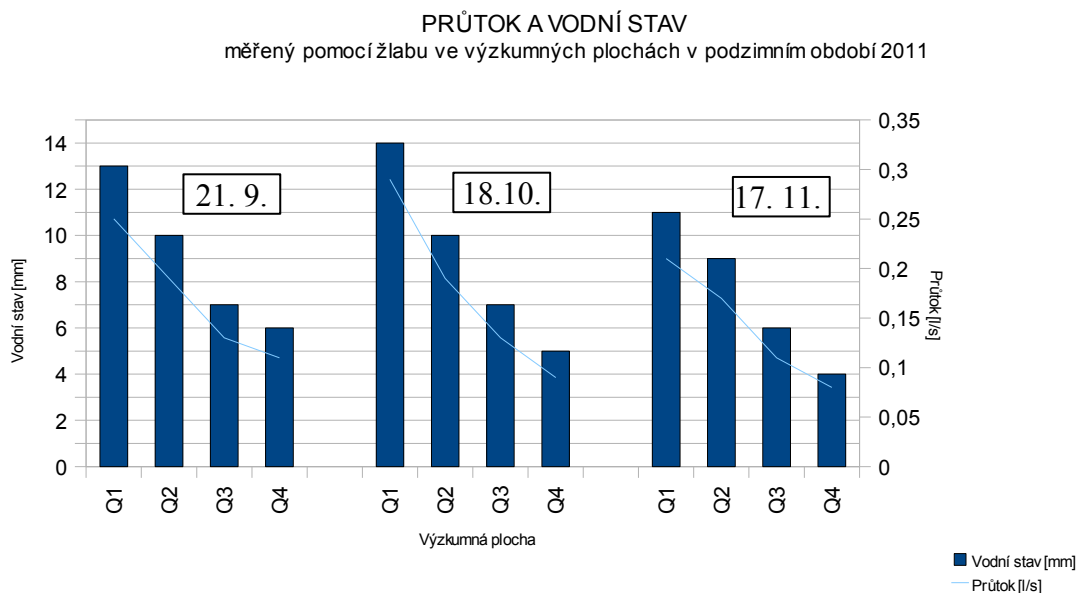
Průměrná hodnota průtoku za podzimní období je velmi zkreslená malým počtem měření. Po jejím vypočtení je získána nejvyšší průměrná hodnota průtoku, která je 0,25 l/s, a byla zjištěna ve výzkumné ploše Q1. Nejnižší průměrný průtok byl ve výzkumné ploše Q4 a činil 0,09 l/s.

Maximální hodnota průtoku v podzimním období byla naměřena dne 18.10. a činila 0,29 l/s. Tato hodnota byla zjištěna ve výzkumné ploše Q1 a odpovídá jí vodní stav 14 mm. Ve výzkumné ploše Q4 byla naměřena nejnižší hodnota průtoku, která byla 0,08 l/s. Tomuto průtoku odpovídá vodní stav 4 mm. Rozptyl mezi naměřenými průtoky ve výzkumných plochách není příliš velký a pohybuje se v rozmezí od 0,08 l/s do 0,03 l/s, kdy nevyšší rozptyly jsou ve výzkumné ploše Q1 a nejnižší ve výzkumné ploše Q4. Nelze jednoznačně určit, který den byly průtoky nejvýraznější, protože ve všech dnech kdy bylo provedeno měření se naměřené hodnoty lišily jen velmi málo. Naměřené hodnoty průtoků v jednotlivých výzkumných plochách jsou zobrazeny v grafu 18.



Graf 18: Průtok ve výzkumných plochách v podzimním období 2011.

V grafu 19 jsou ukázány průběhy průtoku a vodních stavů v jednotlivých dnech měření. Z grafu je možné vidět, že hodnoty průtoku a vodního stavu naměřené v podzimním období jsou poměrně vyrovnané.



Graf 19: Průtok a vodní stav v podzimním období 2011.

V případě málo měření není měrná křivka průtoků příliš vypovídající, a tak nebyla v tomto případě konstruována.

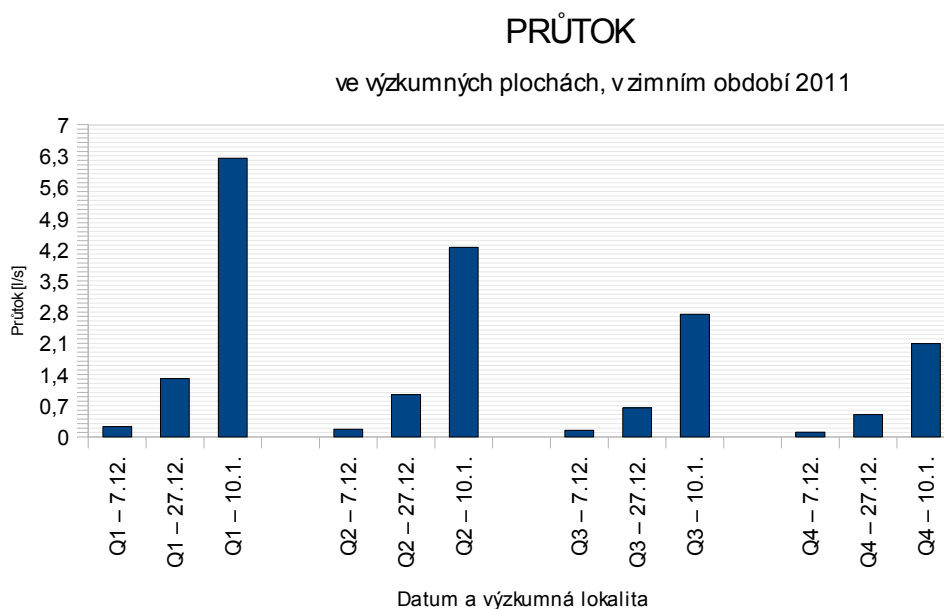
9.2.3. Zimní období 2011/2012

Do zimního období spadají měsíce prosinec, leden a únor. Během těchto měsíců byla hydrologická měření provedena čtyřikrát, z čehož jednou nebylo možné měřit v terénu, protože vodní tok byl zamrzlý a zapadaný sněhem.

V tomto období byly zaznamenány nejvyšší výkyvy v pozorovaném vodním stavu a mu odpovídajícímu průtoku. V průběhu všech dní hydrologických měření byly zaznamenány srážky. Nejvyšší srážkový úhrn byl zaznamenán dne 10. 1., a to až 14,4 mm ve výzkumné ploše B. Tento srážkový úhrn je pravděpodobně zkreslen odtáváním sněhové pokrývky, která postupně odtávala ze síťky na srážkoměru. Pokud budou počítány srážkové úhrny pět dní před měřením, tak ve výzkumné ploše A nebyla zaznamenána srážková data, ve výzkumné ploše B byl srážkový úhrn 6,29 mm ve výzkumné ploše D činil 5 mm. Naopak nejvyšší srážkový úhrn byl před měřením dne 10. 1. Tento vysoký srážkový úhrn odpovídá vysokému vodnímu stavu a jemu odpovídajícímu průtoku. Ve výzkumné ploše B byl zaznamenán srážkový úhrn, který měl hodnotu 26,64 mm. Ve výzkumné ploše D byla jeho hodnota 20,2 mm. Takto vysoké hodnoty před dnem měření nebyly nikdy naměřeny a jsou pravděpodobně ovlivněny odtáváním sněhové pokrývky ze síťky na srážkoměru a postupným skapáváním vody na člunkový mechanismus.

Průměrné hodnoty průtoku jsou v tomto případě velmi ovlivněny vysokým průtokem dne 10.1. a činí 2,58 l/s ve výzkumné ploše Q1. Tato hodnota je velmi vysoká a více než pětkrát převyšuje druhou nejvyšší průměrnou hodnotu průtoku v této výzkumné ploše. Nejnižší průměrný průtok byl ve výzkumné ploše Q4 a činil 0,9 l/s. Tento průměrný průtok byl 4,5x vyšší než druhý nejvyšší vypočítaný průměrný průtok.

Maximální hodnota průtoku v tomto období byla naměřena dne 10. 1. ve výzkumné ploše Q1 a měla hodnotu 6,25 l/s. Tomuto průtoku odpovídá vodní stav 84 mm. Nejnižší průtok ve výzkumné ploše Q1 byl 7. 12. a činil 0,23 l/s. V poslední výzkumné ploše Q4, kde jsou měřeny nejnižší hodnoty sledovaných hydrologických veličin, byl naměřen nejvyšší průtok 2,09 l/s. Naopak nejnižší průtok byl v této výzkumné ploše 0,11 l/s, což odpovídá sledovaným hodnotám v jiných obdobích. Naměřené hodnoty průtoků v jednotlivých výzkumných plochách jsou zobrazeny v grafu 17.

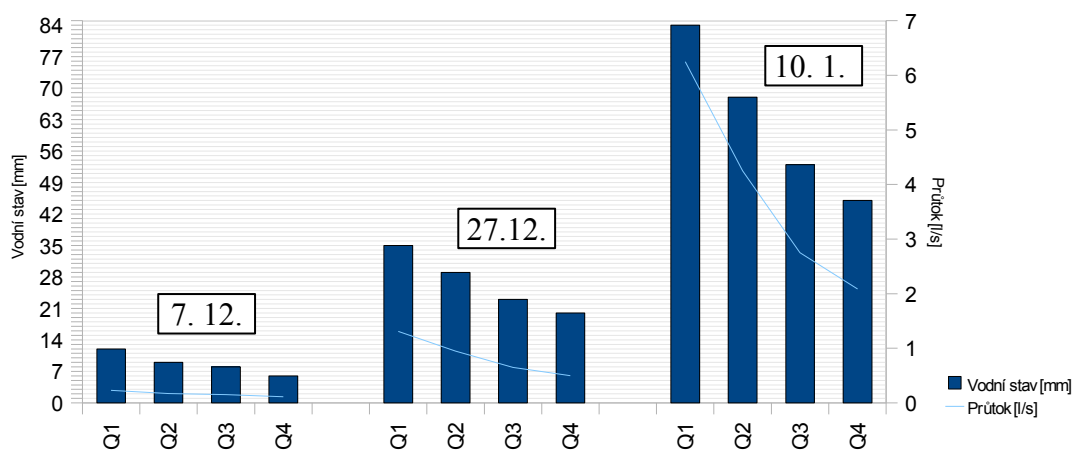


Graf 17: Průtok ve výzkumných plochách v podzimním období 2011.

V grafu 18 jsou ukázány průběhy průtoku a vodních stavů v jednotlivých dnech měření. Z grafu je možné zpozorovat, že hodnoty průtoku a vodního stavu, které byly zaznamenány v zimním období, jsou velmi proměnlivé a lze říci, že mají vyšší hodnoty, než data získaná v jiných obdobích. Z grafu 18 je zřejmý rozdíl v naměřených průtocích a vodních stavech mezi jednotlivými místy měření ve dnech, kdy byly malé hodnoty průtoků a ve dnech, kdy byly průtoky vysoké.

PRŮTOK A VODNÍ STAV

měřený pomocí žlabu ve výzkumných plochách v zimním období 2011



Graf 18: Průtok a vodní stav v zimním období 2011.

V případě zimního období z důvodu malého počtu měření nebyla konstruována konsumpční křivka.

9.3. Srovnání metod měření průtoků

V této diplomové práci byly použity dvě metody měření průtoků v malých vodních tocích. První metodou měření průtoků byla metoda měření pomocí žlabu na měření průtoků. Toto zařízení je určeno k měření průtoků v malých vodních tocích a měření s tímto zařízením je popsáno blíže v kapitole 8.2.. Druhou metodou použitou pro měření průtoků bylo využití měření pomocí nádoby, která má známý objem. Tato metoda je popsána blíže v kapitole 8.2. a dále. Výsledky měření těmito dvěma metodami byly porovnány a byly zjištěny jejich výhody a nevýhody.

Při srovnání těchto dvou metod měření průtoků bylo zjištěno, že měření pomocí žlabu pro měření průtoků je při velmi malých průtocích méně přesné, protože stupnice pro určení průtoků umístěná na přístroji je logaritmická a v nižších hodnotách průtoků jsou velké mezery mezi hodnotami, které jsou vykreslovány po 0,25 l/s. Může tak docházet ke špatnému odečtení ze stupnice. Další metodou, jak zjistit průtok, je odečtení hodnot vodního stavu, který je vyjádřen v milimetrech, a k těmto hodnotám přiřadit odpovídající průtok. Nevýhoda tohoto postupu spočívá ve špatném odečtení milimetrů na stupnici vlivem zkreslení vody, nebo špatného úhlu pohledu. Chyba jeden milimetr v odečtu může při průtocích do 1 l/s činit 0,05 l/s. Tyto chyby se se vzrůstem průtoků zvětšují. Žlab pro měření průtoků může být použit k měření hodnot od 0 l/s do 9 l/s.

Metoda měření pomocí nádoby se jeví jako vhodná pro měření menších průtoků. Pro měření tímto způsobem je třeba se ujistit, že všechna voda teče do nádoby. Žlabu pro měření průtoků bylo využito jako trojúhelníkového přepadu, kterým byla všechna voda

nasměrována do nádoby. Ke spolehlivému měření je třeba mít nádobu o objemu minimálně 2 litry, aby nádoba nebyla příliš rychle naplněna, protože čím menší objem bude nádoba mít, tím je větší riziko, že nastane chyba v měření. Aby byla menší pravděpodobnost vzniku chyb při měření času, tak byla měření pomocí nádoby stopována alespoň třikrát. Hodnoty, které se výrazně lišily, byly vyjmuty z dalšího výpočtu a z ostatních hodnot byl vypočítán aritmetický průměr, který byly brán za čas naplnění nádoby o objemu 2 litry. Průtok vody v korytě se při použití této metody dopočítá pomocí vzorce:

$$Q = V/t$$

kde:

Q...průtok [l/s],

V...objem [l],

t...čas za který se naplní nádoba [s]

Z měření průtoků uvedenými metodami bylo zjištěno, že výhodou využití žlabu pro měření průtoků je nasměrování vody v korytě toku do jednoho místa. Pokud bude žlab vyrovnán a bude v terénu umístěn vodorovně, tak lze rovnou odečíst ze stupnice hodnotou průtoků, která nemusí být vždy úplně přesná. Hodnoty odečtené ze stupnice jsou přesnější, pokud je ve vodním toku vyšší průtok. Výhodou měření pomocí žlabu pro měření průtoků je okamžité ujištění vodního stavu, které odpovídá naměřenému průtoku. Měření průtoků pomocí nádoby je přesnější při malých průtocích do 2 l/s. Nelze jednoznačně vymezit přesnější metodu, ale je vhodné tyto metody kombinovat z důvodu horší manipulace a splnění více podmínek při umístění žlabu pro měření průtoků.

