

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

Zemědělská fakulta

Katedra krajinného plánování

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Vyhodnocení povodňových průtoků na povodí Jenín

Vedoucí diplomové práce

Ing. Pavel Ondr, CSc.

Vypracovala

Lucie Lehovcová

2010

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra pozemkových úprav

Akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Lucie LEHOVCOVÁ

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Název tématu: Vyhodnocení povodňových průtoků na povodí Jenín.

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je vyhodnocení vlivu srážek a jarního tání na průtokové poměry drenážních systémů v lokalitě Jenín.

Provést terénní šetření funkčnosti jednotlivých drenážních skupin ve sledované lokalitě.

Vyhodnocení kvantitativních a kvalitativních ukazatelů srážkových úhrnů.

Vyhodnocení chodu srážek ve vztahu k průtokům na uzávěru povodí.

Stanovit kritické období z hlediska jarního tání.

Posoudit sezonní kolísání průtoků na uzávěru povodí.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Jůva, K., a kol.: Odvodňování zemědělské půdy, SZN Praha, 1987

Kutílek, M.: Vodohospodářská pedologie, SNTL, Praha, 1978

Gergel, J. a kol.: Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocení kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí. Metodika 12/1994, VÚMOP, Praha, 1994

Kemel, M.: Hydrologie. ČVUT Praha, Praha, 1994

Časopis Soil and water.

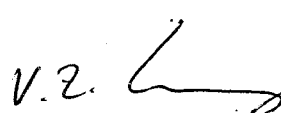
Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Ondr, CSc.

Katedra pozemkových úprav

Datum zadání diplomové práce: 25. března 2008

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2010

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení ④  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Tomáš Kutílek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. března 2008

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma Vyhodnocení povodňových průtoků v povodí Jenín vypracovala samostatně s použitím literatury a pramenů uvedených v seznamu citované literatury.

V Českých Budějovicích 20.4.2010

Lucie Lehovcová

## Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Ondrovi, CSc. za odborné vedení, rady a náležitě připomínky.

Dále bych pak chtěla poděkovat svému příteli Miroslavu Šveci za pomoc při získávání měřených dat.

# OBSAH

<b>1. Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Literární přehled.....</b>	<b>10</b>
2.1. Voda.....	11
2.1.1. Oběh vody na Zemi.....	12
2.1.2. Malý a velký oběh vody na Zemi .....	13
2.1.3. Kategorie vod .....	13
2.1.4. Rozdělení vody na Zemi .....	13
2.2. Hydrologický režim .....	15
2.2.1. Vodní bilance .....	15
2.2.2. Bilanční rovnice .....	16
2.2.3. Hlavní hydrologické míry a jednotky .....	16
2.3. Povodí .....	17
2.3.1. Základní geofyzikální vlastnosti povodí .....	17
2.3.2. Říční síť v povodí .....	20
2.3.3. Identifikace povodí .....	20
2.4. Srážky .....	21
2.4.1. Charakteristiky dešťových srážek .....	22
2.4.2. Déšť .....	22
2.4.3. Měření srážek .....	23
2.5. Průtoky .....	25
2.5.1. Časové změny průtoků .....	26
2.5.2. Měření průtoků .....	28
2.5.3. Extrémní průtoky .....	29
2.6. Odtok .....	30
2.6.1. Extrémy povrchového odtoku .....	33
2.6.2. Měření povrchového odtoku .....	33
2.7. Povodně .....	34
2.7.1. Druhy povodní .....	36
2.7.2. Měření rychlosti povodňového průtoky .....	40
2.7.3. Metody měření .....	41
2.8. Protipovodňová opatření .....	41
2.8.1. Realizace protipovodňové ochrany v malém povodí .....	42
<b>3. Charakteristika zkoumaného území .....</b>	<b>43</b>
3.1. Popis území .....	43
<b>4. Cíl a metodika diplomové práce .....</b>	<b>54</b>

<b>5. Výsledky .....</b>	<b>56</b>
5.1. Terénní šetření funkčnosti jednotlivých drenážních skupin.....	56
5.2. Vyhodnocení kvantitativních ukazatelů srážkových úhrnů .....	58
5.3. Vyhodnocení chodu srážek ve vztahu k průtokům na uzávěru povodí..	60
5.3.1. Listopad 2008, Prosinec 2008 (1.11.2008- 31.12.2008).....	61
5.3.2. Leden 2009, Únor 2009 (1.1.2009- 28.2.2009).....	63
5.3.3. Březen 2009, Duben 2009 ( 1.3.2009 -30.4.2009).....	64
5.3.4. Květen 2009, Červen 2009 ( 1.5.2009 -30.6.2009).....	66
5.3.5. Červenec 2009, Srpen 2009 ( 1.7.2009-31.8.2009).....	67
5.3.6. Zářít 2009, Říjen 2009 (1.9.2009 -31.10.2009).....	69
5.4. Stanovení kritického období z hlediska jarního tání.....	70
5.5. Posouzení sezónního kolísání průtoků na uzávěru povodí.....	71
<b>6. Závěr .....</b>	<b>73</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>74</b>
<b>8. Přílohy .....</b>	<b>77</b>

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení povodňových průtoků na povodí Jenínského potoka. Součástí práce je popis území, který jsem vyhotovila z pohledu geomorfologického, geologického, pedologického, hydrologického, zemědělsko-přírodního, klimatického a biotického. Pro vyhodnocení povodňových průtoků jsem použila data pro hydrologický rok 2009, která jsem získala z Thomsonova přepadu, kde jsou nainstalovány měřiče. V první části diplomové práce jsem provedla terénní šetření funkčnosti jednotlivých drenážních skupin. Výsledkem jsou data, která zaznamenávají funkčnost šachtic. V další části jsem se zabývala vyhodnocením kvantitativních ukazatelů srážkových úhrnů, chodem srážek ve vztahu k průtokům na uzávěru povodí a stanovením kritického období z hlediska jarního tání.

Klíčová slova: Hydrologický režim, Povodí, Srážky, Průtok, Povodňové události

## **Abstract**

The aim of this thesis is to evaluate flood flows in the basin Jenín stream. Part of this work is the description of the territory that I prepare from the perspective of the geomorphological, geological, pedological, hydrological, agro-natural, climatic and biotic. For flood flows, I used data for the hydrological year 2009 that I acquired from Thomson weir, where meters are installed. In the first part of this thesis, I conducted field research the functionality of the drainage group. The result is data that recorded performance shafts. In the next section I dealt with the evaluation of quantitative indicators of precipitation, precipitation operation in relation to catchment flows on the cap and providing a critical period in terms of the spring thaw.

Keywords: Hydrological regime, Basin, Rainfall, Flow, Flood events



# 1 Úvod

Voda je důležitá pro život člověka, věta: „Bez vody není života“ je jednoduchou poučkou z učebnic pro základní školy. Vystihuje sice podstatu, ale vztah člověka k vodě v krajině nebývá zdaleka tak přímočarý a jednoznačný.

Zhruba od konce 19. století začal člověk velkoplošně odvádět vodu z krajiny, nejprve v rámci protipovodňových opatření, později také pro rozšíření plochy zemědělské půdy, v posledním období meliorací v 70. a 80. letech 20. století pak rozumné důvody dokonce mnohdy chyběly. Řeky byly regulovány, koryta toků byla napřímena a prohloubena - zvýšila se jejich kapacita a zrychlil odtok. Podmáčené louky byly odvodněny. Krajina se vysušila a nastaly vhodné podmínky pro rozvoj kulturní stepi.

Jenže pomalu začalo být zřejmé, že ta zdánlivě přebytečná voda tu přece jen měla svůj význam. Malý vodní oběh, kdy je voda zadržena v krajině v přirozených zásobnících (například v lesích, mokřadech, meandrujících tocích), se v daném místě odpařila a ve formě srážek opět spadla na stejném místě, byl nahrazen velkým oběhem, kdy jsou vodní srážky odvedeny pryč rychleji, než se stačí odpařit. Odtékající voda s sebou mnohdy odnáší i půdu, a to je nenahraditelná ztráta. Lužní lesy a jiné mokřadní ekosystémy s úbytkem vody degradují. Bezvodá krajina se rychleji prohřeje, začne docházet k rychlejším zvrátům počasí a snad právě zde lze hledat příčinu častějších a výraznějších klimatických extrémů.

Člověk by se měl zamyslet nad tím jak s vodou v krajině nakládá, naučit se správnému hospodaření, tak aby voda a její zdroje zůstaly čisté.

Každý kus krajiny podléhá změnám. Tyto změny však nejsou patrné okamžitě, ale až po delší době. Jejich působení není vlastně nikdy uzavřené a krajina jim podléhá neustále. V kulturní krajině k nim přistupuje se svou činností člověk, který se postupně stává rozhodujícím, hlavním a nejdynamičtějším krajino tvorným činitelem. Antropogenní činnost probíhá ve srovnání s většinou přírodních procesů velmi rychle. Z tohoto důvodu vznikají v některých oblastech výzkumy, které se zabývají například vlivem zemědělské činnosti na krajinu. Tím nám vznikají souhrnné komplexní informace a pohledy na daný problém.

Jednou z těchto výzkumných oblastí je i lokalita Jenínského potoka. Jedná se o povodí malého rozsahu. Dříve zde byly prováděny výzkumy pro VÚMOP v Praze a v posledních letech toto povodí převzala Zemědělská fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích. V této lokalitě dochází především ke sledování vlivu zemědělské činnosti na krajinu. Dále se zde sleduje vliv lidské činnosti na průtoky, na vodní režim krajiny, její retenční schopnost a v konečné fázi jaký dopad mají tyto faktory na celé sledované povodí. Posledním zkoumaným faktorem je kvalita vody před a po provedeném odvodnění.

Mou prací bych chtěla k některým výzkumům přispět, nejvíce pak v oblasti, týkající se průtoků ve sledované lokalitě. Doufám, že tato práce bude přínosem a napomůže k dalšímu výzkumu na tomto povodí.

## 2 Literární přehled

### 2.1 Voda

Voda tvoří jednu z chemicky nejjednodušších sloučenin ve vesmíru- obsahuje dva atomy vodíku a jeden atom kyslíku. Představuje zároveň jednu z nejméně předvídatelných a nejsložitěji se chovajících sloučenin. (Cílek, Kopp, Šamalová, 2006)

Voda je obsažena ve všech přírodních hmotách, jak v minerálech, horninách, tak v živé hmotě. Jako jedna z mála hmot na Zemi se vyskytuje ve všech fyzikálních skupenstvích- v plynném, kapalném i pevném a ve svém souhrnu tvoří vodní obal Země, nazývaný hydrosféra, která spolu s aerosférou- vzdušným obalem, a litosférou- pevnou kůrou, představuje základní obaly čili sféry Země. (Krešl, 2001)

Na vodu se obvykle pohlíží ze dvou základních hledisek, a to jednak jako na vodu biologickou, jež je stavební součástí živých organismů a jejich fyziologicko-energetických procesů, jednak jako na vodu technickou, či lépe řečeno technologickou, pokud jde o formu hospodářského a sociálního využití. (Vaníček, 1979)

Voda patří k nejvýznamnějším složkám životního prostředí všech organismů, včetně člověka. Její dostatek, jakost a čistota určují vývoj nejen jednotlivých organismů a populací, ale i celých ekosystémů a jejich soustav, kterými je každý krajinný celek. (Zachar, 1977)

Voda je tedy základní složkou přírodního a životního prostředí. Stále zřetelněji se ukazuje, že vodu, její povrchové a podzemní zdroje lze chápat jako významnou součást přírodního bohatství státu. Dostatečné množství dobré vody je nezbytným předpokladem zachování života na Zemi, předpokladem dalšího rozvoje lidské společnosti. Voda je pro člověka nezbytnou surovinou a potravinou, je zdrojem energie, při dostatečných hloubkách v řekách, jezerech, nádržích atd., poskytuje možnost vodní dopravy. (Kemel, 1996)

Voda se účastní v organickém i anorganickém světě mnoha reakcí. Oběh vody v přírodě propojuje geochemické a biochemické cykly. (Cílek, Kopp, Šamalová, 2006)

Voda je v krajině a tudíž i v zemědělském ekosystému prakticky všude přítomná. Ve směru hydraulického spádu prostupuje půdním a horninovým prostředím, doslova omývá i nejjemnější půdní substance organického a minerálního původu, proniká zdánlivě nepropustným horninovým podložím a zprostředkovává vzájemné kontakty a výměnu energetických toků mezi živými a neživými organickými a anorganickými procesy, probíhající v prostoru a čase v dané části území nebo povodí. (Gergel 1994)

### **2.1.1. Oběh vody na Zemi**

Voda v přírodě se vyznačuje i při svých velkých hmotách výjimečnou pohyblivostí, je v neustálém pohybu, jednak se přemísťují vodní masy ve stavu kapalném (i pevném) z výše položených míst do nižších působením zemské tíže, jednak vlivem sluneční energie přecházející ze skupenství tuhého (sublimace) a kapalného (vypařování) v plynné. Tento neustálý pohyb vody v přírodě se nazývá oběh vody na Zemi. Toho se účastní jen 0,4% hydrosféry. (Krešl, 2001)

Oběh vody zajišťuje fungování klimatického systému Země. Průměrný roční pohyb vody, vodní páry a ledu představuje největší přesun jedné chemické sloučeniny v rámci celého zemského systému. Hnacím motorem je sluneční energie, která umožňuje výpar vody ze zemského povrchu do atmosféry. Voda tak získává potřebnou polohovou energii ke svému oběhu od atmosférických srážek přes odtok z pevniny zpět do oceánu. (Janský, Kopp, Cílek, Hladný, 2006)

Země vyniká mezi planetami sluneční soustavy výskytem vody ve velkém množství a v mnoha podobách. Jak jsme se již zmínila voda se nachází v různých formách a skupenstvích na zemském povrchu, pod povrchem v půdě i v zemské kůře a také v atmosféře, především v troposférické vrstvě do průměrné výšky 11 km.