Z výsledných 44 měření bylo 42x měřeno pomocí obou metod. Dvakrát nemohlo být využito obou metod, protože průtoky byly příliš velké pro měření nádobou o objemu 2l. Z celkového počtu 42 měření byly 2x naměřeny stejné průtoky oběma metodami, 17x byl naměřen vyšší průtok pomocí měření nádobou a 23x byl naměřen vyšší průtok s využitím žlabu pro měření průtoků. Rozptyly v měření průtoků oběma metodami se pohybovaly od 0 do 0,067 l/s. Průměrný rozptyl mezi měřeními byl 0,0043 l/s.

9.4. Rozdíly v průtoku ve výzkumných plochách

Průtoky naměřené ve výzkumných plochách lze porovnávat a zjišťovat, kde dochází k největším rozdílům mezi naměřenými hodnotami a čím mohou být tyto rozdíly způsobeny. K porovnání rozdílů mezi průtoky ve výzkumných lokalitách jsou využity průtoky, které byly naměřeny pomocí žlabu pro měření průtoků.

Rozdíly mezi průtoky lze zkoumat mezi první a druhou výzkumnou plochou, mezi druhou a třetí výzkumnou plochou, mezi třetí a čtvrtou výzkumnou plochou. O změně hodnot průtoků mezi horní a dolní částí vodoteče vypovídá rozdíl v průtoku mezi výzkumnou plochou Q4 a Q1.

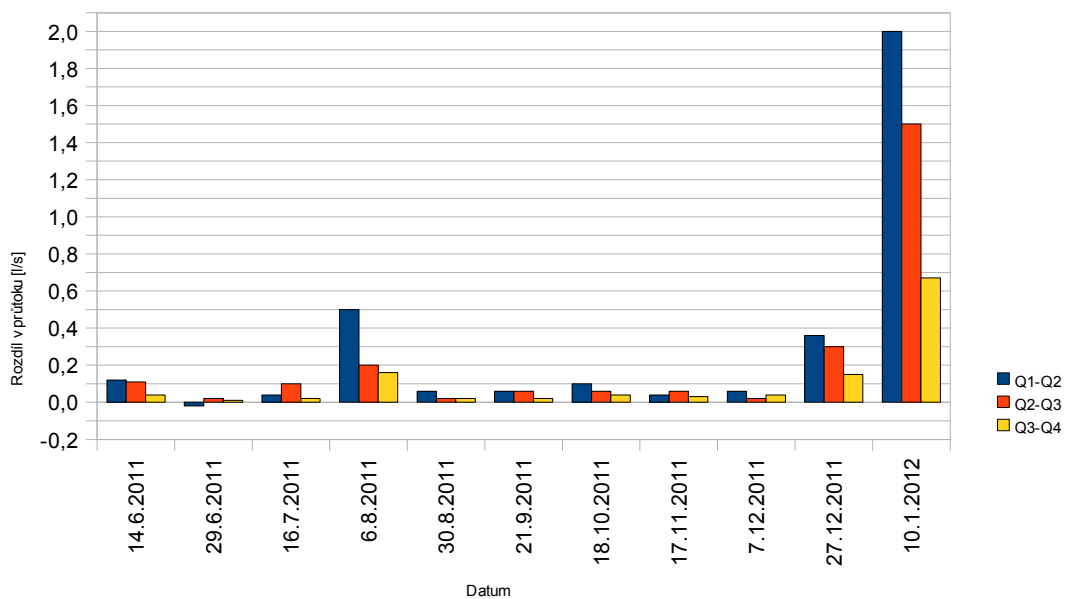
Pokud budou pominuty rozdíly v průtoku mezi první a poslední výzkumnou plochou, které jsou nejvyšší, tak mezi výzkumnými plochami, které na sebe navazují, jsou nejvyšší rozdíly v průtoku mezi výzkumnou plochou Q1 a Q2. Jednou byl naměřen vyšší průtok

ve výzkumné ploše Q2 než ve výzkumné ploše Q1 a dvakrát byl vyšší rozdíl v průtoku mezi výzkumnou plochou Q2 a Q3. V těchto případech se jednalo o výjimky, které nepotvrzují pozorovaný trend. Rozdíly v průtoku mezi výzkumnou plochou Q1 a Q2 se pohybovaly v rozmezí od 0,2 l/s do 2 l/s. Průměrná hodnota rozdílu mezi těmito dvěma výzkumnými plochami je 0,3 l/s. Fakt, že nejvyšší rozdíl v průtoku je mezi výzkumnou plochou Q1 a Q2 je způsoben zúžením koryta, které je ve výzkumné ploše Q1 hlubší a užší než v ostatních plochách. Dalším faktorem, který může způsobit vyšší hodnoty průtoku je propustnější terén, který umožňuje stékání vody z okolních travnatých ploch. V době vyšších stavů průtoků je vytvořeno mezi výzkumnou plochou Q1 a Q2 umělé rameno, kde se hromadí zásoby vody z okolních travnatých ploch.

Rozdíly v průtoku se směrem k horním částem toku postupně zmenšují. Druhé nejvyšší rozdíly v průtoku jsou mezi výzkumnou plochou Q2 a Q3, kde průměrná hodnota rozdílu v průtoku činí 0,22 l/s. Mezi výzkumnou plochou Q3 a Q4 je průměrná hodnota rozdílu v průtoku 0,22 l/s. Zmenšování rozdílu v průtoku je způsobeno stabilizovanou šířkou koryta, lepší pokrývností vegetací, která má schopnost zadržovat přebytečnou vodu, a tak stéká méně vody do koryta vodního toku a také zalesněním horního toku koryta, kde dochází k zadržování vody ze srážek na listech stromů. V okolí výzkumných ploch Q3 a Q4 se nachází podmáčená půda, kde může být shromážděna voda z okolí. V grafu 19 jsou znázorněny rozdíly v průtoku mezi výzkumnými plochami ve dnech měření. Z grafu jsou patrné nejvyšší rozdíly mezi průtoky mezi první a druhou výzkumnou plochou. Čím vyšší jsou naměřené hodnoty průtoků, tím vyšší jsou rozdíly mezi naměřenými hodnotami průtoků.

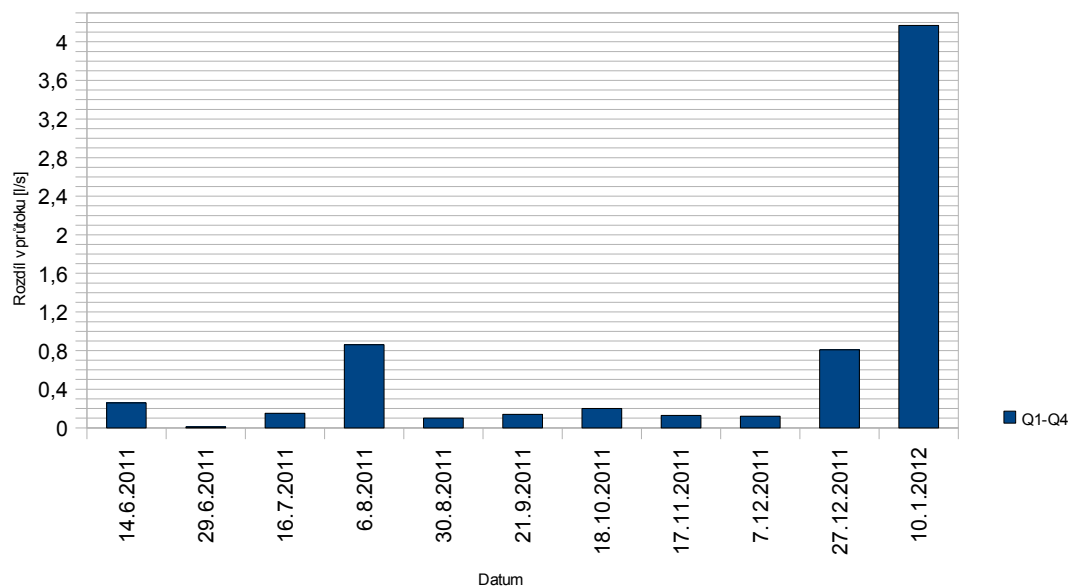
Dalším ukazatelem rozdílu v průtoku ve výzkumných plochách je rozdíl v průtoku mezi výzkumnou plochou Q1 a Q4. Nejvyšší rozdíl průtoku mezi výzkumnou plochou Q3 a Q4 byl dne 10. 1. a činil 4,17 l/s. Tento den byl naměřen vůbec nejvyšší průtok za celou dobu pozorování. Kromě této extrémní hodnoty se rozdíly v průtocích ve výzkumné ploše Q1 a Q4 pohybují v rozmezí od 0,01 do 0,86 l/s. Průměrná hodnota rozdílu v průtocích mezi nejvíce vzdálenými výzkumnými plochami je 0,63 l/s v případě zahrnutí všech měření. Pokud bude průměrná hodnota rozdílu počítána bez zahrnutí extrémního hodnot průtoku, tak průměrná hodnota rozdílu bude činit 0,28 l/s. Tato hodnota více vystihuje trend v rozdílech průtoků v první a poslední výzkumné ploše. Graficky jsou rozdíly v průtoku mezi první a poslední výzkumnou plochou znázorněny v grafu 20.

ROZDÍL V PRŮTOKU MEZI VÝZKUMNÝMI PLOCHAMI



Graf 19: Rozdíl mezi průtoky ve výzkumných plochách .

ROZDÍL V PRŮTOKU MEZI PRVNÍ A POSLEDNÍ VÝZKUMNOU PLOCHOU



Graf 20: Rozdíl v průtokou mezi první a poslední výzkumnou plochou (Q1 a Q4).

9.5. Měření plavenin

Kromě ve vodě rozpuštěných částic se korytem řeky pohybují pevné nerozpustitelné částice. Tyto části jsou klasifikovány jako plaveniny nebo splaveniny. Splaveniny jsou pevné velké, těžké částice, které se pohybují po dně koryta především posouváním, a tak mají velký vliv na vývoj celého řečiště. Plaveniny jsou velmi jemné částice, které jsou rozptýlené v ve vodě a usazují se v místech, kde jsou nižší rychlosti proudění (Netopil, 1981).

Ve sledované části vodního toku proběhlo jednorázové měření plavenin. Toto měření bylo pouze orientační, a tak nebylo využito ověřených přístrojů pro měření plavenin. K tomuto měření bylo využito sběrných nádob o objemu 15 litrů, které byly zakopány do koryta vodního toku ve dvou místech, ve kterých byl sledován pokles rychlosti unášení částic. Jednalo se o místa, kde jsou zákruty, a tak voda v korytě naráží na břeh a ukládá na tato místa své nánosy. Sběrné nádoby byly zakopány tak, aby jejich horní část byla zarovnána s hladinou vodního toku a zpomalujícím proudem unášené částice se mohly usazovat. Jedno z míst měření plavenin se nacházelo u výzkumné plochy Q2 a druhé mezi výzkumnou plochou Q2 a Q3. Sběrné nádoby byly v terénu ponechány v období od 28. 9. 2011 do 18. 10. 2011. Po vyjmutí z terénu se částice ve sběrných nádobách usazovaly a vrchní část vody byla odlévána. Aby nedošlo ke zkreslení naměřených hodnot byly sběrné nádoby s usazeným materiálem důkladně vysušeny v sušárně a následně zváženy s usazeným materiálem a poté byly zváženy vyčištěné ještě jednou. Z naměřených dat bylo zjištěno, že ve sběrné nádobě u výzkumné plochy Q2 bylo za celou dobu jejího ponechání v terénu usazeno 52,4 g materiálu a ve sběrné nádobě umístěné mezi výzkumnou plochou Q2 a Q3 bylo zjištěno 55,1, g usazeného materiálu.

Z výsledků měření je zřejmé, že vyšší hodnoty usazeného materiálu byly naměřeny ve vyšší části sledovaného úseku vodního toku mezi výzkumnou plochou Q2 a Q3. Rozdíl mezi naměřenými hodnotami činí 2,7 g. Z důvodu vysoušení nádob a suchého listopadu nebylo možné provést další měření před nástupem zimy, která přinesla zmrzlou půdu a sníh, takže nebylo možné sběrné nádoby zakopat, a tak nebylo možné provést druhé měření, které by vedlo k prohnání více hodnot.

Toto měření je pouze orientační, protože k výpočtu průtoku plavenin v bodě, se musí provádět odběry vzorků ve více místech průtočného profilu a zároveň se musí měřit rychlost proudění v místech odběru.

10 MODELOVÁNÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU

K modelování povrchového odtoku lze využít množství modelů a metod, které jsou pro jeho modelování určeny. Pro potřeby modelování povrchového odtoku byla zvolena metoda čísel odtokových CN-křivek.

10.1. Metoda čísel odtokových CN-křivek

Metoda čísel odtokových křivek (CN - Curve Number) byla odvozena v USA v 70. letech 20. století, aby sloužila pro určení odhadu velikosti přímého odtoku ze zemědělských ploch. Tato metoda byla vyvinuta v USA pro potřeby Služby na ochranu půdy (SCS - Soil Conservation Service) (Janeček, 2007, Daňhelka, 2007).

Tato metoda představuje jednoduchý srážkoodtokový model, který umožňuje stanovení objemu přímého odtoku, způsobeného návrhovým přívalovým deštěm, který má určitou pravděpodobnost výskytu v zemědělsky využívaných povodích (Janeček, 2007).

Základním vstupem metody odtokových křivek je srážkový úhrn návrhového deště. Předpokládá se rovnoměrné rozdělení srážkového úhrnu na ploše povodí. Pomocí čísel odtokových křivek (CN) je transformován objem (výška) srážek na objem (výšku) odtoku. Odtok je ovlivněn mnoha faktory, které Janeček (2007) vymezil na hydrologické vlastnosti půd, vegetační pokryv, velikost nepropustných ploch, intercepci a povrchovou retenci. S využitím hodnoty CN, lze zjistit, zda-li v území probíhá přímý odtok a jaká je jeho velikost. Čím vyšší je hodnota čísla CN, tím je pravděpodobnější, že v území probíhá odtok povrchový.