I když je objem hydrosféry nepředstavitelný - 1392 milionů km<sup>3</sup> vody, přesto se na objemu zemské kůle podílí pouhou tisícinou. (Janský, Kopp, Cílek, Hladný, 2006)

Základním zdrojem a recipientem vody na Zemi je světový oceán, který zaujímá asi 71% zemského povrchu. Z toho ve světovém oceánu je 98,5% celkové hydrosféry. (Krešl, 2001)

Mezi světovým oceánem a pevninou dochází k neustálé výměně vody. Z oceánů a moří se voda vypařuje a atmosférou se dostává jako vodní pára nad pevniny, kde kondenzuje a padá jako srážky. Z pevniny odtéká část srážek řekami a podzemní cestou zpět do moří a oceánů. Ta část pevniny na níž se tento odtok děje se nazývá odtokovou oblastí a ta část, na níž sice odtok probíhá, avšak nekončí v oceánech a mořích, je bezodtoká oblast, na níž řeky ústí do bezodtokových jezer nebo bažin. (Netopil, 1990)

### **2.1.2. Malý a velký oběh vody na Zemi**

Účinkem slunečního záření a jeho přeměnou na teplo se voda s povrchu oceánů a moří vypařuje, z čehož velká část spadne opět jako srážky na jejich povrch a uzavírá takzvaný malý oběh.

Z prostoru nad oceány a moří se vzdušnými proudy přenáší nad pevninu asi 36tisíc km<sup>3</sup> vody za rok jako vodní páry. Nad pevninou vodní pára za příznivých podmínek kondensuje a spadne jako srážky. Ty se z části vsakují do půdy a hornin, v nichž tvoří podzemní vody, zčásti odtékají jako povrchovými toky a zčásti se vypařují opět do atmosféry. Ačkoliv je proces výměny vody mezi povrchem pevniny a atmosférou složitý a mnohokrát se opakuje, přece jen se voda, donesená nad pevninu ve své prvotní podobě vodních par, opět vrací do oceánů a moří a uzavírá tak velký oběh. (Netopil, 1990)

### **2.1.3. Kategorie vod**

Vodu lze dělit podle řady hledisek (podle výskytu, podle jakosti, podle použití..) Současně platná zákonná úprava o vodách dělí vody podle výskytu v přirozeném stavu a to na:

- vody povrchové
- vody podzemní
- vody zvláštní

Vodami povrchovými se rozumějí vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Z hlediska vodních zdrojů jsou jimi v podstatě vody ve vodních tocích, tj. vody trvale tekoucí po zemském povrchu. Povrchové vody jsou z hlediska kapacity vodních zásob rozhodujícími vodními zdroji, neboť několikanásobně překračují kapacitu zdrojů podzemních vod.

Podzemní vody definuje vodní zákonodárství jako vody v zemských dutinách zvodnělých vrstvách zemských. Podzemními vodami nejsou vody vázané půdou, tj. vody hydroskopické v pórech zemin.

Zvláštními vodami jsou například léčivé přírodní vody, které příznivě působí na lidské zdraví, minerální stolní vody nebo důlní vody, což jsou vody které vnikly do důlních prostorů hlubinných nebo povrchových.

Vody povrchové a podzemní tvoří jediný celek (vodní fond) který je třeba též komplexně hodnotit, avšak současně nutno rozlišovat a hodnotit obě uvedené kategorie vod zvlášť.

(Šilař, 1985)

### **2.1.4. Rozdělení vody na Zemi**

Souhrn vody na zemi nazýváme hydrosférou a její objem pokládáme prakticky za stálý. Celkový objem se odhaduje na  $1,33 \cdot 10^9 \text{ km}^3$ . Světová moře a oceány zauímají plochu 70,5% zemského povrchu a je v nich obsaženo asi  $1,3 \cdot 10^9 \text{ km}^3$  vody. Z celkového množství vody na zemi připadá na vodu pevniny a vodu v atmosféře jen nepatrná část kolem 1%. V jezerech je asi  $0,75 \cdot 10^6 \text{ km}^3$  vody a v řekách  $1,2 \cdot 10^4 \text{ km}^3$ . (Jandora, Stara, Starý, 2002)

Množství vody na Zemi je rozděleno velmi nerovnoměrně jak v prostoru, tak v čase. Proto vznikají v mnoha regionech problémy s jejím nedostatkem. V České Republice připadá na každého obyvatele ročně asi 1 450 m<sup>3</sup> vody. Toto množství je schopna příroda prostřednictvím oběhu vody regenerovat. Patříme tedy k oblastem s mírně podprůměrným vodním bohatstvím. Podobně je na tom Polsko, o něco hůře Německo či Maďarsko.

(Janský, Kopp, Cílek, Hladný, 2006)

Voda nejen slouží. V období jejích nadbytku, za povodňových situací vzniklých po velkých deštích nebo táním sněhu je velmi nebezpečná- je schopna během velmi krátké doby svým dynamickým účinkem zničit výsledky práce mnohdy celých generací. Nejen nadbytek ale i nedostatek vody přináší národnímu hospodářství značné škody.(Kemel, 1996)

Řeky, potoky a říčky jsou důležité koridory pro pohyb, migrace a šíření vodních organismů, jakož i pro šíření a odnos semen a vegetativní rozmnožování pobřežních rostlin. Vztahy mezi režimem toku, morfologií toku, fenologií a ukládáním semen mohou být hodnoceny pomocí mnoha způsobů, kde jedním z nich jsou experimentální žlaby. Tyto žlaby mají geomorfologické vlastnosti společné pro celou řadu toků, jsou 1,8 m široké a 20 m dlouhé. Pomocí tří hydrologických režimů (jeden přírodní a dvou typických pro přehradu) byly prováděny pokusy, pomocí kódovaných barevných semen břízy (*Betula fontinalis*), kde tyto semena byly vypouštěny každých deset minut. Zkoumal se prostorový model ukládání semen podél potoka v porovnání s působení individuálních nebo kombinovaných účinků na režim toku, říční funkce a vzhledem k načasování vypuštění semen. (Merritt, Wohl, 2002)

## **2.2. Hydrologický režim**

Souhrn charakteristických změn stavu vodních objektů v čase se obvykle označuje jako režim vod nebo hydrologický režim. Projevuje se dlouhodobými ročními, sezónními i denními výkyvy vodních stavů, průtoků, ledových jevů, teploty vody, změnami množství splavenin, změnami tvaru a průběhu říčního koryta apod. ( Netopil, 1969)

Základní hydrologickou oblastí, ve které lze vyjádřit koloběh vody v číslech je povodí. Je to území po hydrologické stránce uzavřené, to znamená, že do něho není povrchový ani podzemní přítok vody a všechny srážky, které spadnou na jeho povrch odtékají hlavním tokem. ( Němec, 1964)

Kemel (1996) uvádí, že jde o území, vztažené k určitému profilu na toku, omezené rozvodnicí, tj. čarou ( určenou nejlépe z vrstevnicových map vhodného měřítko), probíhající po obvodových nejvyšších místech, úbočích, vrcholech, hřebenech a sedlech horstev tak, že odděluje sousedící povodí. Rozvodnice orografická, určená z vrstevnicových map se nemusí shodovat s rozvodnicí hydrogeologickou, která je dána geologickým složením a průběhem nepropustných vrstev pod povrchem terénu. U velkých povodí jsou rozdíly mezi oběma rozvodnicemi zpravidla malé, takže je můžeme zanedbat. U povodí malých by však chyba v ploše mohla být výrazná, proto musíme na základě podrobnějšího hydrologického průzkumu určit skutečnosti odpovídající infiltrační oblast.

### **2.2.1. Vodní bilance**

Vodní bilance sestává z hydrologické bilance a vodohospodářské bilance. Hydrologická bilance porovnává přírůstky a úbytky vody a změny vodních zásob povodí, území nebo vodního útvaru za daný časový interval. Vodohospodářská bilance porovnává požadavky na odběry povrchové a podzemní vody a vypouštění odpadních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hledisek množství a jakosti vody a jejich ekologického stavu. (Vodní zákon)



### **2.2.2. Bilanční rovnice**

Vztah mezi úhrnem srážek spadlých, úhrnem výparu a úhrnem odtoku je možno pro povodí vyjádřit jednoduchou ale velmi důležitou relací, tzv. základní bilanční rovnicí:

$$H_s = H_o + H_v + (Z_k - Z_p)$$

Kde  $H_s$ - množství srážek vypadlé na povodí

$H_o$ - množství vody oteklé uzavírajícím profilem povodí

$H_v$ - množství vody odpařené z povrchu povodí

$Z_p$ - zásoba vody v dané oblasti na počátku

$Z_k$ - zásoba vody v dané oblasti na konci uvažovaného období

(Jandora, Stara, Starý, 2002)

Velmi důležité je, aby se všechny členy rovnice braly ze stejného časového období. Základní bilanční hydrologické období je hydrologický rok: tento rok začíná 1. listopadu předešlého roku a končí 31. října běžného kalendářního roku, je stanoven tak aby všechny srážky v něm spadlé (tedy i sníh a led) v něm také otekly. Bilanční rovnice je základem všech hydrologických výpočtů.

(Němec, 1964)

### **2.2.3. Hlavní hydrologické míry a jednotky**

Objem vody se v hydrologii měří v  $[m^3]$  nebo v  $[l]$  (výjimečně  $[km^3]$ )

V zemědělské, lesnické a vodohospodářské praxi se často uvažuje objem vody rozprostřený (spadlý) na určitou plochu, tj. buď na  $[km^2]$  nebo  $[ha]$ .  $1 m^3$  rozprostřený na plochu  $1 ha$  vytvoří výšku  $0,1 mm$ , takže  $1 mm = 10 m^3/ha$  nebo  $1000 m^3/km$ .

Měření množství vody výškou vrstvy vody v  $[mm]$  se používá při stanovení srážek, plošných odtoků a výparu. Průtoky se měří v  $[l/s]$  nebo  $[m^3/s]$

Výška dešťových srážek spadlých za jednotku času (intenzita deště) se udává v  $[mm/min]$  nebo jako vydatnost  $[l/s/ha]$ , když platí  $1 mm/min = 166,67 l/s/ha$

(Jandora, Stara, Starý, 2002)

## **2.3. Povodí**

Hydrologické úlohy řešíme pro oblasti zemského povrchu, z nichž srážková voda stéká do určitého profilu na vodním toku a pro něž lze kvantitativně vyjádřit složky vodní bilance. Takové území nazýváme povodím a čáru, která je ohraničuje, rozvodnicí. Povodím tedy rozumíme vždy plochu území příslušející k určitému profilu vodního toku. Bez bližší specifikace profilu je povodím chápána celá plocha až po ústí daného toku do toku vyššího řádu.

( Tok I. Řádu ústí do moře, tok II. řádu ústí do toku I. řáda atd..) ( Krešl, 2001)

Rozlišení pojmů podle Hrádka, Kuříka (2001)

**uzavírající profil povodí** – nejnižší místo povodí ve kterém sledujeme veškeré odtoky z povodí

**mezipovodí** - plocha mezi dvěma uzavírajícími profily na toku

**údolnice** - spojnice geodeticky nejnižších míst v příčných údolních profilech

Ve svých učebních textech rozeznává Bezdíček (1966) povodí orografické, když rozvodnice je vedena po povrchu území a povodí (po horských vrcholcích, hřebenech nebo na jiných vysokých útvarech) a povodí hydrologické, když rozvodnice je vedena po nejvyšších místech nepropustného podloží.

Podzemní povodí se od povrchového odchyluje zpravidla jen nepatrně, ale ne vždy je možno rozdíel mezi plochou povrchového (orografického) povodí a podzemního (hydrologického) povodí zanedbat. Vzniká tak nutnost pracovat se skutečným- hydrologickým povodím, které je sběrnou oblastí celkového odtoku vody z povodí jehož vymezení může být značně problematické, zejména v oblastech vyskytujících se krasových jevů.

(Jandora, Stara, Starý, 2002)

### **2.3.1. Základní geofyzikální vlastnosti povodí**

O charakteru povodí, kvalitě jeho povrchu, tvaru pro vzájemné jejich porovnávání, popř.stanovení průběhu hydrologických jevů, jejich obecných

vztahů sloužících jako podklady při řešení praktických úloh inženýrské hydrologie, rozhodují geofyzikální poměry, do nichž zahrnujeme:

1. geometrické vlastnosti povodí
2. fyzicko-geografické vlastnosti povodí
3. uspořádání a hustotu říční sítě (Krešl, 2001)

Mezi geometrické vlastnosti povodí patří plocha povodí (velikost) a tvar. Plochu malého povodí měříme v ha, velkého pak v km<sup>2</sup>.

Velikost povodí nemá sice podstatný vliv na průměrné dlouhodobé hodnoty odtoku, avšak je velmi důležitá pro povodňové průtoky a rozdělení průtoků v roce. Čím menší je povodí, tím větší je povodňový odtok z jednotky plochy (maximální specifický odtok) a tím nerovnoměrněji je rozdělen odtok během roku. (Němec, 1964)

Dále je rozhodující tvar povodí, který může být okrouhlý ( vějířovitý), podlouhlý nebo nepravidelný. Okrouhlý tvar povodí přivádí vodu při srážce téměř současně do nejnižšího místa povodí, takže výsledný průtok ve sběrném toku bývá přibližně roven součtu všech přítoků. To má velký význam pro malá povodí zasažená přívalovým deštěm o velké intenzitě, neboť při soutoku se vytvoří strmě stoupající povodňová vlna.

U podlouhlého povodí stačí voda z poloviny povodí odtéci k měrnému profilu dříve, než dostihne voda spadlá u rozvodnice střed povodí, odkud mezitím voda odtekla a dostihla dolní část povodí. Povodně proto bývají u těchto povodí méně strmé, jsou značně nižšího kulminačního průtoky, zato však déle trvají.

(Bezdiček, 1966)

Reliéf a spády hlavního toku a svahů povodí mají značný vliv jak na průměrné, tak i na extrémní charakteristiky průtoků. Čím členitější je reliéf a čím větší jsou spády, tím větší bude povrchový odtok na vrub odtoku podpovrchovému, takže bude rozložen nerovnoměrně. Maximální specifický odtok bude tedy vyšší.