10.1.1. Objem přímého odtoku

Metoda CN křivek slouží pro určení objemu odtoku a předpokládá, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky je roven poměru objemu vody, která může být zadržena při odtoku vzhledem k potenciálnímu objemu, který může být zadržena. Odtok nezačíná okamžitě, ale nastává až po počáteční ztrátě, která je podle Janečka (2007) součtem intercepce, infiltrace a povrchové retence. Počáteční ztráta byla určena po sérii experimentálních měření na 20 % potenciální retence.

Základní vztah počítající objem přímého odtoku (H_0) je podle Janeček (2007) vyjádřen následovně:

$$H_0 = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A), \quad H_s = 0,2A \text{ nebo } H_s > 0,2A$$

kde:

$$H_0 \dots \text{přímý odtok [mm]}$$

$$H_s \dots \text{úhrn návrhového deště [mm]}$$

A ... potenciální retence [mm], vyjádřená pomocí čísel odtokových křivek (CN)

Potenciální retence (A) se podle Janeček (2007) vypočítá pomocí vztahu:

$$A = 25,4 \cdot (1000/CN - 10)$$

Pokud je známa výška přímého odtoku lze dopočítat i objem přímého odtoku (O_{pH}), který je dán vztahem:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \text{ (Janeček, 2007)}$$

kde: P_p ... plocha povodí [km^2]

Úhrn návrhového deště, který je potřeba pro výpočet výšky a objemu přímého odtoku, je nutné získat ze srážkoměrných stanic, které se nacházejí v povodí. V případě této diplomové práce byl návrhový déšť získán zprůměrováním naměřených hodnot srážkového úhrnu ve výzkumných plochách A, B a D.

10.1.2. Určení čísla odtokových křivek (CN)

Čísla odtokových křivek jsou určena na základě tří faktorů, mezi které patří hydrologické vlastnosti půd, vlhkost půdy a využití půdy.

Hydrologické vlastnosti půd vyjadřují minimální rychlost infiltrace vody do půdy a jsou klasifikovány do čtyř základních hydrologických skupin. Ke každé hlavní půdní jednotce (HPJ) je přiřazena jedna hydrologická skupina půd. Každá hydrologická skupina půd se liší rychlostí infiltrace, jak je ukázáno v tabulce (Tab. 9).

Tab. 9: Rychlost infiltrace podle hydrologických skupin půd, (zdroj: Janeček, 2007).

Hydrologická půdní skupina	Rychlost infiltrace
A	vysoká (> 0,12 mm/min)
B	střední (0,06 – 0,12 mm/min)
C	nízká (0,02 – 0,06 mm/min)
D	velmi nízká (<0,02 mm/min)

Vlhkost půdy je určena na základě pěti denního srážkového úhrnu, který předcházel výpočtu. Tento ukazatel se nazývá index předchozích srážek (IPS) a hodnotí se ve třech stupních. IPS I vyjadřuje minimální obsah vody v půdě, IPS II poukazuje na střední nasycení půdy vodou a IPS III vyjadřuje přesycení půdy vodou. Jestli jsou hydrologické podmínky dobré nebo špatné závisí v případě zemědělské půdy na hustotě a zapojení porostu během roku, procentuálním zastoupení jetelotrav, osevním postupem, množstvím posklizňových zbytků na povrchu půdy a na drsnosti povrchu. V lesích špatné hydrologické podmínky poukazují na nedostatečné zastoupení nebo poškození keřů a hrabanky. (Janeček, 2007, Daňhelka, 2007)

Posledním faktorem, na kterém závisí určení čísla odtokové křivky, je využití půdy.

Tato metoda určení přímého odtoku z povodí je hojně využívaná a není potřeba velkého množství dat k jejímu stanovení. Výpočet přímého odtoku závisí na určení čísla odtokové křivky (CN). Nevýhodou této metody je, že nezohledňuje krátkodobé intenzivní srážky, není vhodná pro dlouhodobější simulace a pro výpočty ve větších povodích.

10.2. Postup a výsledky modelování povrchového odtoku

K modelování povrchového odtoku pomocí metody čísel odtokových CN-křivek bylo třeba připravit data. Nejprve bylo nutné připravit půdní data, která vznikla sloučením půdních dat týkajících se zemědělských a lesních půd. Bylo nutné zjistit hlavní půdní jednotku (HPJ), ke které mohla být přiřazena hydrologická skupina půd a její hydrologické podmínky. U lesních typologických dat nejsou určovány hlavní půdní jednotky, ale lesní typy a soubory lesních typů, a tak bylo třeba přiřadit k lesním typům skupiny typů geobiocénů (STG). Toto přiřazení bylo provedeno pomocí tabulky podle Löw (1995). Na základě znalosti STG a souboru lesních typů mohlo být pomocí aplikace přiřazeno souboru lesních typů číslo, které by odpovídalo hlavní půdní jednotce, kdyby se v tomto místě nacházela zemědělská půda. Aplikace, která toto umožnila, vznikla pod vedením Ing. Eduarda Průši. Dále bylo nutné zjistit využití území v mikropovodí. Využití území mohlo být určeno díky polohopisné složce datové sady ZABAGED®, která byla doplněna pomocí aktuálnějšího ortofotosnímku, vlastních měření a znalostí terénu.

Poté, co byly známy hodnoty HPJ a využití krajiny v území, mohlo být určeno CN číslo odtokové křivky. Číslo CN bylo určeno na základě tabulky, která řeší nelesní a lesní oblasti. Tabulka podle které byla určena čísla CN, je uvedena v příloze 21. Po určení čísel CN mohly být pomocí rovnic podle Janečka (2007) určeny nejprve hodnoty potenciální retence pro jednotlivá čísla odtokových křivek, která byla dosazována do výpočtu výšky přímého odtoku. Kromě znalosti čísla CN je k výpočtu třeba stanovit rovnoměrný úhrn návrhového deště na povodí za pět dní přede dnem výpočtu výšky přímého odtoku. Při určování čísla CN nebylo uvažováno zvlhčení půdy na základě faktoru IPS. Všechny výpočty byly prováděny s rastry, a tak se hodnoty vztahují k pixelům, které tvoří oblasti, které jsou ohodnoceny stejnými hodnotami.

Z hodnot potenciální retence vyplývá, že závisí na čísle odtokové křivky. Čím vyšší je číslo CN, tím nižší je hodnota potenciální retence a tím je vyšší pravděpodobnost, že v oblasti probíhá povrchový odtok. Vysoká čísla CN křivek jsou proto situována do nepropustných oblastí, jako je zástavba, dopravní infrastruktura nebo holá půda. Číslo odtokové křivky je zvyšováno špatnými hydrologickými vlastnostmi půd. V případě sledovaného povodí se nejvyšší čísla odtokových křivek nacházejí na dlážděných plochách s otevřenými příkopy, městských plochách a budovách. Naopak nejnižší čísla CN jsou ve smíšených lesích a na loukách, kde je vysoký stupeň infiltrace vody do půdy a hodnoty jsou ve velké míře ovlivněny půdními vlastnostmi.

V mikropovodí, kde se nachází sledovaná část vodního toku, byly provedeny dva výpočty výšky přímého odtoku z povodí. První výpočet výšky přímého odtoku byl

proveden pro jarní období pro den 31. 5. Srážkový úhrn před tímto dnem byl vypočítán jako průměrná hodnota ze srážkových úhrnů naměřených v pěti předcházejících dnech ve výzkumných plochách A, B a D. Průměrný srážkový úhrn v tomto období činil 21,46 mm. Druhý výpočet přímého odtoku byl proveden pro podzimní období konkrétně pro den 12. 10. Srážkový úhrn před tímto dnem byl vypočítán stejně jako v jarním období a jeho hodnota činila 27,06 mm. Výpočet výšky přímého odtoku je prováděn v rastrových vrstvách, a tak před vlastním výpočtem výšky odtoku z mikropovodí je třeba vyloučit pixely, které nevyhovují podmínce výpočtu přímého odtoku z mikropovodí. Při stanovení podmínky $H_s = 0,2A$ vyhovují podmínce všechny pixely v mikropovodí. Pokud bude podmínka stanovena na $H_s > 0,2A$, tak podmínce budou vyhovovat pouze pixely, na kterých se předpokládá, že voda ze srážky bude odtékat po zemském povrchu a nebude součástí procesu infiltrace, retence nebo intercepce.

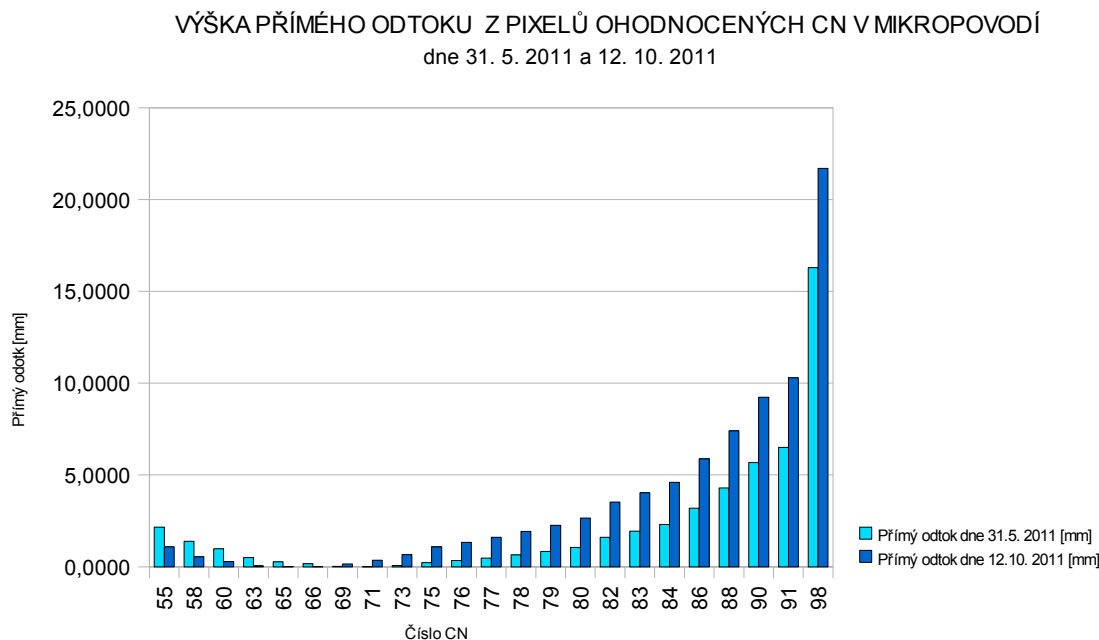
V tabulce (Tab. 10) jsou uvedeny hodnoty potenciální retence a výpočty výšky přímého odtoku v jarním i podzimním období, které se vztahují na pixely, jenž jsou ohodnoceny CN číslem. Zeleně vyznačené jsou hodnoty CN, které budou v jarním období počítány, pokud bude stanovena podmínka $H_s > 0,2A$ v jarním období a oranžově jsou označeny CN hodnoty, které vyhovují této podmínce v podzimním období. Vizualizace výšky přímého odtoku pro podmínku $H_s > 0,2A$ v jarním období je uvedena v příloze 6 a v podzimním období pro stejnou podmínku je vizualizace výšky přímého odtoku uvedena v příloze 7. Vizualizace přímého odtoku pro podmínku $H_s = 0,2A$ je uvedena v příloze 8 pro jarní období a v příloze 9 pro podzimní období.

Tab. 10: Výška přímého odtoku z pixelů ohodnocených CN číslem.

CN	A [mm]	0,2 A [mm]	Jarní období	Podzimní období
			$H_s = 21,46$ mm Přímý odtok dne 31.5. 2011 [mm]	$H_s = 27,06$ mm Přímý odtok dne 12.10. 2011 [mm]
55	207,81818	41,56364	2,1530	1,0882
58	183,93103	36,78621	1,3932	0,5430
60	169,33333	33,86667	0,9809	0,2851
63	149,17460	29,83492	0,4982	0,0526
65	136,76923	27,35385	0,2654	0,0006
66	130,84848	26,16970	0,1759	0,0060
69	114,11594	22,82319	0,0165	0,1517
71	103,74648	20,74930	0,0048	0,3619
73	93,94521	18,78904	0,0738	0,6693
75	84,66667	16,93333	0,2297	1,0818
76	80,21053	16,04211	0,3428	1,3307
77	75,87013	15,17403	0,4810	1,6099
78	71,64103	14,32821	0,6457	1,9212
79	67,51899	13,50380	0,8387	2,2667
80	63,50000	12,70000	1,0620	2,6485
82	55,75610	11,15122	1,6086	3,5316
83	52,02410	10,40482	1,9375	4,0390
84	48,38095	9,67619	2,3080	4,5951
86	41,34884	8,26977	3,1901	5,8709
88	34,63636	6,92727	4,2954	7,4007
90	28,22222	5,64444	5,6799	9,2395
91	25,12088	5,02418	6,5004	10,2971
98	5,18367	1,03673	16,2889	21,7006

V místech, která mají přiděleny nižší hodnoty CN, jsou do určité hranice, která záleží na výšce návrhové srážky, vyšší hodnoty výšky přímého odtoku než v místech, kde jsou přiděleny vyšší hodnoty CN. Toto platí pokud bude uskutečňována podmínka $H_o = 0,2A$. Pokud je stanovena podmínka $H_s > 0,2A$, potom se hodnota přímého odtoku počítá pouze pro pixely, které mají vyšší hodnotu CN, a hodnota výšky přímého odtoku se se zvyšujícím číslem CN zvyšuje. Nejvyšší hodnota přímého odtoku je u nepropustných

ploch. U nepropustných ploch, které jsou označeny číslem CN 98, byl při dvou navržených srážkách rozdíl ve výšce přímého odtoku 5,41 mm. Rozdílné hodnoty výšky přímého odtoku z mikropovodní ve stanovených dnech, které se lišily hodnotou návrhové srážky, jsou uvedeny v grafu (Graf 21).



Graf 21: Výška přímého odtoku z pixelů ohodnocených CN.

Se zahrnutím terénních poměrů do vypočítané výšky přímého odtoku mohou být určeny nejčastější hodnoty sklonitosti terénu a jim odpovídající výška přímého odtoku. Nejvíce pixelů v mikropovodí má sklon 5° - 10° . Pokud bude hodnocena výška přímého odtoku a sklon svahů podle podmínky $H_s = 0,2A$, tak se v oblasti nachází nejvíce pixelů, které mají stanovený výšku přímého odtoku na 1,39 mm při návrhové srážce z 31. 5. a sklon svahu se pohybuje mezi 5° - 10° . Při návrhové srážce ze dne 12. 10. spadalo nejvíce pixelů do sklonu 5° - 10° a jejich přímý odtok byl stanoven na 0,54 mm. Pokud bude stanovena podmínka $H_s > 0,2A$, tak se při návrhové srážce ze dne 31. 5., nachází v mikropovodí nejvíce pixelů se sklonem 5° - 10° a jejich výška přímého odtoku činí 0,0048 mm. Při návrhové srážce ze dne 12. 10. se v mikropovodí nachází nejvíce pixelů se sklonem svahu 5° - 10° a výškou přímého odtoku 1,33 mm.