(Němec, 1964)

Krešl (2001) ve své publikaci uvádí fyzicko-geografické vlastnosti povodí, mezi které patří zeměpisná poloha, která se udává zeměpisnými souřadnicemi. Mimo to polohu blíže specifikujeme přiřazením k charakteristickému geografickému celku (např. jižní Morava, jižní části Dražanské vysočiny..) a označení správní polohy která je určena názvem kraje, okresu a katastrálním územím na nichž se povodí rozkládá.

Dalšími vlastnostmi jsou:

- průměrná nadmořská výška povodí, kterou stanovíme jako aritmetický průměr nejnižší  $H_{min}$  a nejvyšší výšky  $H_{max}$  v povodí,
- průměrný sklon povodí tj. sklon plochy povodí,
- geometrické poměry
- pedologické poměry
- klimatické poměry zvláště pak popis srážkových, teplotních poměrů, vymezení přirozených klimatických oblastí
- vegetační poměry, charakterizujeme nejčastěji plošným podílem zastoupení lesů (Jandora, Stara, Starý, 2002)

Souhrn všech toků v určitém celkovém povodí tvoří říční síť. Tok, který vtéká do moře je tokem I.řádu. Příkladem může být Labě v Čechách. Do něj se vlévají toky II. řádu, jejich přítoky jsou pak toky III. řádu atd. Velký hlavní tok, který ústí do moře, je veletok. Obvyklé střední a větší toky nazýváme řekami. Horské potoky, které mají velký sklon, prudce se rozvodňují a silně vymílají koryto, nazýváme bystřinami.

Trasa říčního koryta nebývá přímočará, vine se v obloucích, které bývají protisměrné. Tato vlastnost toků se nazývá křivolakostí a označuje ji koeficientem křivolakosti. Celkové uspořádání říční sítě závisí na geologickém složení území. Typy říční sítě:

- asymetricky uspořádané
- stromovité
- vějířovité
- radiální
- pravouhlé ( Jandora, Stara, Starý, 2002)

### **2.3.2. Říční síť v povodí**

vodí tok - přírodní nebo umělý vodní útvar, ve kterém se soustřeďuje nebo odtéká voda buď trvale nebo po delší část roku trasy vodních toků - (bystřiny, potoky, řeky) probíhají v údolích, které se vytvořily tektonickou činností, nebo erozivní činností vody popř. ledovců umělé vodní toky - (náhony, průplavy, odpady),

rozdělujeme vodní toky: stálé, občasné, krasové, ponorné, podzemní

U vodního toku se zjišťuje: délka toku, absolutní spád toku, sklon toku, podélný profil toku (staničení, niveleta dna, hladina, levý a pravý břeh)

( Hrádek, Kuřík, 2001)

### **2.3.3. Identifikace povodí**

Každé povodí má identifikační číslo nazvané hydrologické pořadí nebo hydrologické číslo. Minimální velikost hydrologické jednotky mající vlastní číslo je alespoň 10 km<sup>2</sup>. Velmi malá povodí jsou součástí většího celku.

Číslo hydrologického pořadí slouží k identifikaci jednotlivých vodních toků podle příslušnosti povodí moři.

Osmimístné číslo je sestaveno do čtyř skupin (X-XX-XX-XXX):

1. jednomístné číslo určuje hlavní povodí (I. řadu), tj. povodí hlavního toku
2. dvoumístné číslo určuje dílčí povodí hlavního toku (II. řadu)
3. další dvoumístné číslo určuje základní povodí (III. řadu)
4. trojčíslí určuje povodí IV. řadu

Čísla hlavních povodí v Česku: Labe – 1, Odra – 2, Dunaj – 4

Čísla hlavních povodí na Slovensku: Visla – 3, Dunaj – 4

( Ředinová, Pavlásek, Máca, 2009)

## 2.4. Srážky

Podle místa vzniku dělíme srážky na atmosférické, které vznikají volně v atmosféře a horizontální vznikající na povrchu území, předmětů a rostlin.

Podle skupenství rozlišujeme:

- srážky kapalné - deště, mrholení, mlhu, rosu
- srážky tuhé - sníh, kroupy, námraza, jinovatka. (Strnadová, Janda, 1995)

Ochlazováním ovzduší stoupá jeho nasycenost vodními parami. Když teplota klesne pod teplotu rosného bodu, sráží se část obsažené páry kolem kondenzačních jader, což jsou ionizované částice prachu, kouře, pylu nebo i molekuly plynů. Vznikají nepatrné kapičky vody nebo sněhové vločky, které tvoří oblaka a mlhy. Za vhodných podmínek se zvětšují a padají k zemi jako ovzdušné srážky. ( Jandora, Stara, Starý, 2002)

**Kondenzace:** srážení, zkapalňování par

**Desublimace:** přeměna plynného skupenství přímo ve skupenství pevné (opak je sublimace).

**Kondenzační jádro:** malé částice zplodin hoření, půdní mikročástice, apod.

**Desublimační jádro:** drobné částice ve specifických tepelných podmínkách (teplota vzduchu menší než 12 °C) a vlhkostních podmínkách (výrazné přesycení vodní párou).

Atmosférické srážky vypadávají z **oblaků**, které tvoří kondenzáty (drobné kapičky vody o průměru 0,01-0,03 mm) nebo desublimáty (drobné krystalky ledu) ve formě aerosolu. Kondenzáty a desublimáty jsou v oblacích rozptýleny a vlivem proudění se stále pohybují. (Hrádek, Kuřík, 2001)

### 2.4.1. Charakteristiky dešťových srážek:

1. **Objem srážek** ( $S$ ), který představuje celkový objem vody ze srážek spadlý za uvažované období na danou plochu. Vyjadřuje se v  $m^3$ .
2. **Úhrn srážek** ( $H_S$ ) je výška vrstvy spadlých srážek vody za uvažované období (hodina, den, měsíc, vegetační období, rok) na daném místě. Vyjadřuje se v mm.
3. **Průměrná výška srážek** v povodí ( $H_S$ ) vyjadřuje průměrnou tloušťku vrstvy vody ze spadlých srážek na plochu povodí za uvažované časové období. Vyjadřuje se v mm.
4. **Doba trvání srážek** ( $t_d$ ) se měří obvykle jen u kapalných srážek a představuje dobu od začátku do ukončení srážky v hodinách.
5. **Intenzita deště** ( $i$ ) je úhrn deště za zvolenou časovou jednotku a vyjadřuje se v mm/min. (Strnadová, Janda, 1995)

### 2.4.2. Déšť

Je tvořen kapkami o velikosti 0,2-3 mm. Podle původu rozlišujeme :

déšť termický (konvekční) – vzniká při ochlazování výstupních vzdušných proudů, ohřátých od zemského povrchu krátká doba trvání, nejčastěji po denním teplotním maximu kdy byl vysoký výpar (vysoká intenzita, malá zasažená plocha)

déšť orografický (terénní) – vzniká při ochlazování vzdušných proudů usměrněných horským reliéfem do vyšších vrstev atmosféry (dlouhá doba trvání, nižší intenzita)

déšť frontální (regionální, cyklonální) – spjatý s tlakovou níží (cyklonou), stojí-li proti sobě dvě vzduchové hmoty o různých teplotách (atmosférická fronta). Na přední stranu cyklony se váže teplá fronta a na její zadní (týlovou) stranu studená fronta.

Podle úhrnu deště a příslušné doby trvání se deště dělí na deště normální (s nižší intenzitou a delší dobou trvání, na povodí nevyvolávají škodlivé následky,

srážková voda se vsakuje do půdy a příznivě ovlivňuje její vlhkost) a deště extrémní. ( Hrádek, Kuřík, 2001)

Extrémní deště podle Jandory, Stary, Starého ( 2002) jsou děleny podle trvání a intenzity na regionální a přívalové. Kde regionální deště jsou dlouhodobé deště s velkou rozlohou. Obvykle mívají menší intenzitu. Tyto deště způsobují povodně v rámci velkých povodí. Zatím co přívalové deště neboli lijáky jsou velmi vydatné krátkodobé deště, které zasahují poměrně malé plochy. Způsobují proto prudké rozvodnění malých toků a projevuje se při nich nejsilněji splavování ornice.

Srážky jsou velmi proměnlivé a to jak v čase tak i v prostoru. Studií, kterou se zabývali v Lisabonu například zjistili, jak pohyb bouře může ovlivňovat toky, že jsou rozdílné hodnoty vrcholového odtoku v momentu kdy jde bouře proti proudu a kdy jde bouře po směru proudění. ( Singh, 1998)

I v našich podmínkách jsou v průběhu roku srážky značně proměnlivé. Vydatné srážky se vyskytují především od začátku května do konce srpna. Pravděpodobnost, že do tajícího ledu vypadne vydatný déšť je velmi malá. (Just, 2005)

Výrazné dopady na společnost mají zejména extrémy atmosférických srážek, jejichž krajními projevy jsou na jedné straně období sucha a na druhé mimořádně vlhká období. Extrémně vysoké srážky koncentrované do kratšího období (hodiny až několik dnů) mohou být příčinou povodní, které způsobují v hustě zalidněné střední Evropě ztráty lidských životů a značné materiální škody. (Štěkl, Brázdil, 2001)

### **2.4.3. Měření srážek**

Pro sledování srážek je vytvořena srážkoměrná síť. Ta je tvořena jednotlivými srážkoměrnými stanicemi, které jsou vybaveny srážkoměry a dalším příslušenstvím. Srážkoměry měříme přímo velikost srážek.



Rozložení srážkoměrných stanic se určuje podle působení orografických a meteorologických činitelů. Proto se i hustota rozložení stanic mění. V horských oblastech jsou stanice budovány hustěji než v nížinách. Na území ČR připadá přibližně 1 stanice na 79 km<sup>2</sup>. Síť stanic je zřizována a provozována ČHMÚ, je vynesena do speciálních map a názvy stanic i se souřadnicemi jsou uvedeny v seznamu.

**Srážkoměr** (ombrometr) – je složen z kovové nádoby s nálevkou s vodorovnou záchytnou plochou 500 cm<sup>2</sup>. Horní okraj ombrometru je 1 m nad terénem. Z nálevky stéká voda do konvice o obsahu 2 l. Voda se slévá do srážkoměrného válce, který je kalibrován přímo v [mm] srážek s přesností na 0,1 mm. Srážky se měří vždy v 7,00 hod ráno a údaj se zapisuje k předcházejícímu dni. (Bumerl, 2003)

**Ombrograf** je přístroj, kterým můžeme získat obraz o časovém průběhu úhrnů dešťových srážek. Hlavním prvkem přístroje je plováková komora s plovákem a registrační zařízení. Jsou ukryty ve válcovém pouzdře, do něhož je zapuštěna nálevka o záchytné ploše 250 cm<sup>2</sup>. Plovák nese tyčinku s raménkem a registračním perem. Pohyb plováku se přenáší na ručičku s perem, které zaznamenává úhrn srážek barevným inkoustem na papírový pás. (Kemel, 1996)

**Totalizátor** se používá k měření srážkových úhrnů za delší časové období (měsíčně až ročně) na těžko dostupných místech. Totalizátor měří kapalné i pevné srážky. Množství vody v totalizátoru se měří objemově, vázkově nebo chemicky.

**Sněhové srážky** se měří pomocí sněhoměrné latě, umístěné na místě, které není ovlivňováno větrem. Výšku sněhové pokrývky měříme s přesností na 1 cm obvykle v 7,00 hod ráno. Pro měření výšky nově napadlého sněhu se používá destičky 30 x 30 cm, která je umístěna na výšce sněhové pokrývky. Nově napadlý sníh se měří na této destičce. Nově napadlý sníh se zachytí do měrné nádoby srážkoměru, nechá se roztát a změří se množství srážek v [mm]. (Bumerl, 2003)

## **2.5. Průtoky**

Pod průtokem v hydrologii rozumíme objem vody, který proteče daným průtočným průřezem za jednotku doby, tj. za sekundu. Značíme ho  $Q$  a vyjadřujeme obvykle v  $\text{m}^3/\text{s}$  nebo v  $\text{l/s}$ . Objem vody který proteče průtočným průřezem za dobu delší, např. jeden den, měsíc, rok apod., zveme proteklým množstvím a vyjadřujeme v  $\text{m}^3$ . Odtok vyjadřuje též objem vody odečtené z povodí. (Kemel, 1996)

Průtok vzrůstá úměrně se zvětšující se plochou, z níž srážková voda uvažovaného profilu odtéká v jednotlivých časových intervalech. Průtok dosáhne maxima v okamžiku, kdy do profilu doteče srážková voda z relativně nejvzdálenějšího místa, čili z celého povodí nad profilem. Doba, za kterou částice z takového místa doteče, se nazývá doba koncentrace, a je závislá na rychlosti vody, jakou voda stéká po terénu a na rychlosti, jakou voda proudí v korytě. Dobou doběhu či dotoku je doba, kterou potřebuje částice vody spadlá na určitém místě povodí, aby povrchově dotekla do uvažovaného profilu. Doba koncentrace je maximální dobou doběhu.

Průtok dosáhne maxima v okamžiku kdy do profilu doteče voda z celého povodí, a to je v době koncentrace. Jestliže je doba trvání deště a doba koncentrace shodná potom v této době dosáhne povodeň vrcholu. Pokud je doba trvání deště delší, nastává po době koncentrace fáze plného odtoku, kdy se na tvorbě kulminačního odtoku podílí celá plocha povodí. Když je doba trvání deště kratší než doba koncentrace, tak se na tvorbě maximálního průtoku nezúčastní celá plocha povodí, ale jen jeho část, tzv. účinná plocha povodí.

Malá povodí mají krátkou dobu koncentrace a pro vznik maximálního průtoku je rozhodující intenzita srážky. U velkých povodí je tomu naopak a pro vznik maximálního průtoku je rozhodující doba trvání deště. Povodně na nich vznikají za dlouhotrvajících dešťů. (Just, 2005)

Pod pojmem návrhové hydrologické charakteristiky rozumíme charakteristiky průtoků, které ČSN 75 1400 řadí mezi základní hydrologické údaje.