Nejvyšší vypočítané hodnoty výšky přímého odtoku jsou na nepropustných plochách, které mají sklon svahu v rozmezí od 2° do 5° . Nejnižší vypočítané hodnoty výšky přímého odtoku jsou v nejvíce případech situovány do území s různorodým sklonem svahu, protože se jedná o území, ve kterých převládají louky, které mohou mít různorodý sklon svahu. Při výpočtu výšky přímého odtoku metodou CN křivek nelze určit, že vyšší hodnoty výšky přímého odtoku jsou vztaženy k oblastem s vyšším sklonem svahu.

Pokud je známa výška přímého odtoku z mikropovodí a rozloha mikropovodí je možné vypočítat objem přímého odtoku z mikropovodí podle vzorce uvedeného v kapitole 10.1.1. Nejvyšší objem přímého odtoku je v místech, kde byla vypočítána nejvyšší výška přímého odtoku z mikropovodí a nejnižší objem přímého odtoku je v oblastech, kde byl stanovena nejnižší výška přímého odtoku z mikropovodí. Objem odtoku stanovený v plochách ohodnocených číslem CN je uveden v tabulce (Tab. 11). Pokud bude stanovena podmínka $H_s = 0,2A$, tak budou počítány hodnoty objemu přímého odtoku pro všechny hodnoty CN. V případě stanovení podmínky $H_s > 0,2A$ budou pro den 31. 5. počítány hodnoty objemu přímého odtoku pro hodnoty, které jsou vyznačeny v Tab. 11 zeleně a pro den 12. 10. bude objem přímého odtoku počítán pro hodnoty, které jsou vyznačeny oranžově.

Tab. 11: Objem přímého odtoku z pixelů ohodnocených CN číslem.

CN	O [m³], 31. 5. 2011	O [m³], 12. 10. 2011
55	6071561,83	3068586,58
58	3928696,42	1531355,17
60	2766066,31	803884,11
63	1404781,67	148323,55
65	748494,7	1784,16
66	495891,18	16967,24
69	46476,53	427709,65
71	13636,05	1020437,4
73	208225,41	1887301,36
75	647848,93	3050734
76	966701,29	3752461
77	1356295,86	4539848,17
78	1820834,19	5417835,4
79	2365138,37	6392006,84
80	2994741,66	7468675,47
82	4536208,99	9959018,08
83	5463791,19	11389957,2
84	6508461,4	
86	8995934,56	16556049,36
88	12112984,92	20869824,49
90	16017421,96	26055263,42
91	18331204,15	29037837,4
98	45934797,2	61195786,12

Metoda čísel odtokových CN křivek se jeví jako vhodná pro základní stanovení výšky přímého odtoku v mikropovodí ve vybraném dni, kterému předcházela srážková úhrn v posledních pěti dnech před stanovením výšky přímého odtoku. Tato metoda je velmi vhodná pro určení výšky odtoku v malých povodích, kde jsou k dispozici data o návrhových srážkách a kde jsou známy půdní poměry a využití území. Půdní poměry území jsou důležitými faktory ovlivňující povrchový odtok. Velký vliv na výšku přímého odtoku z mikropovodí má také využití území, protože antropogenně vytvořené plochy výrazně zvyšují hodnoty výšky přímého odtoku. Díky této metodě může být vypočítána výška přímého odtoku a objem přímého odtoku z pixelů v mikropovodí, které jsou ohodnoceny CN číslem. Hodnoty vypočítané výšky přímého odtoku ve více obdobích lze srovnávat a zjišťovat, které plochy s jakým půdním typem a využitím území, jsou nejnáchylnější k tvorbě přímého odtoku. Nevýhoda této metody může spočívat ve špatném určení parametrů, na jejichž základě se určuje číslo CN, v nezohledňování krátkodobých intenzivních srážek a sledování dlouhodobějších odtokových situací.

11 VODNÍ EROZE V MIKROPOVODÍ

Vodní eroze je vyvolána působením dopadu dešťových kapek na zemský povrch. Tento proces vede k uvolňování půdních částic a jejich transportu pomocí povrchového odtoku. Na intenzitu uvolňování půdních částic má vliv mnoho faktorů. Mezi tyto faktory patří charakter srážek, půdní poměry území, morfologie území, vegetační poměry v území, způsob obdělávání a využití pozemků (Janeček, 2007). Vodní eroze je na povrchu identifikovatelná ve formě rýh nebo výmolů. V oblastech, kde je vodní eroze velmi silná, se mohou vytvářet strže.

11.1. Metoda (R)USLE

Pro modelování erozních poměrů v území byla zvolena metoda (R)USLE, což je (reevidovaná) univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí. Tato metoda se používá celosvětově pro určení dlouhodobé ztráty půdy z pozemku, která je vyvolána vodní erozí. Vypočítaná hodnota průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí je porovnávána s přípustnou ztrátou půdy a slouží k určení míry erozní ohroženosti pozemku (Janeček, 2007). Výpočet dlouhodobé ztráty půdy je podle Kadlec (2006) určen ze vztahu:

$$G = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

kde:

- G...průměrná dlouhodobá ztráta půdy [t/ha/období]
- R...faktor erozní účinnosti dešťů
- LS...faktor délky a sklonu svahu
- C...faktor ochranného vlivu vegetačního krytu
- P...faktor účinnosti protierozních opatření

K výpočtu univerzální rovnice ztráty půdy je třeba stanovit uvedené faktory, které podmiňují velikost půdní eroze.

Přípustná ztráta půdy vodní erozí je podmíněna její hloubkou. V tabulce (Tab. 12) je možné spatřit, přípustné ztráty půdy erozí pro středně hluboké a hluboké půdy, jejichž hodnoty jsou určeny pomocí poslední číslice kódu bonitonovaně ekologických jednotek (BPEJ). Pokud je na pozemku překročena přípustná ztráta půdy, je doporučováno, aby byl změněn způsob jeho využívání.

Tab.12: Přípustná ztráta půdy vodní erozí, (zdroj: Janeček, 2007).

Hloubka půdy	Kód BPEJ (poslední číslice v kódu)	Přípustná ztráta půdy erozí
Středně hluboká (30 – 60 cm)	1, 4, 7	0, 4
Hluboká (> 60 cm)	0, 2, 3	10, 0

11.1.1. Faktor erozní účinnosti deště (R)

Tento faktor vyjadřuje erozní účinnost přívalového deště a byl odvozen na základě měření v USA. K jeho výpočtu je třeba znát celkovou kinetickou energii deště (E) a jeho maximální půlhodinovou intenzitu (i_{30}). Vzorec pro výpočet faktoru erozní účinnosti přívalového deště podle Janečka (2007) vypadá následovně:

$$R = E \cdot i_{30}/100$$

kde: R...faktor erozní účinnosti deště [MJ/ha · cm/h]
 E...celková kinetická energie deště [J/m²]
 i_{30} ...maximální 30minutová intenzita deště [cm/h]

Kinetická energie i-tého úseku deště je vyjádřena pomocí vzorce:

$$E_i = (206 + 87 \cdot \log i_{si}) \cdot H_{is}$$

kde: i_{si} ...intenzita deště i-tého úseku [cm/h]
 H_{is} ...úhrn deště v i-tém úseku [cm]

Pro získání celkové kinetické energie deště je třeba vypočítané kinetické energie sečíst. Z uvedených vzorců je zřejmé, že erozní účinnost deště závisí na srážkovém úhrnu, na intenzitě deště, četnosti výskytu deště a vypočítané kinetické energii s jakou srážky dopadají na zemský povrch. Z tohoto plyne, že největší vliv na narušování povrchu mají přívalové srážky, které jsou intenzivní. Pro Českou republiku byla průměrná roční hodnota faktoru stanovena na 20 MJ/ha · cm/h (Janeček, 2007).

V práci bylo k určení tohoto faktoru využíváno měření srážek ve sledované lokalitě. K výpočtu byly použity srážkové úhrny a hodinové intenzity deště naměřené ve výzkumné ploše B. Pro vyšší přesnost vypočítaných hodnot bylo využíváno denních měření k výpočtu kinetické energie deště a následnému výpočtu faktoru R. R-faktor byl počítán pro tři měsíce, aby bylo možné porovnat ztrátu půdy vodní erozí ve třech obdobích. Nejvýznamější podíl na erozi má podle dlouhodobých pozorování faktor erozní účinnosti deště ve vegetačním období, protože se mohou vyskytovat přívalové srážky.

11.1.2. Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Tento faktor vyjadřuje ztrátu půdy ze standardního pozemku, která je vyjádřena v t/ha, na jednotku faktoru erozní účinnosti deště. Existují tři způsoby určení faktoru erodovatelnosti půdy. Nejjednodušší je tento faktor určit pomocí převodní tabulky, která každé hlavní půdní jednotce (HPJ) přidělí K-faktor. Kromě využití převodní tabulky lze K-faktor určit způsoby, u kterých je třeba mít k dispozici základní údaje o půdě. Mezi tyto způsoby se řadí určení K-faktoru na základě rovnice odvozené pro výpočet tohoto faktoru. Do této rovnice vstupují data o zrnitosti půd, propustnosti, procentuálním obsahu humusu a struktury ornice. Vypočítanou hodnotu je třeba převést na SI jednotky vynásobením vypočítané hodnoty součinitelem 1,32. Posledním způsobem určení hodnoty K-faktoru je využití nomogramu, který využívá znalostí obsahu částí humusu, jílu, propustnosti a struktury půdy (Janeček, 2007, *Predikce erozních procesů*, 2006).

Faktor erodovatelnosti půdy byl určen na základě převodních vztahů podle Janeček (2007). Tyto převodní vztahy vycházejí z HPJ. V jednom případě byl určen faktor erodovatelnosti půdy na základě nomogramu.

11.1.3. Topografický faktor (LS)

Tento faktor vyjadřuje vliv délky svahu a sklonu svahu na intenzitu eroze. Pokud jsou faktory délky a sklonu svahu počítány zároveň, tak je tento faktor označován jako topografický faktor. Hodnota topografického faktoru se podle Janeček (2007) určí ze vzorce:

$$LS = l_d^{0,5} / (0,0138 + 0,0097s + 0,00138s^2)$$

kde: l_d ... nepřerušená délka svahu [m]
s...sklon svahu [%]

Hodnota faktoru délky svahu a jeho sklonu je důležitá z důvodu zvyšující se intenzity eroze s rostoucí délkou svahu. Eroze se zvyšuje až do bodu, kde dochází ke snížení sklonu svahu a ukládání nahromaděného materiálu. Čím je vyšší sklon svahu, tím je eroze vyšší.

V diplomové práci byl vypočítán LS – faktor podle Kadlec (2006), který využívá programů LsConventer, kde byly transformovány hodnoty digitálního modelu terénu a parcel do formátu, který je nativní pro program USLE2D, který počítá LS-faktor. Vrstva parcel obsahuje plochy, kterým jsou přiřazeny hodnoty podle využití území, které má vliv na povrchový odtok. V případě nepropustných ploch je přiřazena hodnota 0. Pro tyto plochy se hodnota LS-faktoru nepočítá. Hodnoty vyšší než 0 se přiřazují plochám, pro které je počítán LS-faktor. Pro místa, kde se vyskytuje les, je určena hodnota 2 a pro ostatní zemědělské a zatravněné pozemky je stanovena hodnota 1. Pro výpočet LS-faktoru byl v programu USLE2D zvolen algoritmus pro výpočet vícesměrné dráhy odtoku z pixelu a výpočetní rovnice byla odvozena podle McCool (1987, 1989).

11.1.4. Faktor ochranného vlivu vegetace (C)

Vegetační kryt má velký vliv na výskyt erozní činnosti, protože půda pokrytá vegetací umožňuje zpomalování kinetické energie deště a zpomalené dešťové kapky nemají tak velký destrukční účinek na půdní pokryv. Důležitý je pokryv povrchu vegetací v období přívalových dešťů, a tak největší protierozní ochranu poskytují porosty trav a jetelovin. Faktor ochranného vlivu vegetace je možné určit na základě tabulky, která určuje C - faktor na základě pěstovaných plodin a jejich způsobu obdělávání v jednotlivých obdobích (Janeček, 2007, *Predikce erozních procesů*, 2006).

V diplomové práci je C-faktor určen na základě znalosti využití území a porostu ve sledované oblasti. Prvním krokem bylo určení období, ve kterém je eroze počítána. Druhým krokem je určení pěstované plodiny a pokud se jednalo o obiloviny a okopaniny, tak se určuje zařazení v osevním postupu a použítá agrotechnika. Většinu vegetačního pokryvu ve studovaném mikropovodí tvoří trvalý travní porost, smíšené a jehličnaté lesy. Lesům byla přiřazena hodnota ochranného faktoru vegetace 0, protože s odtokem z lesa, bylo počítáno už při určování LS-faktoru a není třeba je dále zahrnovat do výpočtu, protože úkolem výpočtu odnosu půdy je vypočítat ztrátu půdy z obdělávaných pozemků. Ostatním využívaným pozemkům byly přiřazeny hodnoty z tabulky podle Janeček (2007).

11.1.5. Faktor účinnosti protierozních opatření (P)

K určení faktoru erozní účinnosti jsou vymezeny podmínky, které stanovují jeho hodnoty. Pokud nelze předpokládat, že jsou stanovené podmínky dodrženy, tak nelze s účinností P-faktoru počítat.

V rámci diplomové práce se s protierozními opatřeními nepočítalo. Hodnota faktoru byla stanovena na 1.

11.2. Výsledky výpočtu vodní eroze v mikropovodí

Vodní eroze v mikropovodí byla počítána pro tři vybrané měsíce, pro které mohly být vypočítány erozní účinnosti deště. Prvním vybraným měsícem byl květen, ve kterém se očekává, že bude erozní účinnost deště vyšší a ve skutečnosti byla vypočítána na 7,09. Nejvyšší erozní účinnost deště byla vypočítána v červnu a činila 13,51. V tomto měsíci se dala očekávat vysoká hodnota erozní účinnosti deště, protože v měsíci červnu se očekává výskyt přívalových dešťů, které mají vysokou intenzitu a rozrušují půdu na zemském povrchu. Faktor erozní účinnosti deště je jeden ze dvou faktorů, který se při výpočtu průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí ve stanovených měsících lišil. Druhým faktorem, který neměl stejné hodnoty pro všechny měsíce byl faktor ochranného vlivu vegetace, který se liší v souvislosti s obdobím vývoje pěstované plodiny. Ostatní faktory byly ve všech obdobích stejné. Nejvyšší vliv na odnos půdy vodní erozí má faktor sklonu svahu a délky pozemku, protože na sklonitých svazích je vyšší riziko odnosu půdních částic. Toto riziko může být zvyšováno nebo snižováno osázením ploch s důrazem na protierozní opatření ve sklonitých plochách.

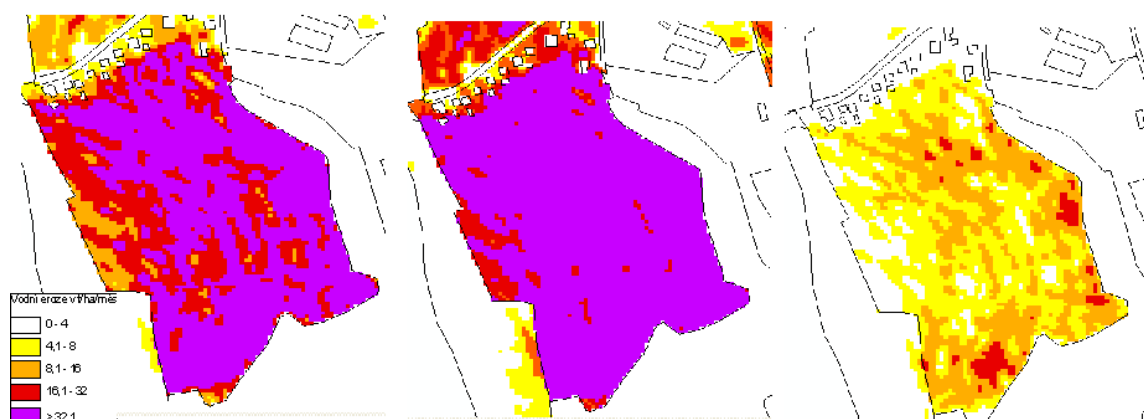
Přípustná ztráta půdy vodní erozí byla na všech místech, kde se ve výsledku objevuje průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí, určena na hodnotu 4 t/ha/rok, protože podle poslední hodnoty v kódu BPEJ, se všude nachází středně hluboká půda.

Nejvyšší měsíční hodnoty průměrné ztráty půdy erozí byly vypočítány v měsíci červnu. Toto je zapříčiněno vyšší hodnotou erozní účinnosti deště.

Nejvyšší průměrné dlouhodobé ztráty půdy jsou v mikropovodí zjišťovány v místech, kde se nacházejí sady a zahrady. Tyto plochy se často nacházejí na sklonitých pozemcích, jsou osázeny pravidelně bez protierozních opatření a často jsou rozorány, aby části z nich mohly sloužit jako užitková zahrada. Ztráta půdy vodní erozí, která byla vyšší než 4 t/ha, byla kromě zahradních a sadových ploch, vypočítána na orné půdě, kde se ztráta půdy při nedostatečném protierozním opatření očekává. Přesto byly na orné půdě v mikropovodí nejvyšší ztráty půdy během června do hodnoty 8-16 t/ha/měsíc, které ale zasáhly jen velmi malou oblast o rozloze 0,06 km². V ostatních měsících se maximální hodnoty ztráty půdy z povodí pohybovaly do 8 t/ha.

Vůbec nejvyšší hodnoty ztráty půdy vodní erozí byly vypočítány na pozemku, který má sklon 6° - 30°, a je osázen pravidelně rozmístěným sadem po spádnicí. Na tomto pozemku nejsou zavedena žádná protierozní opatření, a tak je průměrná dlouhodobá ztráta půdy z tohoto pozemku zřetelná i při nízké erozní účinnosti deště. Za měsíc červen, kdy byla erozní účinnost deště nejvyšší, bylo z velké části tohoto pozemku odneseno více než 32 t/ha. I při nižší erozní účinnosti deště v květnu se na tomto pozemku hodnoty ztráty půdy erozí pohybovaly v hodnotách vyšších než 32 t/ha. V měsíci říjnu, kdy byla výrazně nižší erozní účinnost deště, byly i na tomto pozemku hodnoty výrazně nižší a pohybovaly se ve většině území v rozmezí 8-16 t/ha. Průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí z pozemku, který je k vodní erozi nejvíce náchylný, je uvedena na Obr. 19.

Výsledné hodnoty průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí jsou uvedeny v přílohách 10 za květen, 11 za červen a 12 za měsíc říjen.



Obr. 19: Pozemek, ze kterého dochází k nejvyšším průměrným dlouhodobým ztrátám půdy zleva: v květnu, červnu a říjnu.

12 DISKUZE

Povrchový odtok je velmi komplexní složka hydrologických procesů, která vyjadřuje kolik vody odteče z povodí za jednotku času, a je ovlivněn mnoha faktory, a tak není možné jej přímo kvantifikovat, ale je možné jej na podkladu naměřených dat modelovat a simulovat situace, které mohou nastat. Povrchový odtok zahrnuje vodu ze srážek, která dopadla na zemský povrch, a tak nebyla zachycena intercepcí a nemohla být ani infiltrována. Nejjednodušší vyjádření odtoku je skrz měrné jednotky odtoku, které slouží k vzájemnému porovnání odtokových poměrů v povodích. Mezi měrné jednotky odtoku patří průtok, který vyjadřuje odtok vody v říčním korytě. V diplomové práci byl monitorován na čtyřech výzkumných plochách pomocí dvou rozdílných metod, které byly následně porovnány a vyhodnoceny. Každá metoda má svoje klady a zápory, a tak je doporučena kombinace obou metod, aby naměřené hodnoty mohly být porovnány a byly tak odstraněny hrubé chyby v naměřených hodnotách z dalšího zpracování. Na povrchový odtok mají vliv i meteorologické prvky, které byly monitorovány v oblasti sledované části vodního toku, a tak data z nich mohla být využita k modelování povrchového odtoku v mikropovodí. Meteorologické prvky byly měřeny pomocí dataloggerů, které musely být nakonfigurovány. Zpočátku byly problémy se správným nakonfigurováním a výpadky v měření, které byly způsobeny nefunkčností dataloggerů. Přes počáteční problémy bylo získáno množství dat týkajících se meteorologických prvků, ze kterých byla vybrána data, která nejvíce ovlivňují odtokové poměry v mikropovodí. Kromě zmíněných činitelů, které ovlivňují povrchový odtok, je odtok ovlivňován i fyzicko-geografickými a antropogenními faktory. Čím kvalitnější fyzicko-geografická data v povodí jsou získána, tím jsou přesnější a kvalitnější výstupy týkající se celkového odtoku z mikropovodí. Otázkou je jaká kvalita dat, je pro uspokojivé výsledky potřebná a jestli je vůbec možné, pořídit kvalitní a aktuální data, která vyjadřují fyzicko-geografickou i antropogenní sféru, protože do těchto sfér jsou značné zásahy ze strany společnosti.

K modelování odtoku je možné vybrat z množství hydrologických modelů. Metoda CN-čísel odtokových křivek, která je vhodná pro malá povodí, není náročná na vstupní data a přináší uspokojivé výsledky. Hodnota vypočítaného přímého odtoku závisí na čísle CN, které ale nemusí být korektně určeno s ohledem na poměrně složité vymezení využití území v tabulkách odtokových CN-křivek. Určení čísla CN-křivky závisí na hydrologických vlastnostech půd, které je poměrně složité zjistit u půd s lesním porostem. Nevýhodou metody je, že nezohledňuje krátkodobé srážky, není vhodná pro dlouhodobé simulace a vypočítaný přímý odtok se vztahuje pouze k určenému dni, kterému předcházely srážky.

Při určování odnosu půdy vodní erozí z mikropovodí je důležité zkombinovat všechny faktory, tak aby byl konečný výsledek, co nejpřesnější. Největší vliv má LS-faktor, a tak je třeba vycházet z kvalitního digitálního modelu reliéfu. Problémem je určení ochranného vlivu vegetace, který jednoznačně ukáže místa, kde je třeba zvolit vhodná protierozní opatření. Pro jeho určení jsou třeba aktuální data v jednotlivých obdobích.

13 ZÁVĚR

Cíle diplomové práce byly rozděleny do dvou okruhů mezi, které patřil monitoring a modelování povrchového odtoku. Povrchový odtok je velmi komplexní a složitý proces, který je ovlivněn mnoha činiteli, a tak je třeba znát velké množství dat, aby mohl být vypočítán a určen. Část dat, která byla třeba k modelování povrchového odtoku, byla získána měřeními a část byla získána od poskytovatelů, mezi které patřil ČÚZK, VÚMOP a ÚHUL.

Data byla sbírána ve Vysokém Poli, kde sídlí nově vybudované EnviCentrum, se kterým Katedra geoinformatiky v Olomouci v roce 2011 navázala spolupráci. Díky této spolupráci byly vytvořeny podmínky a zázemí k rozmístění přístrojů pro meteorologická měření. Lokality, kde byly rozmístěny přístroje pro měření, jsou v diplomové práci nazývány výzkumnými plochami. Tyto výzkumné plochy byly voleny na základě odlišných podmínek, které v nich panují tak, aby získaná data mohla být porovnáвана. Kromě meteorologických měření byla prováděna hydrologická měření a terénní měření, která vedla k získání informací o sledované části vodního toku. Na podkladě terénních měření byl vytvořen výškový profil, polohopisný náčrt a příčné řezy korytem vodního toku ve dvou místech.

Před vlastním začátkem monitorování v terénu bylo třeba se seznámit s měřicími zařízeními a jejich parametry. U dataloggerů bylo třeba nastavit základní parametry. Byla popsána práce s těmito zařízeními a programy, které jsou určeny pro propojení dataloggeru a počítače.

Mezi meteorologická data dále zpracovávaná patří srážky, teploty a relativní vlhkosti ze všech výzkumných ploch. Data byla zpracováвана jak v denním průběhu, tak v obdobích, kdy se předpokládají podobné charakteristiky naměřených základních meteorologických prvků. Nejvyrovnanější průběhy meteorologických prvků byly zjištěny ve výzkumné ploše A, která reprezentuje zalesněnou oblast, která je chráněna proti okolním vlivům. Srážkové úhrny i intenzity byly v této výzkumné ploše nejnižší z důvodu velkého podílu intercepce na zadržování vody, která činila až 50 %.

Hydrologický monitoring se zaměřuje na sběr dat o vodních stavech a jim odpovídajících průtocích ve čtyřech výzkumných plochách, které jsou rozmístěny ve sledované části vodního toku. K měření průtoků byly použity dvě metody, jejichž výsledky byly porovnány. Odlišnosti v naměřených hodnotách průtoků oběma metodami nejsou příliš velké. Opakované měření pomocí nádoby o známém objemu se při nižších průtocích jeví jako přesnější naopak využití žlabu pro měření průtoků se jeví jako přesnější při vyšších průtocích. Získaná hydrologická data byla zpracována a zařazena do období, která jsou shodná s obdobími, do kterých byla rozdělena meteorologická data.

Výzkumné plochy pro meteorologická i hydrologická měření jsou v diplomové práci řádně popsány tak, aby bylo zřejmé do jaké míry se odlišují a do jaké míry se mohou odlišovat data na nich naměřená. K lepšímu přehledu o výškových charakteristikách oblasti byl vytvořen digitální model reliéfu.

Výsledkem modelování povrchového odtoku je na podkladě naměřených a poskytnutých dat vypočítaný přímý odtok. K modelování byla vybrána metoda odtokových CN-křivek, která je vhodná pro modelování přímého odtoku v malém povodí. Tato metoda se jeví jako vhodná pro získání základních znalostí o odtokových poměrech z jednotlivých pixelů, které jsou ohodnoceny čísly CN. Čím vyšší číslo CN je pixelu přiřazeno, tím je vyšší pravděpodobnost, že na něm dochází k povrchovému odtoku, který je nejvyšší v nepropustných plochách. Velikost přímého odtoku z pixelu označeného CN číslem je tím vyšší, čím je vyšší návrhová srážka, která spadá na oblast mikropovodí.

Výsledným výstupem, který zobrazuje velikost eroze v povodí, bylo prokázáno, že nejvyšší vliv na erozi má sklon svahu, délka pozemku, vegetační pokryv a erozní účinnost deště. Poslední dva faktory se mění podle období, pro které je průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí počítána.

Díky diplomové práci byly zjištěny závislosti a rozdíly meteorologických a hydrologických prvků ve vybrané lokalitě, která byla zmapována a byly pro ni vytvořeny modely přímého odtoku a ztráty půdy způsobené vodní erozí.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

Tištěné zdroje:

- DAŇHELKA, J.: *Operativní hydrologie: Hydrologické modely a nejistota předpovědí*. Praha : Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, 2007. 104 s. ISBN 978-80-86690-48-3
- DEMEK, J. a kol : *Hory a nížiny: Zeměpisný lexikon ČR*. Brno : AOPK ČR, 2006. 580 s. ISBN 8086064999.
- JANEČEK, M. : *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007, 76 s. ISBN 978-802-5409-732.
- KULHAVÝ, Z a KOVÁŘ, P.: *Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí*. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2000. 123 s. ISSN 1211-3972.
- LÖW, J.: Přílohy: Převod souborů lesních typů. *Rukověť projektanta místního územního systému ekologické stability*. Brno: DOPLNĚK, 1995. 122 s. ISBN 1081-067-1995.
- NETOPIL, R.: *Fyzická geografie I.: Hydrologie, limnologie, oceánografie*. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1981. 273 s.
- PECHANEC, V.: Přednáška modelování přírodních hazardů – *Monitoring, Sensor web application*. Olomouc, 2011.
- POKORNÁ, D a ZÁBRANSKÁ, J.: *Hydrologie a hydroopedologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2007, 218 s. ISBN 978-807-0807-071.
- SLABÁ, N.: *Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČSSR*. Praha: HMÚ, 1972. 224 s. SIP 41499/02435
- TOLASZ, R.: *Atlas podnebí Česka..* Praha a Olomouc, 2007. 256 s. ISBN 978-80-86690-26-1.
- VOŽENÍLEK, V.: *Diplomové práce z geoinformatiky*. Olomouc : Vydavatelství Univerzity Palackého, 2002. 31 s. ISBN 80-244-0469-9.
- VYSOUDIL, M.: *Meteorologie a klimatologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006, 281 s. ISBN 80-244-1455-4.
- ZAPLETAL, M.: *Sbírka řešených příkladů z hydrologie*. Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, Vodňany, 2000. ISBN 80-254-0007-7.