Jsou to:

- dlouhodobý průměrný průtok
- M-denní průtoky
- N-leté průtoky

(Procházka, Heřman, 1994)

Průtok dělíme na:

- **průtok přirozený:** průtok vody v toku s přirozeným hydrologickým režimem  
(neovlivněný např. vzdutím hladiny vlivem vodní stavby)
- **průtok ovlivněný:** průtok vody v toku s ovlivněným hydrologickým režimem
- **průtok setrvalý:** průtok, který se po delší dobu výrazně nemění
- **průtok nadlepšený:** průtok záměrně zvětšený nad hodnotu přirozeného průtoku, např. doplňováním vody do toku z nádrže
- **průtok průměrný:** aritmetický průměr všech odtoků za uvažované období  
(Hrádek, Kuřík, 2001)

Dlouhodobé pozorování vodních stavů a průtoků nevodočetných stanicích poskytuje obraz o vodnosti i o časovém rozdělení průtoku ve sledovaném profilu. Jeho typický průběh, variační rozpětí, sled suchých a vlhkých roků, pozorované extrémní hodnoty průtoku, charakteristická období výskytu povodní nebo naopak nízkých průtoků v různých ročních obdobích nebo i v jednotlivých měsících, to vše nazýváme obecně režimem vodních toků.  
(Jandora, Stara, Stary, 2002)

### 2.5.1. Časové změny průtoků

**průměrný denní průtok  $Q_d$  :** aritmetický průměr měřených průtoků během  
dne

**průměrný měsíční průtok  $Q_m$  :**

**průměrný sezónní průtok  $Q_{sez}$  :** (např. za vegetační období)

**průměrný roční průtok  $Q_r$  :**

**dlouhodobý průtok:** průměrný průtok v daném období za řadu let (Hrádek, Kuřík, 2001)

Příslušné průměrné průtoky seřazené chronologicky za sebe vytvářejí hydrologické řady. Ty jsou pak nositelkami všech dostupných informací pro další zpracování naměřených dat. Pro zpracování naměřených průtoků, a zejména pro odečet typických extrémních průtoků ( maximálních a minimálních) se používají pravděpodobnostní křivky. Jedná se o hustotu pravděpodobnosti, distribuční funkci a funkci pravděpodobnosti překročení. ( Jandora, Stara, Starý, 2002)

Jednou z nejdůležitějších čar užívaných v hydrologii a vodním hospodářství je čára překročení. Z ní můžeme odečíst, kolikrát byla určitá hodnota znaku v určitém období pozorování dosažena nebo překročena. ( Kemel, 1996)

**čára průtoků:** časové změny průtoků v určitém období (měsíc, hydrologický rok, ..) – spojitá čára nebo sloupcový diagram – vyhodnocujeme průměrné denní, měsíční, roční průtoky, extrémní hodnoty  $Q_{max}$ ,  $Q_{min}$ , plocha grafu určuje objem odtoku

**čára rozdělení četností výskytu (histogram):** závislost mezi hodnotami průtoků a absolutní četností výskytu (počtem výskytů) – průměrné denní průtoky se rozdělí do třídních intervalů a zjišťuje se počet výskytů v jednotlivých intervalech.

V histogramu se určuje:

**a) modus:** hodnota průtoku která se nejčastěji vyskytla za dané období

**b) čára překročení průtoků:** závislost mezi hodnotami průtoků a kumulativní četností, tj. počtem dosažení nebo překročení těchto hodnot za uvažované období.

Zpracovává se:

čára překročení průměrných denních průtoků: v daném roce z průměrných denních průtoků

čára překročení dlouhodobých průměrných denních průtoků: za dlouhodobé období, za řadu let (z průměrných dlouhodobých denních průtoků)

Z čáry překročení průtoků se určuje:

**1. aritmetický průměr**

**2. medián:** průměrný denní průtok, který je 50 % výskytu dosažen nebo překročen

**3. součtová čára průtoků:** sestavuje se z hodnot čáry průtoků

**M-denní průtok  $Q_{Md}$ :** průměrný denní průtok, dosažený nebo překročený po M dní ve zvoleném časovém období. Obvykle se za délku časového období volí hydrologický rok. Určuje se z čáry překročení průtoků. ( Hrádek, Kuřík, 2001)

### **2.5.2. Měření průtoků**

Na velmi malých tocích a zvláště na pramenech lze měřit průtok přímo měrnou nádobou o známém objemu. Po přepažení potoku stěnou a výřezem nebo po soustředění vody pramene do žlábků lze měrnou nádobu podsunout pod vodní paprsek a pomocí stopek odměřit dobu jejího plnění. ( Netopil, 1969)

Na větších tocích využíváme pro výpočet měřeného průtoků základní matematický vzorec.  $Q = S \cdot v$

Průřezovou rychlost  $v$  zjišťujeme :

- a) hydrometrickým měřením pomocí hydrometrické vrtule. Rychlost proudění je úměrná počtu otáček vrtule. Používáme vrtule zavěšené nebo tyčové. Měříme po pásech na svislicích (nejméně v 5-ti bodech pro základní měření a nejméně ve 3 bodech pro zkrácené měření) pro které počítáme průměrné rychlosti. Není-li možné provádět měření ve všech hloubkách, výjimečně jen po celé šířce hladiny a průměrnou průřezovou rychlost přepočítáváme podle vzorců. ( Hrádek, Kuřík, 2001)
- b) Měření rychlosti Pitotovou trubicí, tento způsob se používá v hydraulických laboratořích
- c) Bodové měření rychlosti s elektricky žhaveným drátem, kde drát o průměru 0,1mm žhavený z baterie se ponoří do vody v bodě v němž chceme měřit rychlost. Čím větší rychlost, tím více se drát ochlazuje.

- d) Hydraulický způsob měření průtoků, tam kde je dostatečná výška pro přeřadovou stěnu. Měří se přeřadová výška a to polohou hladiny nad jezem. Nejpoužívanější přeřady: Thomsonův přeřad, Poncetův přeřad, Venturiho řlab atd. . .
- e) Ultrazvukové průtokoměry ( Bezdíček, 1966)

### **2.5.3. Extrémní průtoky**

Maximální a minimální průtoky jsou jedny z nejdůležitějších charakteristik hydrologického režimu toku. Správným návrhem vodního díla je třeba zajistit jeho spolehlivou funkci jak v období maximálních, tak i minimálních průtoků. Mnohá opatření, jako např. výstavba nádrží, podélných ochranných hrází, úpravy toku zajišťující větší kapacitu koryta podobně mají zamezit nebo alespoň omezit škody, které vznikají v období vysokých průtoků či za povodní. ( Kemel, 1996)

Rozhodujícím faktorem pro vytváření maximálních průtoků v našich poměrech na malých povodích jsou přívalové deště. Extrémní průtoky vzniklé při tání sněhu jsou málo četné a u povodí malé plošné výměry nedosahují nebezpečných hodnot. Maximální průtok odpovídá vrcholnému ( kulminačnímu) průtoku při povodňové vlně, tedy při každé povodňové vlně se vyskytuje určitá hodnota maximálního průtoku. (Krešl, 2001)

Minimálním průtokem se z ekologického hlediska rozumí průtok potřebný na krytí potřeb v korytě i mimo něj, a také průtok, pod který by neměl stav hladiny klesnout a ohrozit tak existenci organismů. (Zacha, 1977)

Během minimálního průtoku mohou být také mnohé funkce toku výrazně narušeny, například může být omezena plavba, odběry vody pro závlahy apod. (Kemel, 1996)

Projevuje se v nich v největší míře znečištění toků, které se stává stále závažnější otázkou vodního hospodářství. Nejmenší průtoky vznikají v období, kdy na delší dobu přestává povrchový odtok, takže zásoby podzemní vody jsou

značně vyčerpány. Na horských tocích je to u nás na konci zimního období, kdy srážky zůstávají ležet v povodí ve formě sněhu, nejčastěji v únoru. Na nížinných tocích se projevují koncem suchého léta nebo na podzim, kdy bývají delší období beze srážek a kdy se menší srážka za poměrně vysokých teplot zcela vypaří. (Jandora, Stara, Starý, 2002)

## **2.6. Odtok**

Určování odtoků převážně maximálních z malých povodí je problém, kterým se zabývají hydrologové již od 19.století. Státní hydrologické služby na celém světě soustavně měří a na základě těchto měření odvozují na větších řekách průtoky od největších- při povodních po nejmenší- v době delšího sucha.

Pokud jde o malé toky a povodí, odvozování průtoků do začátku tohoto století spočívalo spíše na využití empirismu jednotlivých projektů. Různé regionální vzorce obsahovaly lehce měřitelné fyzikální vlastnosti povodí, prověřované statistickými metodami analogie či regrese.

Díky novým poznatkům z teorie procesu odtoku, počítačům a případně leteckým a jiným snímkům terénu se od empirických vzorců pokročilo k výpočtům odtoku z malých povodí matematickými modely.

Z ekonomického hlediska je nutno si uvědomit, že škody, které mohou nastat na malých tocích, hlavně v době povodní, jsou sice řádově menší, než způsobené škody na větších řekách, avšak četnost objektů na malých tocích je opět řádově o mnoho větší. (Hrádek, Kuřík, 2001)

Odtokem rozumíme celkové množství vody, které protéklo uvažovaným profilem toku za určitý časový úsek. Odtok vyjadřujeme v  $m^3$ , popř. jej přepočítáváme na celou plochu povodí, tj. vyjadřujeme jej výškou vrstvy vody která by se vytvořila při rovnoměrném rozprostření odteklého množství po ploše povodí. Tuto hodnotu nazýváme odtokovou výškou.

Průtok vody vztažený na jednotku plochy povodí k zájmovému profilu nazýváme měrným odtokem. (Krešl, 2001)

Podle času, za který se srážková voda dostane do povrchových toků, rozdělujeme odtok na přímý a základní.

**Přímý** odtok je ta část celkového odtoku vody, která se do povrchových toků dostává už v průběhu trvání deště a bezprostředně po jeho skončení. Přímý odtok je způsoben pouze nadbytkem vody v důsledku deště a je hlavní příčinou zvýšených průtoků, povodní, vodní eroze. Z praktických důvodů se za přímý odtok obvykle považuje jen povrchový odtok.

**Základní** odtok je ta část celkového odtoku vody, která se po skončení deště dostává do povrchových toků až po určité době a celkový odtok zásobuje i v období, kdy se v povodí srážky nevyskytují. ( Bumerl, 2003)

Můžeme tedy říci, že odtokové události v povodí jsou v těsné souvztažnosti s dešťovými srážkami. Dalším důležitým parametrem je také využití půdy. Pokud se jedná o půdu degradovanou nebo zemědělsky využívanou je velmi důležitý také povrchový odtok, při kterém dochází ke splachu půdy, v závislosti na intenzitě srážek. ( Leibundgut, Uhlenbrook, McDonnell, 2001)

Při intenzitě deště vyšší než je intenzita vsaku, popřípadě tání sněhu, stéká srážková voda nejprve v souvislé vrstvě jako plošný odtok (ron), až posléze se rozčleňuje erozními rýhami do stružek a jimi odtékají do bystřin, potoků, řek. Fáze odtoku vodních sítí se nazývá soustředný povrchový odtok. (Just, 2005)

Rozlišujeme:

- 1. odtok povrchový:** gravitační pohyb vody po svahu (plošný nebo hydrografickou mikrosítí) nebo soustředěný odtok říční sítí k uzavírajícímu profilu povodí.
- a) Fáze nasycování půdy - dochází k úplnému zadržení dešťové vody odtokovou plochou (probíhá infiltrace, intercepce, akumulace vody v povrchových depresích)
  - b) Fáze plošného (svahového ) odtoku -voda stéká ve slabé vrstvě, popř. v drobných stružkách ve směru největšího sklonu k uzavírajícímu profilu povodí.



Podle Hrádka (2001) je svahový odtok nejvýznamnějším procesem, ovlivňující odtok v údolnici na povodích drobných vodních toků s málo rozvinutou hydrografickou sítí. Pro řešení svahového odtoku se využívá hydrologicko-hydraulické závislosti, které lze nejjednodušeji odvodit pro idealizovanou elementární odtokovou plochu.

- c) Fáze soustředěného odtoku v říční síti - kromě povrchového odtoku se uplatňuje i odtok podpovrchový.

**2. odtok prosakující gravitační vody (hypodermický):** část infiltrovaných srážek, která se nepodílí na zvýšení půdní vlhkosti, v půdním profilu proudí nekapilární i póry k uzavírajícímu profilu povodí (prosakující gravitační voda nedosahuje hladina podzemní vody. představuje značnou část odtoku a většinou se tato složka zahrnuje pod pojem povrchový odtok.

**3. odtok podzemní vody (základní):** proud podzemní vody se pohybuje ve směru sklonu nepropustného podloží. Srážky které infiltrují k hladině podzemní vody se do hlavního toku dostávají opožděně.