Internetové zdroje:

- Amet: *Datový box*. [online]. 2010 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.amet.cz/datbox.html>>.
- ANDĚL, J.: *Landscape modelling: geographical space, transformation and future scenarios* [online]. New York: Springer, c2010, 203 s. [cit. 2012-03-02]. Urban and landscape perspectives. ISBN 90-481-3052-2. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=4mu9l2_VUXMC&pg=PT387&lpg=PT387&dq=hammock+plot&source=bl&ots=FaQsyh3C_b&sig=rM_5NUAguVqzBPAA-

Rs_s_FFzC0&hl=cs&sa=X&ei=TA5RT9KIAH04QSLi8G0DQ&ved=0CHUQ6AEwBQ#v=onepage&q=hammock%20plot&f=false>.

MikroDaq: *Box Car 3.7 for Windows* [online]. 2010 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.microdaq.com/occ/software/boxcar.php>>.

BoxCar Pro 4. 3.: User's Guide [online]. Bourne, USA, 1995-2002 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <http://www.edsc.dk/Dansk/Produkter/Meteorologi/Hobo/bcp_43_user_guide.pdf>.

BoxCar Software for the HOBO Data Logger [online]. Kalifornie, USA, 2010 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <http://www.pge.com/includes/docs/pdfs/about/edusafety/training/pecc/toolbox/tll/appnotes/boxcar_software_for_the_hobo_datalogger.pdf>.

ČGS. *Geologická mapa 1 : 10 000*. [online]. 2010 [cit. 2011-11-09]. Dostupné z WWW: <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=502355&x=1171792&s=1>.

Datalogger MiniCube User's manual: Datalogger MiniCube Models VC, VV/VX, CC, VF User's manual [online]. Brno, 2002 [cit. 2011-10-19]. Dostupné z WWW: <http://www.emsbrno.cz/r.axd/pdf_v_MiniCube__userman_u_pdf.jpg?ver=>.

DIVÍŠEK, J. a kol.: *Biogeografie-Fytogeografické členění České republiky* [online]. Geografický ústav, Brno, 2010. [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps10/biogeogr/web/index_book_5-3.html>.

Geoportal.gov: *Prohlížení - Národní geoportál INSPIRE* [online]. 2012 [cit. 2012-01-24]. Dostupné z: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>>.

GRYGAR, R.: *Vnější Západní Karpaty* [online]. [cit. 2012-02-26]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/reg_geol_cr/10_kapitola.htm>.

HEIS VÚV [on line]. [cit. 2012-02-26]. Dostupné z: <http://heis.vuv.cz/data/webmapisapi.dll?map=mp_heis_voda&>.

JENÍČEK, M.: *Povrchový odtok, 5. část* [online]. Praha: Karlova univerzita, 2010 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <<http://hydro.natur.cuni.cz/jenicek/>>.

KADLEC, J.: *Výpočet LS-faktoru (RUSLE) s využitím GIS a USLE2D*, [online]. 2006 [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <http://data.plaveniny.cz/download/rusle/ls_faktor_arcgis.pdf>.

Kriging [online]. 2005 [cit. 2012 03 02]. Dostupné z: <<http://www.gis.zcu.cz/studium/ugi/referaty/05/ArchivReferatu/KRIGING.pdf>>.

KUČERA, P.: *BPEJ* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2005. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <http://tilia.zf.mendelu.cz/~xkucera0/galerie2004_5/bpej.htm>.

KUŘÍK, P.: *Hydrologie, rozšířené sylaby vybraných kapitol pro kombinované (dálkové) studium* [online]. Praha: LF ČZU v Praze, 2001. 29 s. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <kurik.petr.sweb.cz/HydrologieI/vybranekapitoly.doc>.

MIŘIJOVSKÝ, J.: *Cvičení pro předmět dynamická geomorfologie* [online]. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2009 [cit. 2011-09-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.geoinformatics.upol.cz/file/vyuka/cvicebnice.pdf>>.

Obec Vysoké Pole [online]. 2012 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: <<http://vysokepole.cz/cz/index.php?page=o-nasi-obci>>.

Onset: *Event - H07-002-04* [online]. 2011 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/h07-002-04>>.

PAVKOVÁ, K.: *Diplomová práce: Kateřina Pavková* [on line]. 2010 [cit. 2011-10-29]. Modelování povrchového odtoku v prostředí ArcGIS serveru. Dostupné z WWW: <<http://theses.cz/id/i053x2/90322-966762144.pdf>>.

Predikce erozních procesů [on line]. Praha: ČVUT, 2006. [cit. 2012-01-24]. Dostupné z: <http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/vlhk2/eroze%2006>.

ŘEDINOVÁ, J, PAVLÁSEK, J a MÁČA, P.: *Hydrologie, návody ke cvičením* [online]. Praha: LF ČZU, 2009. 79 s. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <http://fzp.czu.cz/~exkurze/_dokumenty/kvhem/skripta.pdf>.

TALHOFER, V.: *Vojenská topografie* [online]. 2008 [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <<http://www.scribd.com/doc/65212628/17/Digitalni-modely-reliefu>>.

VOJTEK, D.: *GIT cvičení 2 - Digitální modely reliéfu a povrchu v prostředí GIS a jejich analýzy* [online]. 2008 [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <http://gis.vsb.cz/vojtek/index.php?page=gitfast_c/cviceni02>.

Použitá data:

Data byla pro práci byla získána od tří poskytovatelů.

Prvním poskytovatelem byl ČÚZK, který uvolnil polohopisnou a výškopisnou část datové sady ZABAGED®.

Druhým poskytovatelem dat byl VÚMOP, který poskytl data týkající se BPEJ z vybrané oblasti.

Posledním poskytovatelem byl ÚHÚL, který uvolnil typologická data z vybrané oblasti. Konkrétně se jednalo o užší typologickou jednotku lesní typ.

SUMMARY

The data for this master thesis were collected in Vysoké Pole. In this village there is situated a new built EnviCentrum. Background and conditions for deployment of dataloggers could be created thanks to the cooperation between EnviCentrum Vysoké Pole and Department of Geoinformatics in Olomouc.

This master thesis determines two main aims. The first one is associated with monitoring. Two types of data were collected in Vysoké Pole. The first one was meteorological data and the second one was hydrological data. Meteorological data were measured continually with the help of dataloggers. These dataloggers were situated in four places with different vegetation conditions. Data about temperature, relative humidity and precipitation are the most important data in this thesis. Hydrological data about discharge and water stage were collected discontinuously in the observed part of a water stream. Values of discharge were collected by two different ways. The first one used canal for discharge measurements and the second one used a bin which volume is known. Monitoring is an important part of this thesis because the collected data were processed, described, graphically displayed and used in the second part of this thesis.

Data were collected from the observed part of the water stream. This data became the basis of creating longitudinal stream profile, planimetric drawing and channel cross section in two parts of the water stream.

The observed area was described and a digital terrain model was constructed for better image about elevation rate.

The second part of aims was to model surface runoff in a studied microwater basin. CN-curves method was chosen to model surface runoff in this area. This method is widely used for describing surface runoff in a small water basin. Every pixel in a microwater basin was evaluated by CN-number. The surface runoff was computed for two days: 31.5. and 12.10. Very important for computation is precipitation in five days before the computed day. The difference between precipitation in these two days was 5,6 mm. The higher runoff was computed in the day with higher precipitation before this day and the higher runoff was situated in impermeable areas.

The last part of this master thesis is devoted to soil water erosion. The average soil loss from pixels was computed in three months with the help of the method called (R)USLE. The highest soil loss was computed in the pixels with steeper slope and no vegetation cover. Besides of slope the loss of soil is also determined by against-erosion stroke, eroded stroke of soil erosion, force of rainfall and vegetation cover. The last two factors didn't have the same value in computed months.

The possibilities of obtaining and processing data from continuous and discontinuous measurements are shown in this master thesis. Measured data were combined with provided data and used for computing surface runoff and erosion.

Key words: surface runoff, monitoring, hydrological measurement, meteorological measurement, CN-number, Vysoké Pole

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy:

- Příloha 1 Podélný profil sledované části vodního toku
- Příloha 2 Sledovaný úsek vodního toku a výzkumné plochy
- Příloha 3 Příčný řez korytem sledované části vodního toku, výzkumná plocha Q1
- Příloha 4 Příčný řez korytem sledované části vodního toku, výzkumná plocha Q3
- Příloha 5 Výzkumné plochy pro meteorologická a hydrologická měření
- Příloha 6 Výška přímého odtoku dne 31. 5. 2011, pro $H_s > 0,2A$
- Příloha 7 Výška přímého odtoku dne 12. 10. 2011, pro $H_s > 0,2A$
- Příloha 8 Výška přímého odtoku dne 31. 5. 2011, pro $H_s = 0,2A$
- Příloha 9 Výška přímého odtoku dne 12.10. 2011, pro $H_s = 0,2A$
- Příloha 10 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí, květen 2011
- Příloha 11 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí, červen 2011
- Příloha 12 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí, říjen 2011
- Příloha 13 DVD

Vázané přílohy:

- Příloha 14 Jarní období - Průměrné denní teploty, relativní vlhkosti a denní srážkové úhrny
- Příloha 15 Letní období - Průměrné denní teploty a relativní vlhkosti
- Příloha 16 Letní období – Denní srážkové úhrny
- Příloha 17 Podzimní období – Průměrné denní teploty a relativní vlhkosti
- Příloha 18 Podzimní období - Denní srážkové úhrny
- Příloha 19 Zimní období - Průměrné denní teploty a relativní vlhkosti
- Příloha 20 Zimní období – Denní srážkové úhrny
- Příloha 21 Čísla odtokových CN-křivek

Struktura DVD:

Vstupni_data (velká část dat byla pro práci poskytnuta ČÚZK, VÚMOP, ÚHÚL, a tak se na ně vztahuje právní omezení)

Vystupni_data (výstupní data jsou vytvářena na podkladě vstupních dat nebo naměřená v terénu)

Prilohy (tištěné přílohy, hydrologické a meteorologické přílohy (v těchto přílohách jsou uvedeny denní průběhy měřených meteorologických prvků a jejich porovnání a grafická znázorněná naměřená vodní stavy a průtoky))

WWW

Text_prace

Namerena_data (data z dataloggerů, data z měření průtoků, terénní měření)

Metadata

Příloha 14

Jarní období - Průměrné denní teploty, relativní vlhkosti a denní srážkové úhrny

Datum	Průměrná denní teplota výzkumná plocha C [°C]	Průměrná denní vlhkost výzkumná plocha C [%]	Průměrná denní teplota výzkumná plocha A [°C]	Průměrná denní vlhkost výzkumná plocha A [%]
12.5.	17,51	55,86	17,04	57,34
13.5.	12,74	76,6	12,53	83,83
14.5.	12,37	81,76	10,97	84,25
15.5.	8,71	97,43	7,62	99,17
16.5.	9,2	75,14	8,81	86,2
17.5.	13,06	77,83	12,21	87,28
18.5.	15,7	72,95	15,12	82,92
19.5.	17,21	70,05	17,61	75,98
20.5.	18,39	67,98	18	73,55
21.5.	16,74	74,31	16,28	82,36
22.5.	18,13	69,35	18,18	78,65
23.5.	17,98	74,57	17,24	82,32
24.5.	18,87	68,94	18,85	78,34
25.5.	13,82	54,32	12,92	67,45
26.5.	17,56	57,07	15,57	64,96
27.5.	15,68	70,82	14,94	82,23
28.5.	10,1	98,63	8,93	99
29.5.	13,81	78,47	12,9	90,68
30.5.	18,29	70,61	16,94	84,4
31.5.	20,94	62,49	13,63	78,43
Průměrná hodnota	15,34	72,76	14,31	80,97

datum	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha B	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha A	Rozdíl ve srážkovém úhmu [mm]
13.5.	2,22	0,34	1,88
14.5.	1,85	0,68	1,17
15.5.	5,55	1,02	4,53
16.5.	0	0	0
17.5.	0	0	0
18.5.	0	0	0
19.5.	0	0	0
20.5.	0	0	0
21.5.	0	0	0
22.5.	0	0	0
23.5.	0	0	0
24.5.	0	0	0
25.5.	0	0	0
26.5.	0	0	0
27.5.	11,1	6,8	4,3
28.5.	20,72	10,88	9,84
29.5.	0,37	0	0,37
30.5.	0	0	0
31.5.	0	0	0
Celkový srážkový úhm [mm]	41,81	19,72	22,09