**odtok přímý:** povrchový a hypodermický odtok

**odtok celkový:** povrchový, hypodermický a základní odtok

**odtok přirozený:** neovlivněný umělým zásahem

**odtok ovlivněný:** ovlivněný umělým zásahem

**odtok vyrovnaný:** přirozený nebo ovlivněný, který se během určitého období podstatně nemění

**odtok plošný (ron):** nesoustředěné stékání vody po povrchu povodí

**odtok soustředěný:** soustředěné odtékání vody v korytech toků

**odtok specifický q:** množství vody, které v průměru odeče z plošné jednotky povodí za sekundu [ $l/s/km^2$ ,  $m^3/s/km^2$ ]

( Kuřík, Hrádek, 2001)

### 2.6.1. Extrémy povrchového odtoku

**maximální průtok  $Q_{\max}$ :** největší (kulminační) průtok povodňové vlny v určitém období. (den, měsíc, rok, řada let)

**N-letý maximální průtok  $Q_{\max,N}$ :** největší (kulminační) průtok povodňové vlny, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru jednou za N let. ( $Q_1, Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{50}, Q_{100}$ )

**minimální průtok  $Q_{\min}$ :** nejmenší průměrný denní průtok v určeném období (den, měsíc, rok, řada let)

**N-letý minimální průtok  $Q_{\min,N}$ :** nejmenší průměrný denní průtok, který je dosažen nebo nedostoupen průměrně jednou za N let. (Hrádek, Kuřík, 2001)

### 2.6.2. Měření povrchové odtoku

Množství povrchově odtékající vody měříme přímo jen z malých plošek při studiu odtoku ve vztahu k jednotlivým činitelům. V běžných podmínkách praxe se odtok z povodí stanoví podle měření průtoků v určitých-vodoměrných profilech toků. Při sledování časového průběhu průtoků, z něhož se pak jeho integrací vypočte odtok za časový úsek, se vychází ze vzájemného vztahu mezi výškou vodní hladiny v korytě a průtokem. Tato závislost se vyjadřuje nejčastěji graficky tzv. měrnou nebo konzumční křivkou. Pro stanovení průtoků pak stačí měřit poměrně jednoduše výšky vodních hladin a průtoky při různých výškách, aby mohla být odvozena měrná křivka daného profilu. (Krešl, 2001)

Výšky vodní hladiny v toku nebo v nádrži nad nulou vodočtu se udávají v cm. Zjišťují se ve vodočetných a vodoměrných stanicích, které tvoří síť.

**Vodočet:** měřidlo jehož základem je vodočetná lať se stupnicí a dvoucentrimetrovým dělením. Zvláštním druhem jsou plovákové vodočty, jejichž stupnice je na kovovém nebo plátěném pásu. Speciální jsou vodočty maximo-minimální pro záznam extrémních poloh hladiny. Jiným druhem jsou rozdílové vodočty, používané na vodních dílech pro zjišťování spádu.

Podle uspořádání jsou vodočty: svislé (na svislé nábrežní zdi, mostním pilíři, pilotě, ..),

svahové (ve sklonu břehu),

dělené (na několika nosičích)

Vodní stavy se pozorují občas, nebo pravidelně jednou až třikrát denně.

**Limnigraf:** měřidlo pro plynulý záznam vodních stavů. Pohyb hladiny se přenáší mechanicky, pneumaticky nebo elektricky na pisátko a válec limnigrafu s registračním papírem (válec má svislou osu, nebo vodorovnou osu). Limnigrafy jsou umístěny v limnigrafických budkách. Existují limnigrafy s dálkovým přenosem dat. ( Hrádek, Kuřík, 2001)

## **2.7. Povodně**

Povodeň je výrazný přechodný vzestup hladiny toku, způsobený náhlým zvýšením průtoku nebo dočasným zmenšením koryta zejména při výskytu ledových jevů. (Meteorologický slovník výkladový a terminologický, 1993)

Jedná se tedy o zvýšení hladiny vody vodního toku nebo jiných povrchových vod, při kterém hrozí vylití vody z koryta nebo voda již zaplavuje území a může způsobit škody. Přírodní jevy způsobují povodeň zejména vydatnými dešťovými srážkami, táním sněhu nebo chodem ledu. ( Just, 2005)

Povodně představují mezi ostatními přírodními riziky, které se vyskytují na území České republiky, největší přímé nebezpečí. Vyskytují se jak v čase tak i v prostoru s různým stupněm extremit (tzn. dobou opakování velikosti kulminačního průtoku)

( Kakos, 2006)

Pro určení povodňového rizika je třeba porovnat dva pojmy – zranitelnost území a nebezpečí.

**Zranitelnost území** znamená citlivost využití pozemků na vlastnosti povodně. Závisí tedy jen na typu území a na společensky chápané míře rizika (dala by se přirovnat k dovolenému zatížení v mechanice). Ve zjednodušené

formě je to vlastně společensky zvolená míra ochrany před povodněmi ve formě návrhového průtoku  $Q_n$ . Povodně, které se v poslední dekádě vyskytly u nás, v Evropě i ve světě však vedou k tomu, že již nelze vystačit jen se společensky přijatelnou mírou četnosti výskytu povodňové špičky (návrhový průtok  $Q_n$  roven např.  $n$ -leté povodni  $Q_n = Q_{100}$ ). Pro zranitelnost území je také důležité, jakou dobu zaplavení snese bez významnějších škod majetek v inundačním území. Podobně i různý způsob využívání území snese různé „dovolené“ rychlosti vody. (Čamrová, Jílková, 2006)

Druhý faktor – **nebezpečí** – závisí výhradně na režimu proudění ve vodním toku při povodni, nezávisle na způsobu využívání záplavového území – závisí tedy na vlastnostech proudění jako je velikost průtoku, jeho reálného nebo předpokládaného trvání a četnosti výskytu, případně na dalších jeho vlastnostech (rychlostech, kvalitě vody, režimu splavenin, teplotě vody). (Čamrová, Jílková, 2006)

Velikost povodně se obvykle hodnotí podle velikosti jejího kulminačního průtoku (v  $m^3/s$ ), ve srovnání s  $N$ -letými maximálními průtoky platnými pro daný úsek toku. Tyto údaje vydává Český hydrometeorologický ústav na základě statistického zpracování dlouhodobých měření. ( ČHMÚ, 2002)

Především kulminační průtok rozhoduje v říční síti o škodách, které povodní vznikají, ale také o dimenzování vodohospodářských, dopravních a jiných staveb na tocích. ( Jandora, Stara, Stary, 2002)

Kulminační průtok je největší vrcholový průtok u průtokové vlny. Z hodnot kulminačních průtoků při jednotlivých povodních se pak stanovuje  $N$ -letý kulminační průtok, který je v uvažovaném profilu dosažen nebo překročen průměrně jednou za  $N$ -let. ( Brázdil, 2005)

Mluvíme potom o  $N$ -leté vodě: 1-leté, 2-leté, 5-leté nebo 100-leté, u níž předpokládáme, že je to hodnota průtoku, která je v dlouhodobém průměru 1x za  $N$ -let dosažena nebo překročena. ( Jandora, Stara, Stary, 2002)

Tedy 100-letá povodeň je jev, který se v dlouhodobém průměru vyskytne jednou za 100 let, prakticky se však může na stejné řece opakovat hned druhý

rok. V menší míře se používá hodnocení velikosti povodně podle objemu povodňové vlny. ( ČHMÚ, 2002)

Při potřebě stanovení kulminačního průtoku za povodňové situace není možné pro všechny lokality nalézt jednoznačnou metodiku přístupu. Pro každý případ se hodí různé možnosti v závislosti na morfologii koryta i terénu inundace, předpokládanému či pozorovanému charakteru proudění, výskytu objektů na toku a na řadě dalších parametrů. ( Havlíček, 2006)

### **2.7.1. Druhy povodní**

Podle příčin vzniku povodně se vymezují povodně dešťové, sněhové a smíšené. Pod pojmem dešťová povodeň se zde rozumí případ vzniklý jen z dešťových srážek, sněhová povodeň je zapříčiněna jen táním sněhu a smíšená povodeň vzniká kombinací tání sněhu a dešťových srážek. Zvláštním případem jsou ledové povodně. ( Brázdil, 2005)

Dešťové povodně podle Brázdila ( 2005) jsou vyvolány kapalnými srážkami a podle způsobu vzniku, doby trvání a intenzity deště je lze dále dělit na povodně z trvalých srážek a povodně z přívalových srážek tzv. lokální bleskové povodně.

Lokální bleskové povodně zasahující obce v důsledku meteorologických vlivů bývají často podpořeny změnami hospodaření v krajině a dalšími antropogenními (lidskými) zásahy.

Často je diskutován vliv změny krajinného rázu na průběh a intenzitu povodní. Řada povodní na lokální úrovni je významně umocněna současným nevyhovujícím stavem české krajiny. V některých oblastech je negativně vnímáno odlesňování rozsáhlých ploch, ať již v důsledku odumření lesních porostů v minulosti nebo v důsledku rozsáhlejší těžební činnosti.

Dalším negativním faktorem pro průběh povodní je absence takových krajinnotvorných prvků (mezí, remízků, mokřadů), které pomáhají zadržovat srážky v místě dopadu. Místo toho je dnes voda z meliorovaných lánů polí odváděna co nejrychleji do recipientů.

Kvůli zanedbanému čištění melioračních kanálů, nízké kapacitě kanalizace nebo v důsledku jejího ucpání pak dochází k lokálním povodním. (Čamrová, Hromádka, 2006)

Dešťové povodně z přívalových srážek souvisejí se srážkami s krátkou dobou trvání avšak velkou intenzitou zpravidla doprovázeny bouřkami. Vyznačují se náhlým nástupem, ostrou povodňovou vlnou s rychlými vzestupy hladin a krátkým trváním. Zatím co dešťové povodně z trvalých srážek jsou vázány zpravidla na jedno- až vícedenní trvalé srážky, které jsou spojeny s některými vybranými srážkově významnými synoptickými situacemi.

(Brázdil, 2005)

Sněhová pokrývka se objevuje v průměru od poloviny prosince do poloviny března, na horách leží sníh někdy až do května. Výška sněhové pokrývky v průměru dosahuje v nížinách 10 až 20 cm, ve středních polohách 40 až 60 cm, na horách přes 100 cm. Období tání sněhové pokrývky není pravidelné, tání významná pro vznik povodní mohou nastat prakticky od prosince až do dubna. (ČHMÚ, 2002)

Sněhové povodně mohou být doprovázeny i ledovými jevy. Kulminační průtoky při sněhových povodních zpravidla nedosahují na území České republiky větších N-letostí. ( Brázdil, 2005)

Smíšené povodně jsou zapříčiněny kombinací tání sněhu a dešťových srážek. Mohou být rovněž doprovázeny ledovými jevy. Jsou vázány na dosti rozdílné povětrnostní situace přinášející v zimě a na začátku jara oteplení s kladnými teplotami, doprovázené často silnějším větrem. Tání sněhu je rovněž urychleno vypadávajícími kapalnými srážkami, které zároveň sami přispívají ke zvětšení průtoků. Tyto povodně mohou mít v České republice větší uzemní rozsah než povodně z trvalých srážek. ( Brázdil, 2005)

Dalším druhem povodní jsou povodně ledové, ty můžeme rozlišit podle ČHMÚ (2002) na:

### **1. Ledové povodně v období tání**

Zamrzlé či zaledněné koryto má podstatně omezenou průtočnou kapacitu a představuje hrozbu ledové povodně v období tání. O průběhu uvolňování ledu v korytě rozhoduje vývoj počasí. Jestliže je oteplení mírné a není doprovázeno většími dešťovými srážkami, průtok v toku se příliš nezvětší, nebo se zvýší pozvolna a led postupně odtaje. Nastoupí-li po mrazivém počasí náhle teplé počasí s velkými dešťovými srážkami, průtok v tocích prudce stoupne a voda se z extrémně zaledněného koryta rozlije. Extrémně zaledněná koryta se vyskytují v částech toků s režimem dnového ledu.

V úsecích toku, kde je převážně jen ledová pokrývka, přivodí proudící voda v období tání její rozlámání a vzniklé kry se dají do pohybu. Nastává odchod ledu. Rozlámání ledové pokrývky neprobíhá současně v celém toku. Nejdříve dojde k rozlámání v místech, kde je pokrývka nejslabší, tj. v místech s větší rychlostí vody nebo s teplejší vodou. Odchodu utvořených ker brání neporušená ledová pokrývka. Na jejím okraji se kry hromadí a kupí, vznikají ledové zácpy. Ty rostou jak do délky tak výšky, ucpávají koryto a vzdouvají vodu.

### **2. Ledové povodně v období mrazů**

V období mrazů vznikají ledové povodně na tocích, kde je intenzivní chod ledové kaše nebo kde se intenzivně tvoří převážně jen dnový led a koryto nezamrzá. (ČHMÚ, 2002)

Protože naprostá většina smíšených povodní v České republice se vyskytuje od prosince do března, jsou tyto případy dále nazývány jako povodně zimního typu. K nim přiřazeno také několik povodní v první dekádě dubna. Naproti tomu velká většina dešťových povodní se objevuje od dubna do října, takže takovéto případy jsou přiřazeny k povodním letního typu. Do letního typu bylo též zařazeno několik povodní v listopadu. (Brázdil, 2005)

Povodně jsou živelnou událostí a působí společností škody, které lze obecně rozdělit následujícím způsobem:

- a) ztráty na životech,
- b) škody na životním prostředí (ekologické škody),
- c) škody na majetku (ekonomické škody).

Z hlediska škod na životním prostředí bylo po povodních v roce 2002 možné vysledovat zajímavou skutečnost. „Kvalita vody se radikálně zlepšila zejména oproti situaci po povodních.

Je rovněž nutné podotknout, že všechna tato ohrožení životního prostředí nevyplývají ze samotného průběhu povodně v krajině (povodně žádné ohrožení nepředstavují, neboť jsou součástí přírody), ale z lokalizace lidských staveb (např. čistíren, benzínových čerpadel, skladů barviv, chemických závodů aj.) v ohrožených územích. (Čamrová, Jílková, 2006)

V závislosti na specifických poměrech hospodářského využívání území, která jsou vystavena riziku těchto povodňových rozlivů a na vývoji srážkové a odtokové situace může docházet k podmáčení pozemků a staveb, usazování kalů, erozivní činnosti proudění, znehodnocování dosažitelných zdrojů pitné vody atp. (Kakos, 2006)

Územní plán proto obsahuje zakreslená záplavová území podél vodních toků (byla-li stanovena). Záplavovým územím se rozumí administrativně určené území, které může být v případě povodně zaplaveno vodou. Toto území je vytyčeno pro statistickou úroveň průtoku, který periodicitou odpovídá 5, 20 a 100-leté (případně i nejvyšší skutečně dosažené) povodni. V obecní zástavbě nebo v území určeném k zástavbě se rovněž vymezují aktivní zóny, které odpovídají „nebezpečným“ průtokům při stoleté povodni.

Rozsah záplavových území v konkrétní obci navrhuje správce vodního toku a schvaluje vodoprávní úřad. Pokud záplavová území nejsou určena, mohou vodoprávní a stavební úřady při své činnosti vycházet z dostupných podkladů správců povodí, které určují pravděpodobnou hranici těchto území. Z tohoto zákonného znění tedy vyplývá, že povodňové orgány využívají hranici



záplavového území pouze jako vstupní informaci pro plánování jednotlivých protipovodňových opatření. (Čamrová, Jílková, 2006)

Mnoho hydrologicko-technického plánování, projektování, řízení vyžadují podrobné znalosti a charakteristiky povodňových událostí, jako jsou povodňový vrchol, objem a trvání povodně. Povodňové frekvenční analýzy se často soustřeďují na hodnoty povodňového vrcholu, a tudíž poskytují omezené vyhodnocení povodní. Smíšený model Gumbel, má dvě proměnné pro extrémní hodnoty, které umožňují společně analyzovat pravděpodobnost vztahu povodňového vrcholu a objemu povodně a zároveň ještě vztah délky trvání a objemu. Tento model je převážně testován v provincii Quebec, Kanada. (Yue, Ouarda, Bobée, Legendre, Brunetu, 2000)

### **2.7.2. Měření rychlosti povodňového průtoku**

Podle Kašpárka (2003) měření povodňových průtoků běžnými metodami založené na měření rychlosti proudění hydrometrickou vrtulí není vždy proveditelné, popř. nelze provést úplné měření. Za vyšších stavů není většinou možný pohyb pracovníka s hydrometrickou vrtulí v toku. Pokud není v toku hydrometrická lanovka, vhodný most nebo kotvený člun, je měření neproveditelné. Problémy při měření hydrometrickou vrtulí způsobuje tokem unášený materiál. Drobnější předměty jako kusy trávy, textilu, papíru apod. se na vrtuli namotávají a zkreslují změřenou rychlost.

Pro vyhodnocení průtoků po povodni jsou však velmi cenné i výsledky jednoduchých měření rychlosti proudění, které společně s vyznačenými výškami hladiny a s dostatečně provedeným zaměřením geometrických vlastností toku ( příčné profily, podélný profil) většinou umožňují s přijatelnou přesností průtok stanovit.

### **2.7.3. Metody měření**

- měření rychlosti plováku ze břehu
- měření pomocí plováku na závěsu známé délky
- měření rychlosti plováku pomocí dálkoměru
- měření z člunu ( Kašpárek, 2003)

### **2.8. Protipovodňová opatření- prevence**

Základním legislativním podkladem řešícím protipovodňovou prevenci je Zákon č. 254/2001 Sb. O vodách. V úvodním ustanovením jsou sice zdůrazněny právní vztahy k vodám, jejich užívání i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha, není však zde ani v dalších částech tohoto zákona dostatečně rozvedena problematika vody v krajině jako celospolečenský zájem umožňující trvale udržitelné využívání ekologické stability krajiny. ( vodní zákon)

Nutno objektivně konstatovat, že tento zákon včetně doplňujících vyhlášek neplní svou základní úlohu- tj.vytvářet základní procedurální rámec pro koordinaci a uplatňování všech právních předpisů majících za úkol usměrňovat antropogenní činnost v krajině, aby bylo dosaženo jejich trvale udržitelného využívání.

(Kulhavý, Švihla, 1997)

Protipovodňová ochrana přitom vyžaduje nejen regionální a nadregionální řešení, ale i komplexní přístup k plánování rozvoje území a především usměrnění způsobů využívání zemědělské a lesní půdy. Zastavěné části krajiny jsou z hlediska protipovodňové ochrany nezvratně negativní změny, které jsou neřešitelné.

Hlavní princip protipovodňové ochrany, tedy předběžná opatrnost směřuje ke kvalitnímu územnímu plánování a jeho střednědobé realizaci. Jedním z nástrojů jsou pozemkové úpravy. Pokud by byl státní správou a samosprávou na regionální úrovni zkoordinován územní plán s komplexní pozemkovou úpravou, pak může v průběhu 10-20 let dojít k postupné realizaci protipovodňových opatření, a to nejen ve formě technicko-biologických staveb jako jsou např. suché poldry, ale především ve změnách využívání pozemků a jejich prostorové optimalizaci. Toto jsou opatření neinvestičního charakteru, velmi levná, přitom s vysokým protipovodňovým a protierozním efektem.

(Mazín, 2003)

### **2.8.1. Realizace protipovodňové ochrany v malém povodí**

Podle Psotové (2003) byla problematika místních povodní ( na rozdíl od velkých povodní) průběžně rozpracována. Pro povodí malého vodního toku jsou rozhodující zejména přívalové deště krátkého trvání, ale vysoké intenzity. Takovým případem bývají i jarní povodně, např. při bouřkách.

Příčiny, průběh i následky lokálních povodní jsou obecně- narušené odtokové poměry, devastace půd dlouhodobým hospodařením, silná vodní eroze atd., proto se na malých povodích doporučují spíše technická protipovodňová opatření jako jsou například retenční nádrže, zkapacitňování koryt, jejich stabilizace (opevňování), výstavba ochranných hrází, inženýrská a inženýrskobiologická opatření ke snížení eroze a zvýšení retence v povodí.

Druhou skupinou protipovodňových opatření jsou netechnické opatření. Do netechnických (nestavebních) opatření patří zejména definování záplavových zón a jejich právní zajištění, předpovědní a varovné systémy, výchova veřejnosti k odpovědnému chování při povodňových rizikových situacích. (Čamrová, Jílková, 2006 )

## 3 Charakteristika zkoumaného území

### 3.1. Popis území

**Jenín** je malá vesnice, část obce Dolní Dvořiště v okrese Český Krumlov. Nachází se asi 4 km na jihozápad od Dolního Dvořiště. Jenín má i své katastrální území č. 628981 o rozloze 1988,06 ha.

#### Historie obce Jenín

Historie obce Jenín je doložena první písemnou zmínkou v rožmberském urbáři v roce 1379, uváděn je též název Jenyn. Do správního území Jenína spadaly osady, písemně doložené téměř všechny rovněž v roce 1379 v rožmberském urbáři. Dnes jsou to povětšinou již jen pomístní názvy. Jenín spolu s těmito osadami měl při sčítání domů, bytů a obyvatel v roce 1930 celkem 125 domů a 800 obyvatel, z toho 48 národnosti české, 732 německé a 20 cizozemců.

Katastrální území sídla Jenín patří do povodí Vltavy ( hydrologické povodí číslo 1-06-01-138). Hlavním vodním recipientem tohoto území je Rybnický potok se svými přítoky, zejména pravostranným Jenínským potokem, kterému se budu dále věnovat a levostranným Lučinským potokem. Jenínský potok protéká osadou od severu k jihu. Přímo v osadě jsou dva menší rybníčky, dalších několik je nad osadou.

#### Popis toku

název toku: Jenínský potok

číslo hydrologického povodí: 1-06-01-138, povodí IV. Řádu

evidenční číslo: 5-00002-02/53

majitel toku: Česká republika

správce toku: Zemědělská vodohospodářská správa v Českém Krumlově,  
Oblast Povodí Horní Vltavy, České Budějovice

katastrální území: Jenín ( 628981)

celková plocha povodí: 4,683 km<sup>2</sup>

délka vodního toku celková: 3,2 km

- z toho upravená délka 0,703 km

- neupravená délka 2,497 km

pozemky přiřazené úseku toku, celková výměra: 2 617 m<sup>2</sup>

nadmořská výška u pramene Jenínského potoka: 690 m nad m.

nadmořská výška u ústí do Rybnického potoka : 618 m nad m.

spád: 22,5%

sklon toku: 2,25%

charakter povodí: vějířovitý

### **Sídla v okolí toku**

#### **Dolní Dvořiště**

Městečko Dolní Dvořiště leží 11 km jižně od Kaplice při hranicích s Rakouskem v okrese Český Krumlov na západním okraji Novohradských hor. Nadmořská výška obce je 618 m.

Katastr obce je velmi rozsáhlý - 90 km<sup>2</sup>; přičemž sahá od Malše až k Vltavě.

Od východu na západ měří 17 km, od severu k jih 13 km. Skládá se z 8 částí.

#### **Horní Dvořiště**

Obec Horní Dvořiště (něm. Oberhaid) se nachází v okrese Český Krumlov, kraj Jihočeský. Horní Dvořiště, nazývané dříve také Horní Myšlany nebo Bor je klidné městečko ležící na mírném návrší, na staré obchodní cestě do Rakouska. Ke dni 28. 8. 2006 zde žilo 533 obyvatel.

#### **Rožmberk nad Vltavou**

Rožmberk nad Vltavou je město v Šumavském podhůří na Českokrumlovsku. Jeho historické jádro bylo prohlášeno městskou památkovou zónou. Střed města je vzdálen 23 km jižně od Českého Krumlova a 7 km severovýchodně od Vyššího Brodu. Rožmberk je 5. nejjihnější obcí v ČR a nejmenším městem v Jihočeském kraji. V roce 2001 zde bylo vedeno 333 obyvatel.

## **Dopravní infrastruktura**

Železniční trať Rybník - Lipno nad Vltavou (v jízdním řádu pro cestující označená číslem 195). Jednokolejná elektrizovaná regionální trať. Provoz na trati byl zahájen v roce 1911 s elektrickou trakcí 1280 V ss. V roce 1955 byla provedena změna trakce na 1,5 kV ssa, v roce 2005 byla provedena změna trakce, pro tuto oblast standardní, na 25 kV/50 Hz. V roce 1955 došlo v důsledku stavby přehrady k přeložení stanice Lipno nad Vltavou z pravého břehu řeky Vltavy na levý břeh. V současné době zde vlak staví několikrát denně.

Dále tímto povodím prochází silnice II. třídy č. 163 vedoucí z Dolního Dvořiště, přes obec Rybník do Vyššího Brodu.

## **Technické vybavení území**

Osada Jenín nemá vybudován veřejný vodovod. Obyvatelé používají ke svému zásobení vlastní soukromé studny. Kvalita vody ve studních nebyla zjištěna, vydatnost postačuje potřebám osady. Zemědělský areál je v současnosti mimo provoz. Zdrojem požární vody pro osadu je místní rybník.

Dále se v této osadě také nenachází vybudovaný systém veřejné kanalizace. Hlavním odpadními vodami jsou splaškové vody z domácností a občanské vybavenosti. Odpadní vody jsou zachycovány do bezodtokových jímek, odkud se vyvázejí na zemědělsky využívané pozemky, nebo jsou předčišťovány v septicích s odtokem do recipientu nebo podmoku. Složení a koncentrace odpadních vod odpovídají obvyklým hodnotám a nejsou ovlivňovány jinými specifickými komponenty. Dešťové vody jsou odváděny systémem příkopů, struh a propustků do recipientu. Do budoucna se zatím žádné změny nechystají.

## POPIS SOUČASNÉHO STAVU KRAJINY

Povodí Jenínského potoka patří do povodí Horní Vltavy, která představuje geograficky poměrně uzavřený celek, jehož jádro tvoří jihočeská kotlina. Na jihozápadě je obklopena Šumavou, na severozápadě výběžky Brd, na severu Středočeskou pahorkatinou, na východě Českomoravskou vrchovinou a na jihovýchodě Novohradskými horami. V jihočeské kotlině se rozkládají dvě pánve - Budějovická a Třeboňská.

Oblast povodí Horní Vltavy je vymezena vyhláškou č. 292/2002 Sb., o oblastech povodí ve znění vyhlášky č. 390/2004 Sb.

Celková plocha oblasti povodí Horní Vltavy činí celkem 11 058,615 km<sup>2</sup>. Část vodních toků přitéká do oblasti povodí Horní Vltavy z území Spolkové republiky Německo a z Rakouska. Plocha těchto dílčích povodí, ležících mimo území České republiky, je 686,321 km<sup>2</sup>. Páteřním tokem oblasti povodí Horní Vltavy je vodní tok Vltava, jejími nejvýznamnějšími přítoky jsou Malše, Lužnice, Otava a Lomnice.

Nejvyšší nadmořská výška oblasti povodí Horní Vltavy je na vrchu Plechý – 1378 m n.m., nejnižší nadmořská výška je v závěrném profilu oblasti povodí a je představována hladinou v nádrži Orlík. Největší vzdálenost od severu k jihu činí zhruba 131 km, od východu k západu zhruba 152 km.

Oblast povodí Horní Vltavy zasahuje celkem do čtyř krajů. Její převážná část leží v kraji Jihočeském, menší část v povodí horní Otavy pak v kraji Plzeňském. Okrajově zasahuje oblast povodí Horní Vltavy i do kraje Středočeského a kraje Vysočina.

### **Geomorfologické poměry**

Geomorfologické poměry mají zásadní vliv na utváření říční sítě. Vertikální členitost má vliv na odtokové charakteristiky. Obecně platí, že čím je vertikální členitost větší, tím je rychlejší odtoková odezva. V oblasti povodí, v Šumavské hornatině a Novohradských horách se vyskytují hornatiny (výšková členitost nad 300 m) U Šumavy a Novohradských hor je zřejmý vliv terénu na

orografické zesílení cyklonálních srážek. Území této oblasti náleží geomorfologické provincii Česká vysočina zastoupené dominantně subprovincií Šumavskou soustavou.

Z hlediska geomorfologického členění patří sledované území Jenínského potoka do:

Provincie: **Česká vysočina**

Suprovincie: **Šumavská soustava**

Oblast: **Šumavská hornatina**

Celek: **Šumavské podhůří**

**Šumavskou soustavu** v zájmovém území tvoří oblast Šumavská hornatina, zastoupená geomorfologickými celky Šumavou, Šumavským podhůřím, Novohradskými horami a Novohradským podhůřím. Starý horský a podhorský reliéf zde byl omlazen erozní činností toků, zvláště přítoky Otavy: Vydrou, Křemelnou a Blanicí. Pod hřbetovou a kupovitou hraniční částí Šumavy s nejvyššími vrcholy (nad 1300 m n.m), se rozkládají četné plošinaté pánve, pokryté rašeliništi. Další pásmo Šumavy s výškami od 600 do 1000 m n.m je intenzivně rozčleněno říční erozí. Údolí bývají hluboce zaříznuta do skalního podkladu. V celkové modelaci terénu se uplatňuje složení hornin skalního podkladu. V podhůří Šumavy pokročilá denudace izolovala velké množství vrchů a krátkých hřebenů, vázaných většinou na průběh žilních hornin.