Příloha 15

Letní období - Průměrné denní teploty a relativní vlhkosti

Datum	Průměrná denní teplota výzkumná plocha C [°C]	Průměrná denní vlhkost výzkumná plocha C [%]	Průměrná denní teplota výzkumná plocha A [°C]	Průměrná denní vlhkost výzkumná plocha A [%]
1.6.	19,22	76,56	17,14	87,22
2.6.	16,05	85,9	14,95	97,61
3.6.	21,51	70,96	19,24	90,61
4.6.	19,75	82,61	17,9	93,93
5.6.	20,58	74,07	18,57	86,53
6.6.	19,33	77,35	18,28	91,9
7.6.	21,27	75,16	19,43	91,87
8.6.	18,42	87,89	18	97,77
9.6.	12,88	99,05	11,96	100
10.6.	13,37	81,64	12,54	95,72
11.6.	15,45	70,3	15,22	83,06
12.6.	17,5	73,39	16,09	86,37
13.6.	17,52	76,43	16,66	90,27
14.6.	15,75	81,62	15,81	93,16
15.6.	17,25	80,13	16,75	93,3
16.6.	20,17	73,72	20,19	86,43
17.6.	17,09	76,9	18,28	88,28
18.6.	16,83	81,9	15,71	95,12
19.6.	12,81	83,43	11,86	94,56
20.6.	11,75	86,61	11,28	96,52
21.6.	16,98	91,51	15,99	98,36
22.6.	23,37	71,47	21,72	86,47
23.6.	18,33	76,49	17,14	87,74
24.6.	14,58	79,88	13,8	93,19
25.6.	10,96	83,18	10,4	94,51
26.6.	13,06	88,63	12,05	96,68
27.6.	17,14	71,21	15,9	84,62
28.6.	19,29	59,62	17,32	73,45
29.6.	no data	no data	17,71	88,87
30.6.	no data	no data	15,33	99,13
1.7.	no data	no data	9,13	99,56
2.7.	no data	no data	10,79	92,6
3.7.	no data	no data	10,01	98,94
4.7.	no data	no data	13,22	96,08
5.7.	no data	no data	13,31	91,58
6.7.	no data	no data	15,79	87,15
7.7.	no data	no data	19,52	81,78
8.7.	no data	no data	20,09	76,15
9.7.	no data	no data	22,4	75,68
10.7.	no data	no data	22,29	74,23
11.7.	no data	no data	18,85	82,53
12.7.	18,4	74,17	18,09	77,13
13.7.	24,86	65,28	23,16	68,04
14.7.	20,79	76,8	18,95	80,13
15.7.	13,52	85,65	13,32	89,63
16.7.	15,94	76,05	16,08	76,31
17.7.	22,37	64,49	20,96	63,82
18.7.	16,96	79,94	15,71	77,59
19.7.	18,84	85,91	18,19	91,34
20.7.	15,52	91,9	15,04	94,83
21.7.	12,81	99,27	11,96	99,55
22.7.	13,28	88,85	12,28	86,44
23.7.	14,13	80,36	13,69	66,87
24.7.	15,25	93,69	13,7	78,16
25.7.	12,73	96,56	11,77	85,88
26.7.	15,87	94,4	14,37	86,96
27.7.	15,47	95,53	14,66	88,62
28.7.	16,88	89,72	15,04	75,32
29.7.	17,27	85,2	16,09	65,61
30.7.	13,68	91,64	12,35	55,39
31.7.	13,46	99,34	12,55	87,78
1.8.	16,14	97,47	no data	87,78
2.8.	18,09	80,41	no data	no data
3.8.	19,52	78,01	no data	no data
4.8.	18,04	86,83	no data	no data
5.8.	19,23	84,7	no data	no data
6.8.	21,2	81,67	no data	no data
7.8.	20,52	80,96	no data	no data
8.8.	15,66	98,45	no data	no data
9.8.	13,55	83,83	no data	no data
10.8.	11,55	86,47	no data	no data
11.8.	14,84	78,95	no data	no data
12.8.	16,24	80,93	no data	no data
13.8.	16,55	89,58	no data	no data
14.8.	18,36	83,49	no data	no data
15.8.	20,42	84,35	no data	no data
16.8.	16,68	85,44	no data	no data
17.8.	17,77	75,55	no data	no data
18.8.	19,93	78,87	no data	no data
19.8.	19,69	80,81	no data	no data
20.8.	15,52	79,61	no data	no data
21.8.	18,3	77,02	no data	no data
22.8.	23,18	81,32	no data	no data
23.8.	23,91	78,75	no data	no data
24.8.	24,32	67,63	no data	no data
25.8.	24,68	75,49	no data	no data
26.8.	27,75	66,36	no data	no data
27.8.	20,5	58,21	no data	no data
28.8.	15,29	82,71	no data	no data
29.8.	16,27	76,62	no data	no data
30.8.	14,19	76,92	no data	no data
31.8.	13,58	73,6	no data	no data
Průměrná hodnota	17,44	81,31	15,85	88,26

Příloha 16

Letní období – Denní srážkové úhrny

datum	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha B	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha A	Rozdíl ve srážkovém úhmu [mm]
1.6.	0,74	0	0,74
2.6.	0	0	0
3.6.	0	0	0
4.6.	11,47	5,44	6,03
5.6.	0	0	0
6.6.	0,74	0	0,74
7.6.	0	0	0
8.6.	9,62	7,82	1,8
9.6.	30,71	25,5	5,21
10.6.	0,37	0	0,37
11.6.	0	0	0
12.6.	0	0	0
13.6.	0	0	0
14.6.	0	0	0
15.6.	0	0	0
16.6.	0	0	0
17.6.	0	0	0
18.6.	1,11	0	1,11
19.6.	5,92	1,7	4,22
20.6.	4,07	0	4,07
21.6.	14,43	8,16	6,27
22.6.	0	0	0
23.6.	9,62	4,42	5,2
24.6.	2,22	1,02	1,2
25.6.	3,33	0,34	2,99
26.6.	0	0	0
27.6.	0	0	0
28.6.	0	0	0
29.6.	no data	no data	0
30.6.	no data	no data	0
Celkový srážkový úhm [mm]	94,35	54,4	25,06

Příloha 17

Podzimní období – Průměrné denní teploty a relativní vlhkosti

Datum	Průměrná denní teplota výzkumná plocha C [°C]	Průměrná denní vlhkost výzkumná plocha C [%]	Průměrná denní teplota výzkumná plocha A [°C]	Průměrná denní vlhkost výzkumná plocha A [%]
1.6.	19,22	76,55	17,14	87,22
2.6.	16,05	85,9	14,95	97,61
3.6.	21,51	70,96	19,24	90,61
4.6.	19,75	82,61	17,9	83,83
5.6.	20,58	74,07	18,57	89,53
6.6.	19,33	77,35	18,28	91,9
7.6.	21,27	75,16	19,43	91,87
8.6.	18,42	87,89	18	97,77
9.6.	12,88	99,05	11,96	100
10.6.	13,37	81,64	12,54	95,72
11.6.	15,45	70,3	15,22	83,06
12.6.	17,5	73,39	16,09	86,37
13.6.	17,52	76,43	16,66	90,27
14.6.	15,75	81,62	15,81	93,16
15.6.	17,25	80,13	16,75	93,3
16.6.	20,17	73,72	20,19	86,43
17.6.	17,09	76,9	18,28	86,28
18.6.	16,83	81,9	15,71	95,12
19.6.	12,81	83,43	11,86	94,96
20.6.	11,75	86,61	11,28	96,52
21.6.	16,98	91,51	15,99	98,36
22.6.	23,37	71,47	21,72	86,47
23.6.	18,33	76,49	17,14	87,74
24.6.	14,58	79,88	13,8	93,19
25.6.	10,96	83,18	10,4	94,51
26.6.	13,06	88,63	12,05	96,68
27.6.	17,14	71,21	15,9	84,62
28.6.	19,29	59,62	17,32	73,45
29.6.	no data	no data	17,71	88,87
30.6.	no data	no data	15,33	99,13
1.7.	no data	no data	9,13	99,56
2.7.	no data	no data	10,79	92,6
3.7.	no data	no data	10,01	98,94
4.7.	no data	no data	13,22	96,08
5.7.	no data	no data	13,31	91,58
6.7.	no data	no data	15,79	87,15
7.7.	no data	no data	19,52	81,78
8.7.	no data	no data	20,09	76,15
9.7.	no data	no data	22,4	75,68
10.7.	no data	no data	22,29	74,23
11.7.	no data	no data	18,85	82,53
12.7.	18,4	74,17	18,09	77,13
13.7.	24,86	65,28	23,16	68,04
14.7.	20,79	76,8	18,95	80,13
15.7.	13,52	85,65	13,32	89,63
16.7.	15,94	76,05	16,08	76,31
17.7.	22,37	64,49	20,96	63,82
18.7.	16,96	79,94	15,71	77,59
19.7.	18,84	85,91	18,19	91,34
20.7.	15,52	91,9	15,04	94,83
21.7.	12,81	99,27	11,96	99,55
22.7.	13,28	88,85	12,26	86,44
23.7.	14,13	80,36	13,69	66,87
24.7.	15,25	93,69	13,7	78,16
25.7.	12,73	96,56	11,77	85,68
26.7.	15,87	94,4	14,37	86,96
27.7.	15,47	95,63	14,66	88,62
28.7.	16,88	89,72	15,04	75,32
29.7.	17,27	85,2	16,09	65,61
30.7.	13,68	91,64	12,35	55,39
31.7.	13,46	99,34	12,55	87,78
1.8.	16,14	97,47	no data	87,78
2.8.	18,09	80,41	no data	no data
3.8.	19,52	78,01	no data	no data
4.8.	18,04	86,83	no data	no data
5.8.	19,23	84,7	no data	no data
6.8.	21,2	81,67	no data	no data
7.8.	20,52	80,96	no data	no data
8.8.	15,66	98,45	no data	no data
9.8.	13,55	83,83	no data	no data
10.8.	11,55	86,47	no data	no data
11.8.	14,84	78,95	no data	no data
12.8.	16,24	80,93	no data	no data
13.8.	16,55	89,58	no data	no data
14.8.	18,36	83,49	no data	no data
15.8.	20,42	84,35	no data	no data
16.8.	16,68	85,44	no data	no data
17.8.	17,77	75,55	no data	no data
18.8.	19,93	78,87	no data	no data
19.8.	19,69	80,81	no data	no data
20.8.	15,52	79,61	no data	no data
21.8.	18,3	77,02	no data	no data
22.8.	23,18	81,32	no data	no data
23.8.	23,91	78,75	no data	no data
24.8.	24,32	67,63	no data	no data
25.8.	24,68	75,49	no data	no data
26.8.	27,79	66,36	no data	no data
27.8.	20,5	58,21	no data	no data
28.8.	15,29	82,71	no data	no data
29.8.	16,27	76,62	no data	no data
30.8.	14,19	76,92	no data	no data
31.8.	13,58	73,6	no data	no data
Průměrná hodnota	17,44	81,31	15,85	88,26

Příloha 18

Podzimní období - Denní srážkové úhrny

datum	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha D	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha B	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha A
12.9.	0	no data	no data
13.9.	0	no data	no data
14.9.	6,6	no data	no data
15.9.	0	no data	no data
16.9.	0	no data	no data
17.9.	0	no data	no data
18.9.	0	no data	no data
19.9.	0,8	no data	no data
20.9.	1,6	no data	no data
21.9.	0	no data	no data
22.9.	0	no data	no data
23.9.	0	no data	no data
24.9.	0	no data	no data
25.9.	0	no data	no data
26.9.	0	no data	no data
27.9.	0	no data	no data
28.9.	0	no data	no data
29.9.	0	no data	no data
30.9.	0	no data	no data
1.10.	0	0	0
2.10.	0	0	0
3.10.	0	0	0
4.10.	0	0	0
5.10.	0	0	0
6.10.	0	0	0
7.10.	12,4	14,8	5,78
8.10.	8,6	8,14	4,08
9.10.	0	0	0
10.10.	6,6	7,77	6,46
11.10.	1,6	2,22	2,72
12.10.	4,6	5,55	2,72
13.10.	0,4	0,37	0
14.10.	0	0	0
15.10.	0,2	0,37	0
16.10.	0	0	0
17.10.	0	0	0
18.10.	0	0	0
19.10.	0	0	0
20.10.	2,6	3,7	3,4
21.10.	0,2	0	0
22.10.	0	0	0
23.10.	0	0	0
24.10.	0	0	0
25.10.	0,8	1,11	0,68
26.10.	1,8	2,22	2,04
27.10.	0,2	0	0
28.10.	0	0	0
29.10.	0	0	0
30.10.	0	0	0
31.10.	0	0	0
1.11.	0	0	0
2.11.	0	0	0
3.11.	0	0	0
4.11.	0	0	0
5.11.	0	0	0
6.11.	0	0	0
7.11.	0	0	0
8.11.	0	0	0
9.11.	0	0	0
10.11.	0	0	0
11.11.	0	0	0
12.11.	0	0	0
13.11.	0	0	0
14.11.	0	0	0
15.11.	0	0	0
16.11.	0	0	0
17.11.	0	0	0
18.11.	0	0	0
19.11.	0	0	0
20.11.	0	0	0
21.11.	0	0	0
22.11.	0	0	0
23.11.	0,2	0	0
24.11.	0	0	0
25.11.	0	0	0
26.11.	0	0	0
27.11.	0	0	0
28.11.	0	0	0
29.11.	0,2	0	0
30.11.	0	0	0
Celkový srážkový úhm [mm]	49,4	46,25	27,88