Pohraniční hřeben Šumavy dosahuje nejvyšších bodů v západní části a dále pak v oblasti nejvyšší hory české části Šumavy Plechého – 1378 m n.m (Smrčina – 1332 m n.m, Trojmezná – 1361 m n.m) v tzv. Trojmezné hornatině. Značných výšek dosahují rovněž pásma hor prostírající se dále k severovýchodu, oddělená od pohraničního hřebene Vltavickou brázdou. Směrem do Šumavského podhůří je nadmořská výška terénu všeobecně nižší. Na východě končí Šumavské podhůří Českokrumlovskou vrchovinou, rozdělenou tokem Vltavy na západní část a východní část. Jihovýchodní část území tvoří Novohradské hory se svým podhůřím, odděleným od Šumavského podhůří Kaplickou brázdou.



Šumavská subprovincie se dělí na 2 oblasti (dříve podsoustavy) a 7 celků:

- Českoleská oblast
  - Český les
  - Podčeskoleská pahorkatina
  - Všerubská vrchovina
- Šumavská hornatina
  - Šumava
  - Šumavské podhůří
  - Novohradské hory
  - Novohradské podhůří

**Šumavské podhůří** je geomorfologický celek na severovýchodním okraji Šumavské hornatiny. Rozprostírá se na ploše 2407 km<sup>2</sup> (je tak rozsáhlejší než česká část vlastní Šumavy) a má průměrnou nadmořskou výšku 634 m. Na západě a na jihu sousedí s Šumavou, na severu se Švihovskou vrchovinou a Blatenskou pahorkatinou, na východě s Českobudějovickou pánví a Novohradským podhůřím. Má charakter členité vrchoviny vrásno-zlomového původu s výraznou modelací selektivní eroze a denudace. Na jihovýchodě je tvořena širokými a oblými strukturními hřbety směru severozápad - jihovýchod. Kolmo na ně protékají hlavní toky podhůří Otava, Volyňka, Blanice a Vltava a vytvářejí hluboká až kaňonovitá údolí.

### **Geologické poměry**

Geologické poměry předurčují geomorfologické a hydrogeologické charakteristiky. Mají vliv na intenzitu zvětrávání, ovlivňují tvar říční sítě, materiál dna či chemické složení vody. Šumavské podhůří je tvořeno z rul, svorů a granulitů moldanubika.

Jako **moldanubikum** označujeme rozsáhlý komplex většinou silně přeměněných a hlubinných hornin, které tvoří převážnou jižní a jihozápadní část Českého masivu. Šumavské moldanubikum zaujímá oblast Šumavy a Novohradských hor a jejich podhůří. Na severu sousedí se středočeským plutonem mezi Nýrskem a Pískem, na V s jižním cípem Třeboňské pánve a na SV tvoří konvenční hranici osa Budějovické pánve. Převážná část je tvořena

svory, svorovými rulami a migmatity s málo hojnými vložkami kvarcitů, erlanů, vápenců a grafitických hornin.

Svor- podstatnou součástí je křemen a slída. Průběh zvětrávání závisí na stupni břidličnatosti. Na dobře zvětrávajících svorech se vytváří v plochem terénu hluboká až středně hluboká půda, v členitém terénu i mělká půda o různém stupni šterkovitosti. Svory podmiňují vznik hlinitopísčitých až písčitohlinitých půd.

Hlavními půdotvornými substráty zájmového území jsou substráty:

- 42- skupina hornin středně až málo výživných s nízkým obsahem vápna až nevápnité (svory)
- 63- svahoviny s převážně kyselého materiálu
- 5b- vrchovištní rašeliny (omezený rozsah)

### **Pedologické poměry**

Půdní poměry se svými infiltračními a retenčními charakteristikami podléhají na rozdělení odtoku na povrchový, podpovrchový a základní. Půdní vlastnosti, svažítost terénu a typ vegetace jsou zásadními faktory pro specifikaci erozního ohrožení. Půdy na Šumavě a Novohradských horách obsahují velké množství skeletu, což zhoršuje jejich retenční vlastnosti. V místech, kde působila mladá eroze, vznikají písčítokamenité půdy (Šumava, Šumavské podhůří).

V oblastech výskytu hlubinných vyvřelin (Středočeský a Moldanubický pluton) je převládajícím půdním typem oligotrofní hnědozem, která výše přechází do půd v různém stupni podzolovaných.

Na podmáčená území jsou vázány gleje a rašeliništní půdy; podobně v inundačních územích řek a potoků je celý půdní profil nebo jeho spodní část charakterizována glejovým vývojem.

Z hlediska půdních typů převládají v oblasti povodí následující půdy:

- mělké kambizemě
- kambizemě bystrické a podzoly kambizemní, slabě oglejené
- hydromorfní a semihydromorfní půdy v hlubších údolích
- pseudogleje organozemní, gleje organozemní svahových poloh

Největší zastoupení zde mají hnědé půdy kyselé, jejichž kódy BPEJ jsou 8.34.24, 8.34.21, 8.37.16, dále půdy hydromorfní, BPEJ 8.75.41, 8.73.11.

### **Hydrologické poměry**

Oblast zájmového území leží v povodí řeky Vltavy, která přísluší k toku prvního řádu Labe. Jenínský potok je tokem IV. řádu a spadá pod Rybnický potok.

Podle rozdělení vodnosti během roku patří toto území do horské- sněhové oblasti. V horské - sněhové oblasti přechází postupně maximum vodnosti z května na duben, popř. na březen. Nejméně vodné měsíce připadají na konec zimy, jen výjimečně na podzim. Za období zimních a jarních měsíců, tj. za prosinec až květen, odeče 50 až 60 % celoročního odtečeného množství vody. Hlavním zdrojem vodnosti je voda z tajícího sněhu. V pramenné oblasti Vltavy a ve vrcholové části Šumavy dosahuje specifický odtok hodnot 5-7 l/s/km<sup>2</sup>.

### **Zemědělsko-přírodní výrobní podmínky**

Existující klimatické, pedologické a reliéfové poměry přiřazují zájmové území stavby do výrobních oblastí bramborářských, subtyp ovesný. Hlavními pěstovanými plodinami jsou žito, oves, ječmen, pšenice, brambory, jetel a traviny. Rostlinná výroba se podřizuje specializaci v živočišné výrobě, která je zaměřena na chov skotu a produkci mléka.

Dnes je v povodí jediným hospodařícím subjektem společnost ZEMAV Rybníky s.r.o., se sídlem v Dolním Dvořišti. Obě plochy zájmového území jsou zatravněny a slouží k extenzivnímu pastevnímu využití.

Nájemce neviduje odděleně zájmová povodí, proto jsou uvedeny velikosti pastevních areálů a jejich příslušné obsazení chovaným dobyt看kem.

Pastevní areál 1.

Přibližná rozloha pastvy : 120 ha + 23 ha

Počet krav : 180 krav

136 telat

Pastevní areál 2.

Přibližná rozloha pastvy : 106 ha

Počet krav : 196 krav

62 telat

Plemeno : masná plemena skotu

85 % Aberdeen Angus

10 % Masný simentál

5% Charolais

Způsob pastvy : stáda jsou na pastvinách přibližně od 1.5 do 1.11. , přes zimu jsou ustájená, prakticky celé období pastvy je stádo na jedné pastvině, maximálně se pastvina příčně přehradí a zamezí se tak vstup do jednotlivých částí.

Přírůstky skotu : nesledují se, jenom se eviduje hmotnost telat po narození

Příkrmování : příkrmuje se jenom senem, především po začátku pastvy a před ukončení pastvy (přechod na systém krmení při ustájení, prodloužení období pastvy)

Obměna stáda : obměna stáda je pouze z vlastních zdrojů, na konci pastevního období se veškerý skot veterinárně prohlédne; stádo se rozdělí – nechají se zdravé a silné kusy, slabší se zapojí do ozdravného stáda, část na porážku; doplní se mladé kusy do stáda

Struktura stáda : na pastvinách jsou pouze krávy a telata, býci jsou ke stádu připojeni jen po potřebnou dobu, jinak jsou ustájeni zvlášť.

Sečení pastvin : pastviny se většinou nesečou pouze v případě, že jsou na pastvině výrazné nedopasky, nebo v případě brzkého nástupu jara

Hnojení pastvin, obnova pastvin, obnova drnu, použití chemických prostředků : pastviny se nehnojí, ani se nepoužívají herbicidy, nedosévá se, k obnově drnu dochází pouze vláčením;

Staré zátěže- dříve se v povodí vyskytovaly polní hnojiště i skládky minerálních hnojiv – v současnosti se již neví kde přesně se vyskytovaly. Podle informací uživatele se tyto polní hnojiště a skládky nevyskytovaly ve zkoumaných mikropovodích.

V obci Jenín jsou pozůstatky po zařízeních pro chov drůbeže, skotu a prasat. V povodí se nachází ještě stádo několika kusů koní a krav, které nejsou ve vlastnictví společnosti ZEMAV Rybník s.r.o., ale ve vlastnictví jiných osob.

### **Klimatické charakteristiky**

Z klimatologického hlediska patří okolí obce do mírně teplé oblasti MT 3 s charakteristikou mírně teplého a mírně vlhkého vrchovinného počasí, kde množství srážek je daleko nižší než na Šumavě. Srážky mají výrazně kontinentální chod, v rámci ČR nejvýraznější po Českobudějovické pánvi, neboť v červenci spadne 4x více srážek než v únoru. Zvláštností jsou föhnové situace, které umožňují existenci řady teplomilných druhů a pěstování ovocných sadů ve vyšších polohách. Průměrná nadmořská výška je 650 m n.m. Klimatické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. č. 1

<b>Vybrané klimatické charakteristiky</b>	<b>MT 3</b>
Průměrná roční teplota vzduchu v °C	7
Průměrná teplota ve vegetačním období v °C	13,1
Počet letních dnů	20 - 30
Počet mrazových dnů	130 - 160
Průměrná teplota v lednu v °C	- 3 - - 4°C
Průměrná teplota v červenci v °C	16 - 17
Průměrný roční úhrn srážek v mm	630
Srážkový úhrn ve vegetačním období v mm	350 - 450
Srážkový úhrn v zimním období v mm	250 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 100

## **Biota- flóra a fauna území**

Zájmové území podle biogeografického členění Culka (1996) patří do Českokrumlovského bioregionu. Daný region leží v mezofytiku a rozkládá se v jižní části fyto geografického okresu Šumavsko-novohradské podhůří.

Vegetační stupně: suprakolinní až submontánní. Z hlediska potenciální vegetace je možno uvažovat v nižších částech území s acidofilními doubravami zřejmě s poměrně silným zastoupením jedle. Ve vyšších polohách byly převládajícím společenstvem květnaté bučiny, menší zastoupení měly acidofilní bučiny. V údolí Vltavy pronikají dubohabřiny, habr se v této oblasti vyskytuje již jen okrajově. V nivách podél vodních toků jsou luhy.

Nelesní náhradní vegetaci reprezentují louky a pastviny. Flóra je pestrá zvláště v oblastech s bazickými substráty. Převažují druhy středoevropské podhorské květeny např. svízel vonný ( *Galium odoratum*) a kopytník evropský ( *Asarum europaeum*).

V bioregionu se vyskytuje běžná lesní fauna vyšších poloh hercynské podprovincie, s některými význačnými druhy. Ovlivněná je sousedstvím horských regionů- Šumavským a Novohradským.

## **Územní systém ekologické stability**

### **1. Nadregionální a regionální ÚSES**

V severovýchodní části katastrálního území se nachází regionální biocentrum, tvořené převážně soustavou rybníků mokřadního charakteru. Toto biocentrum je propojeno regionálním biokoridorem.

### **2. Lokální ÚSES**

V zájmovém území se nachází několik lokálních biocenter, která jsou především tvořena lesním společenstvem. Jednotlivé biocentra jsou propojeny lokálními biokoridory. Dále se zde nachází několik interakčních prvků.

## 4 Cíl a metodika diplomové práce

Cílem této diplomové práce je posoudit a vyhodnotit povodňové průtoky ve zkoumané lokalitě. Pro tuto práci byla zvolena výzkumná lokalita Jenínského potoka, která je výzkumnou lokalitou již 25 let. Na plochách zemědělsky využívaných byla provedena hydromeliorace. Postupem času byla tato lokalita využívána nejdříve pro VÚMOP v Praze a posledních 10 let ji využívá jako výzkumnou lokalitu Zemědělská fakulta Jihočeské Univerzity. Je to jeden z důvodů proč byla vybrána právě tato lokalita.

Jedním z úkolů je provést terénní šetření funkčnosti jednotlivých drenážních skupin v této lokalitě. Ty se nacházejí na dvou vymezených mikropovodích, jednotlivě označovaných Jenín I. a Jenín II. Výsledkem by měla být data, která budou zaznamenávat funkčnost šachtic, ve dvou zvolených obdobích, kde jedno z nich zachytí období jarního tání a druhé se uskuteční přibližně o měsíc později, kdy průtoky v šachticích jsou již ustálenější.

Další částí této diplomové práce bude vyhodnocení kvantitativních ukazatelů srážkových úhrnů, kde data potřebná pro toto zjištění budou měřena na uzávěrových profilech jednotlivých mikropovodí. Data budou získána z Thomsonova přepadu, kde jsou nainstalovány kontinuální ultrazvukové měřiče od výrobce Fiedler-Magr. Ty jsou opatřeny GSM moduly, které odesílají změřené hodnoty denně na internet. Srážky a teploty vzduchu budou také měřeny v místech uzávěrových profilů a to pomocí srážkoměrných stanic.