Příloha 19

Zimní období - Průměrné denní teploty a relativní vlhkosti

Datum	Průměrná denní teplota výzumná plocha C [°C]	Průměrná denní vlhkost výzumná plocha C [°C]	Průměrná denní teplota výzumná plocha B [°C]	Průměrná denní vlhkost výzumná plocha B [°C]	Průměrná denní teplota výzumná plocha A [°C]	Průměrná denní vlhkost výzumná plocha A [°C]
1.12	0,63	99,33	0,38	98,71	0,61	50,9
2.12	0,65	96,6	-0,17	96,29	-0,17	43,98
3.12	0,16	99,26	-0,5	98,77	-0,5	48,06
4.12	3,78	99,34	3,72	100	3,4	73,75
5.12	3,2	91,81	2,38	86,91	2,8	43,38
6.12	1,65	95,03	0,95	89,08	1,06	36,74
7.12	1,08	95,88	0,28	91,91	0,74	41,28
8.12	1,17	93,03	0,82	87,91	0,63	40,18
9.12	1,62	90	0,73	84,88	0,73	42,04
10.12	1,27	97,08	0,82	96,29	0,72	65,05
11.12	-0,09	89,13	0,07	82,76	-0,52	39,6
12.12	3,63	91,85	2,99	86,45	2,89	48,44
13.12	4,31	96,13	3,93	92,15	3,52	60,51
14.12	4,79	95,67	4,14	89,82	4,04	39,56
15.12	3,04	96,9	2,97	93,01	2,87	41,73
16.12	3,55	96,56	3,47	93,01	3,38	47,4
17.12	1,75	90,41	0,95	82,95	0,84	36,73
18.12	0,48	90,15	0,15	81,39	-0,17	37,31
19.12	-2,28	96,42	-2,24	85,88	-1,99	35,14
20.12	-5,42	92,63	-5,18	83,95	-5,4	37,91
21.12	-1,93	99,22	-2,14	95,93	-2,58	47,05
22.12	-1,89	98,92	-2,7	95,23	-2,33	48,94
23.12	-1,32	99,33	-1,68	98,2	-1,65	57,93
24.12	0,47	99,33	-0,05	99,82	-0,27	79,54
25.12	0,82	96,58	0,17	92,09	-0,16	53,41
26.12	0,94	99,33	0,29	100	0,29	76,43
27.12	2,01	99,33	1,81	100	1,82	78,69
28.12	1,75	99,33	1,17	100	0,95	78,98
29.12	0,27	99,33	-0,5	99,55	-0,61	61,57
30.12	0,26	98,89	-0,39	98,17	-0,72	55,83
31.12	-2,2	98,74	-1,03	95,52	-1,99	51,88
1.1	-0,87	99,33	-1,18	99,38	-1,18	52,58
2.1	2,11	95,24	1,16	90,18	0,95	55,86
3.1	2,22	99,33	1,81	99,68	1,6	67,28
4.1	2,84	97,79	1,81	96,34	1,92	55,23
5.1	1,32	98,57	0,38	97,8	0,39	57,18
6.1	1,08	96,34	0,23	89,22	-0,05	43,65
7.1	0,34	93,34	-0,28	83,68	-0,61	39,79
8.1	1,48	99,3	0,73	99,25	0,4	69,5
9.1	1,31	98,53	0,4	96,34	0,18	67,03
10.1	1,5	99,28	1,05	97,7	0,61	66,67
11.1	1,91	98,81	1,38	95,19	0,83	51,66
12.1	2,65	97,37	2,97	93,33	2,35	53,77
13.1	0,38	90,34	-0,29	79,99	-0,5	37,03
14.1	-1,74	94,12	-2,33	82,58	-2,44	38,83
15.1	-3,58	89,62	-3,99	74,8	-4,1	34,51
16.1	-3,83	95,31	-4,12	83,58	-4,46	39,58
17.1	-1,88	99,33	-2,34	94,13	-2,34	45,71
18.1	-1,94	98,52	-2,28	94,52	-2,47	51,68
19.1	-0,73	99,33	-1,08	99,31	-1,08	60,9
20.1	-0,07	98,52	-0,38	91,65	-0,61	57,48
21.1	-0,39	95,61	-0,73	87,46	-0,95	41,98
22.1	0,74	99,32	0,23	98,22	-0,27	60,27
23.1	0,61	98,62	0,28	96,29	-0,05	62,98
24.1	-0,61	98,14	-1,31	94,07	-1,3	62,31
25.1	-3,3	90,66	-2,9	77,64	-3,53	36,21
26.1	-4,34	92,1	-5,08	78,03	-5,2	35,19
27.1	-6,88	87,68	-4,84	70,15	-5,67	33,08
28.1	-5,53	88,77	-3,57	72,44	-3,78	30,68
29.1	-5,42	86,13	-3,71	69,23	-4,19	31,18
30.1	-8,13	79,73	-6,98	59,91	-6,08	25,95
31.1	-8,82	81,49	-8,23	61,24	-6,78	27,34
1.2	-13,41	75,91	-12,98	54,65	-13,17	28,47
2.2	-14,32	66,09	-14,73	40,37	-15,49	24,07
3.2	-16,45	71,22	-15,98	45,52	-15,67	24,37
4.2	-15,81	69,73	-16,44	41,89	-16,41	23,63
5.2	-13,54	71,62	-14,01	45,08	-14,49	24,18
6.2	-14,21	79,47	-15,1	53,63	-15,25	25,48
7.2	-10,66	80,25	-11,3	56,25	-11,73	26,02
8.2	-11,33	79,9	-11,38	55,95	-11,58	26,58
9.2	-9,9	86,15	-10,11	62,51	-10,33	27,09
10.2	-11,77	78,04	-11,83	54,23	-12,55	26
11.2	-10,78	66,52	-11,1	42,1	-12,02	23,95
12.2	-13,25	75,98	-12,57	48,75	-12,11	24,24
13.2	-11,38	83,32	-11,27	59,28	-10,78	26,9
14.2	-7,1	91,99	-7,28	72,84	-6,98	30,67
15.2	-2,68	99,9	-2,93	91,33	-3,04	41,87
16.2	-3,66	99,1	-4,34	88,46	-4,34	40,34
17.2	-1,23	98,97	-1,94	93,99	-2,04	48,78
18.2	1,2	97,25	1,26	91,13	0,72	56,75
19.2	0,98	94,44	0,29	88,48	-0,05	48,57
20.2	-2,42	89,82	-1,87	79,62	-2,12	43,48
21.2	-2,62	83,29	-2,1	68,23	-2,55	33,6
22.2	0,82	92,75	0,98	79,1	0,15	35,6
23.2	1,95	95,08	1,69	86,83	1,16	39,12
24.2	5,02	98,65	4,35	95,2	4,04	62,93
25.2	4,31	77,86	4,34	63,58	3,52	36,46
26.2	0,28	79,91	0,34	62,69	-0,3	30,9
27.2	-1,89	70,59	-2,6	49,73	-2,35	25,91
28.2	0,45	97,09	-0,31	87,45	-0,75	47,28
29.2	5,45	95,64	5,15	89,96	4,45	59,45
Průměrná hod.	-1,95	91,93	-2,22	82,72	-2,4	45,1

Příloha 20

Zimní období – Denní srážkové úhrny

Datum	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha D	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha B	Srážkový úhm [mm], výzkumná plocha A
1.12.	0	0	no data
2.12.	0,2	0	no data
3.12.	3,8	0,37	no data
4.12.	0,8	4,81	no data
5.12.	0,2	1,11	no data
6.12.	2,2	0	0
7.12.	1	0	2,04
8.12.	6,4	2,96	0
9.12.	3	8,14	5
10.12.	0	3,7	4,08
11.12.	0,2	0	0
12.12.	0,2	0	0
13.12.	0,6	0,37	0
14.12.	0	0,37	0
15.12.	5	0	0
16.12.	1	5,55	2,38
17.12.	0	1,48	no data
18.12.	0	0	no data
19.12.	0	0	no data
20.12.	0	0,74	no data
21.12.	0	0	no data
22.12.	0	0	no data
23.12.	0	0	no data
24.12.	7,2	0	no data
25.12.	4	6,66	no data
26.12.	2,6	4,07	no data
27.12.	0,6	3,33	no data
28.12.	0	0,37	no data
29.12.	0	0	no data
30.12.	0	0	no data
31.12.	0	0	no data
1.1.	0	0	no data
2.1.	5,6	11,84	no data
3.1.	1,8	2,59	no data
4.1.	9,8	12,58	no data
5.1.	7	0	no data
6.1.	3,8	1,48	no data
7.1.	0,2	2,59	no data
8.1.	6,2	15,54	no data
9.1.	3	7,03	no data
10.1.	8,4	14,4	no data
11.1.	0,2	0	0
12.1.	1,2	6,29	0,34
13.1.	1,2	0,78	0
14.1.	0,2	0,78	0
15.1.	0	0	0
16.1.	0	0	0
17.1.	0	0	0
18.1.	0	0	0
19.1.	0	0	0
20.1.	6	14,06	3,06
21.1.	0	2,22	0,74
22.1.	0,4	0	0,34
23.1.	22,8	19,61	14,96
24.1.	2,4	2,96	1,36
25.1.	0,2	1,48	0,34
26.1.	0	0	0
27.1.	1	1,47	0
28.1.	0,2	0,37	0,34
29.1.	0,4	1,48	0,68
30.1.	0,2	0,74	0,68
31.1.	0	0	0
1.2.	0	0	0,34
2.2.	0	0	0
3.2.	0	0	0
4.2.	0	0	0
5.2.	0	0	0
6.2.	0	0	0
7.2.	0	0	0
8.2.	0	0	0
9.2.	0	0	0
10.2.	0	0	0
11.2.	0	0	0
12.2.	0	0	0
13.2.	0	0	0
14.2.	0	0	0
15.2.	0	0	0
16.2.	0	0	0
17.2.	0	0	0
18.2.	10,4	14,6	0,34
19.2.	0	0,37	3,74
20.2.	5,4	6,29	3,06
21.2.	0	0	1,02
22.2.	0	0	0
23.2.	0	0	0
24.2.	0	0	0
25.2.	0	0,74	0
26.2.	0	0	0
27.2.	0	0	0
28.2.	10,2	9,62	0,34
29.2.	13,6	22,2	15,64
Celkový srážkový úhm [mm]	160,8	218,14	60,82

Příloha 21

Čísla odtokových CN-křivek

Typ povrchu a hydrologické podmínky	Čísla křivek odtoku (CN)		hydrologická skupina půd			
	% nepropustných ploch		A	B	C	D
A/ Městské oblasti						
plně rozvinuté městské plochy						
otevřené plochy (trávníky, parky, hřbitovy, golfové hřiště)			68	79	86	89
nedokonalé podmínky (tráva pokrývá <50%)			49	69	79	84
průměrné podmínky (tráva kryje 50 - 75%)			39	61	74	80
dobré podmínky (tráva pokrývá > 75%)						
nepropustné plochy						
dlážděné parkoviště, střechy, příjezdové cesty (mimo veřejných cest)			98	98	98	98
ulice a silnice						
dlážděné s obrubníky a kanalizací (mimo veřejných cest)			98	98	98	98
dlážděné s otevřenými příkopy (včetně veřejných cest)			83	89	92	93
šterkové (včetně veřejných cest)			76	85	89	91
hlinité (včetně veřejných cest)			72	82	87	89
západní opuštěné městské plochy						
přírodní pouštní krajiny (pouze prostupné)			63	77	85	88
umělé pouštní krajiny (nepropustné plevelné bariéry)						
pouštní křoviny s 1-2 písčitymi nebo stěrkovými komposty/směskami			96	96	96	96
městské plochy						
obchodní	85		89	92	94	95
průmyslové	72		81	88	91	93
ostatní plochy podle průměrné rozlohy						
0,050 nebo méně ha (1/8 akrů nebo méně (městské budovy))	65		77	85	90	92
0,101 ha (1/4 akrů)	38		61	75	83	87
0,135 ha (1/3 akrů)	30		57	72	81	86
0,202 ha (1/2 akrů)	25		54	70	80	85
0,405 ha (1 akr)	20		51	68	79	84
0,810 ha (2 akry)	12		46	65	77	82
rozvíjející se městské plochy						
nově založené plochy (pouze předchozí oblasti, bez vegetace)			77	86	91	94
nečinné oblasti (CN se určuje podle předchozího využití)						
B/Obhospodařované zemědělské plochy						
	forma ošetřování	Hydrologické podmínky 2)				
úhor	holá půda	-	77	86	91	94
	postklizňové zbytky (CR) 1)	nedokonalé	76	85	90	93
širokořádkové plodiny (okopaniny)		dobré	74	83	88	90
		nedokonalé	72	81	88	91
		dobré	67	78	85	89
		nedokonalé	71	80	87	90
		dobré	64	75	82	85
		nedokonalé	70	79	84	88
		dobré	65	75	82	86
		nedokonalé	69	78	83	87
		dobré	64	74	81	85
		nedokonalé	66	74	80	82
		dobré	62	71	78	81
		nedokonalé	65	73	79	81
úzkořádkové plodiny (obiloviny)		dobré	61	70	77	80
		nedokonalé	65	76	84	88
		dobré	63	75	83	87
		nedokonalé	64	75	83	86
		dobré	60	72	80	84
		nedokonalé	63	74	82	85
		dobré	61	73	81	84
		nedokonalé	62	73	81	84
		dobré	60	72	80	83
		nedokonalé	61	72	79	82
		dobré	59	70	78	81
		nedokonalé	60	71	78	81
hustě seté luštěniny nebo traviny v rotaci osevního postupu		dobré	58	69	77	80
		nedokonalé	66	77	85	89
		dobré	58	72	81	85
		nedokonalé	64	75	83	85
		dobré	55	69	78	83
		nedokonalé	63	73	80	83
	dobré	51	67	76	80	
C/ další zemědělské plochy						
pastviny, trávníky, vymezené plochy pro kontinuální pastvu 3)						
		nedokonalé	68	79	86	89
		průměrné	49	69	79	84
		dobré	39	61	74	80
louky = travní porosty chráněné proti pastvě, sečeny na seno		-	30	58	71	78
	křoviny = křoviny-plevele-tráva, kde křoviny jsou dominantní	nedokonalé	48	67	77	83
		průměrné	35	56	70	77
		dobré	30	48	65	73
lesně-zemědělské kombinace (sady nebo farmy na dřevě)		nedokonalé	57	73	82	86
		průměrné	43	65	76	82
		dobré	32	58	72	79
lesy 4)		nedokonalé	45	66	77	83
		průměrné	36	60	73	79
		dobré	30	55	70	77
		-	59	74	82	86
D/aridní a semiaridní plochy						
bylinný kryt - mix travin, plevelů, a nízko rostoucích křovin (mínimum)						
		nedokonalé	80	78	93	
		průměrné	71	81	89	
		dobré	62	74	85	
dubo-osikové plochy - horské křovinaté mixy s dubem, osikou, javory		nedokonalé	66	74	79	
		průměrné	48	57	63	
		dobré	30	41	48	
jalovcové porosty		nedokonalé	75	85	89	
		průměrné	58	73	80	
		dobré	41	61	71	
pelyněk s travním podrostem		nedokonalé	67	80	85	
		průměrné	51	63	70	
		dobré	35	47	55	
pouštní křoviny - hl. kaktusy apod.		nedokonalé	63	77	85	88
		průměrné	55	72	81	86
		dobré	49	68	79	84

jehličnatý B	1-dobry	pod 40	+ 6	64	smišeny B	1-dobry	pod 40	+ 6	61	listnatý B	1-dobry	pod 40	+ 6	58
+ 3	55	nad 40	0	58	0	55	nad 40	0	55	-3	55	nad 40	0	52
	2-špatny	pod 40	+ 6	75		2-špatny	pod 40	+ 6	72		2-špatny	pod 40	+ 6	69
jehličnatý C	66	nad 40	0	69	smišeny C	66	nad 40	0	66	listnatý C	66	nad 40	0	63
	1-dobry	pod 40	+3	76		1-dobry	pod 40	+3	73		1-dobry	pod 40	+3	70
+ 3	70	nad 40	0	70	0	70	nad 40	0	70	-3	70	nad 40	0	67
	2-špatny	pod 40	+3	83		2-špatny	pod 40	+3	80		2-špatny	pod 40	+3	77
jehličnatý D	77	nad 40	0	80	smišeny D	77	nad 40	0	77	listnatý D	77	nad 40	0	74
	1-dobry	pod 40	+3	83		1-dobry	pod 40	+3	80		1-dobry	pod 40	+3	77
+ 3	77	nad 40	0	80	0	77	nad 40	0	77	-3	77	nad 40	0	74
	2-špatny	pod 40	+3	89		2-špatny	pod 40	+3	86		2-špatny	pod 40	+3	83
	83	nad 40	0	86		83	nad 40	0	83		83	nad 40	0	80