Dalším úkolem bude vyhodnotit chod srážek ve vztahu k průtokům na uzávěru povodí. Pro toto vyhodnocení bude zapotřebí získat také data o teplotě vzduchu, která především v zimních a horkých letních dnech ovlivňuje průtok na uzávěru povodí. V letních měsících se výrazné srážky tolik neprojeví, půda je sušší a schopná infiltrovat větší část vody, zatím co v zimním období, kdy je půda promrzlá, je v případě oblevy, průtok na uzávěru povodí vyšší. Údaje o teplotě budou také získány z měřičů nainstalovaných na jednotlivých mikropovodích Jenín I. a Jenín II.

Pro porovnání bude hydrologický rok rozdělen do 6 zkoumaných období, kdy pro každé dva měsíce budou podrobněji popsány úhrny srážek, průměrné denní průtoky a teploty vzduchu.

Poslední částí v této diplomové práci bude stanovení kritického období z hlediska jarního tání a posouzení sezónního kolísání průtoků na uzávěru povodí. Pro vyhodnocení těchto dat budou použita data z předešlých úkolů.

Veškeré výsledky budou založeny na průběžném sledování, zapisování jednotlivých informací a následným porovnáním. Tímto způsobem dospějeme k hodnotám uváděným v této diplomové práci.



## 5 Výsledky

Pro vyhodnocení srážek a průtoků byla použita data pro hydrologický rok 2009, tzn. data z období od 1.11.2008 do 31.10.2009.

### 5.1. Terénní šetření funkčnosti jednotlivých drenážních skupin ve sledované lokalitě

Po terénním šetření jednotlivých drenážních skupin v lokalitě Jenín I a Jenín II byly zjištěny tyto data:

- z celkového počtu 26 drenážních skupin bylo možné funkčnost zjistit pouze na 9 drenážních skupinách ( výsledky z jednotlivých měření jsou uvedené v tabulce)
- v lokalitě Jenín I, jejíž celková plocha je 54,5 ha, z toho je odvodněno území o celkové ploše 39,6 ha, se nachází 13 drenážních skupin, z toho 4 funkční
- v lokalitě Jenín II, jejíž plocha je 50,1ha, odvodněné území je o celkové ploše 35,4 ha, se nachází také 13 drenážních skupin, z toho 5 funkčních

Měření bylo provedeno ve dvou obdobích, první v době jarního tání a další přibližně o měsíc později, v době, kdy odtok z daných lokalit byl již ustálený.

	Číslo šachtice	Plocha, ze které je odváděná voda [ha]	Množství vody odečtené do šachtice z dané plochy [ l/s]	
			1. měření- <b>20.3.2010</b>	2. měření- <b>13.4.2010</b>
<b>Jenín I</b>				
	1	5,26	0,125	0,011
	2	4,18	0,250	0,150
	6	0,92	0,011	0,007
	10	6,52	0,033	0,000
	<b>celkem</b>	<b>16,88</b>	<b>0,419</b>	<b>0,167</b>
<b>Jenín II</b>			1. měření- <b>20.3.2010</b>	2. měření- <b>13.4.2010</b>
	21	3,95	0,067	0,022
	25	1,35	1,789	1,225
	26	7,67	1,050	0,105
	29	0,39	0,533	0,242
	30	6,29	0,083	0,000
	<b>celkem</b>	<b>19,65</b>	<b>3,522</b>	<b>1,594</b>

Označení jednotlivých šachtic je patrné z obrázku č. 1 a 2 v přílohách, plocha, ze které voda do dané šachtice přitéká je vyznačena na obrázku č. 3.

Z tabulky je patrné, že v průběhu prvního měření, kdy se jednalo o období jarního tání jsou průtoky v jednotlivých šachticích vyšší téměř o polovinu než v období druhého měření. Při druhém měření bylo zjištěno, že v šachticích, zejména v těch, které jsou položeny výše, ( šachtice č.10 a č.30), byl průtok nulový.

Po celkovém zhodnocení funkčnosti drenážního systému jsem dospěla k tomu, že více jak polovina šachtic je nefunkční, šachtice jsou rozborcené, plné vody nebo zanesené, jak je patrné z obrázků č. 6 a č. 7 v přílohách. Funkční šachtice se nachází převážně na hlavním drenážním systému.

Provedená hydromeliorace v dnešní době odvádí vodu z devíti drenážních soustav, které zaujímají celkovou plochu 36,53 ha. Původní odvodnění bylo prováděno na 104,6 ha.

## 5.2. Vyhodnocení kvantitativních ukazatelů srážkových úhrnů

Pro vyhodnocení srážek, průtoků a průměrné teploty byla použita data pro hydrologický rok 2009, tzn. data od 1.11.2008 do 31.10.2009. Data byla získána z meteorologické stanice nainstalované přímo na povodí Jenín I. a II. z měřičů Fiedler- Magr.

**Tab. č. 3 Srážkové úhrny, průměrný průtok a průměrná teplota naměřené ve srážkoměrných stanicích Jenín I. a II.**

	<b>Průměrný průtok [l/s]</b>	<b>Průměrné srážky [mm]</b>	<b>Průměrná teplota [°C]</b>
<b>Listopad 2008</b>	1,8	47,1	----
<b>Prosinec 2008</b>	3,7	35,3	-0,6
<b>Leden 2009</b>	1,2	<b>16,3</b>	-4,0
<b>Únor 2009</b>	3,5	65,3	-1,2
<b>Březen 2009</b>	13,3	75,4	-0,8
<b>Duben 2009</b>	3,8	30,7	10,5
<b>Květen 2009</b>	2,0	91	12,7
<b>Červen 2009</b>	4,7	<b>149,4</b>	14,5
<b>Červenec 2009</b>	6,6	97,3	16,4
<b>Srpen 2009</b>	3,1	96,4	17,0
<b>Září 2009</b>	1,6	46	13,2
<b>Říjen 2009</b>	2,2	83,8	6,9

Jak je patrné z horní tabulky, největší měsíční úhrn srážek v hydrologickém roce 2009 byl v červnu, kdy spadlo 149,4 mm. Nejdeštivějším dnem tohoto měsíce pak byl 23. červen, kdy spadlo 41,2 mm srážek.

Nejsušším měsícem byl leden, kdy za celý měsíc spadlo 16,3 mm srážek a v tomto měsíci byla také naměřena nejnižší průměrná teplota za hydrologický rok 2009 a to -4,0 °C. Zimní období hydrologického roku 2009 bylo s poměrně vysokými srážkami, výrazné změny v průtoku však nenastaly.

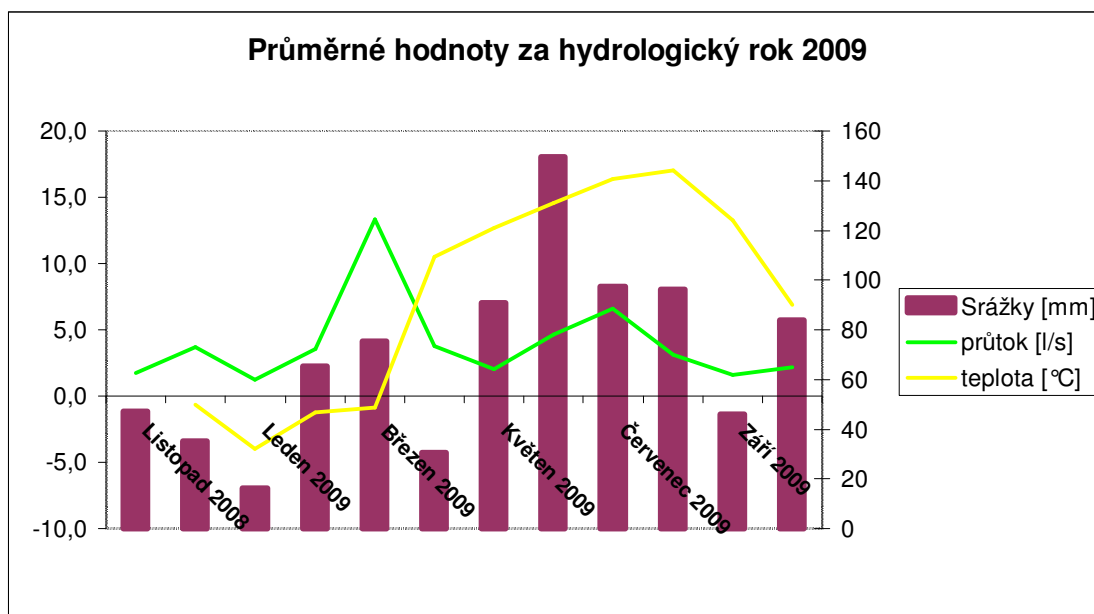
Změny se projevily až v měsíci březnu, tedy v jarním období, kdy srážek přibývá. Vlivem zvýšení průtoku v tomto měsíci bylo také období jarního tání. Letní období je na srážky velmi vydatné v porovnání se zbylými měsíci.

**Tab. č. 4 Porovnání dlouhodobého průměru srážek pro Jihočeský kraj a srážek v hydrologického roku 2009**

Měsíc	Dlouhodobý normál [mm] 1961-1990 pro Jihočeský kraj	Srážky [mm] v hydrologickém roce 2008
Listopad	43	<b>47</b>
Prosinec	39	35
Leden	34	16
Únor	33	<b>65</b>
Březen	39	<b>75</b>
Duben	49	31
Květen	75	<b>91</b>
Červen	94	<b>149</b>
Červenec	83	<b>97</b>
Srpen	82	<b>96</b>
Září	51	46
Říjen	37	<b>83</b>
<b>Σ</b>	<b>659</b>	<b>834</b>

Z tabulky č. 4, ve které je uvedeno porovnání dlouhodobého průměru srážek, je patrné, ve kterých měsících byla průměrná hodnota překročena. Můžeme říci, že hydrologický rok 2009 byl velmi vydatný na srážky v porovnání s dlouhodobým normálem. K překročení dlouhodobého normálu došlo v osmi měsících, kde nejvýraznější překročení bylo v říjnu roku 2009, kdy hodnota dlouhodobého normálu úhrnu srážek je 37 mm a naměřená hodnota úhrnu srážek byla 83mm. Překročení bylo o více než polovinu.

**Graf č. 1 Úhrn srážek, průměrný průtok a průměrná teplota v hydrologickém roce 2009**



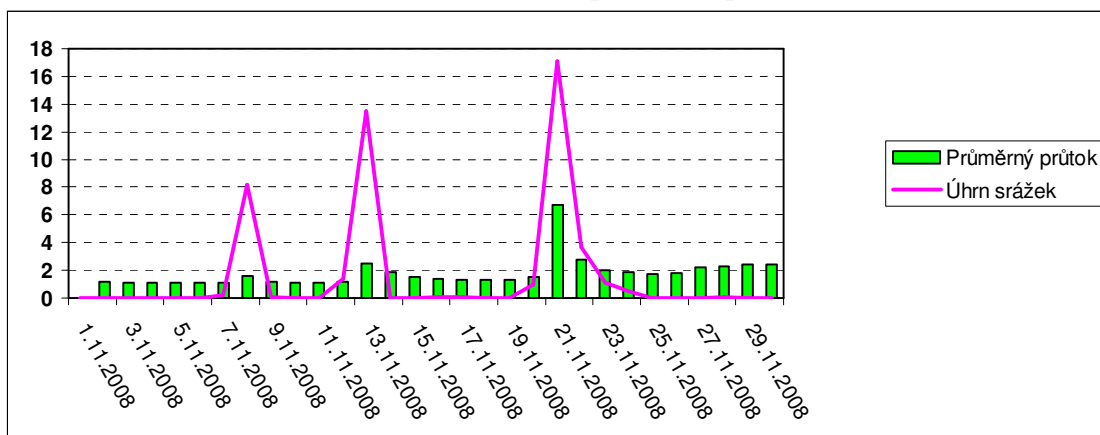
### 5.3. Vyhodnocení chodu srážek ve vztahu k průtokům na uzávěru povodí

Pro vyhodnocení chodu srážek ve vztahu k průtokům byla použita data naměřená na uzávěrech jednotlivých mikropovodích Jenín I. a Jenín II, kde jsou nainstalované měřiče. Byla použita data pro hydrologický rok 2008. Pro vyhodnocení byly použity informace o denním úhrnu srážek (mm), průměrném denním průtoku (l/s) a teplotě vzduchu (°C).

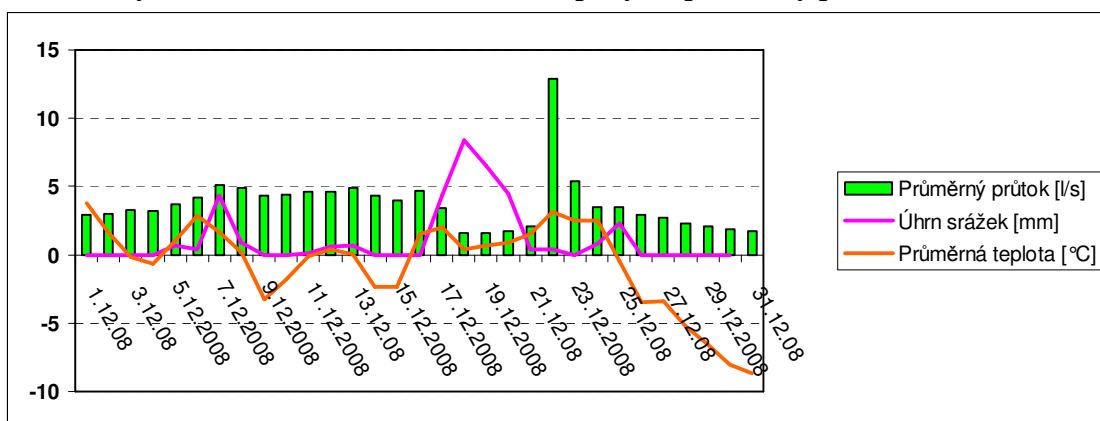
Pro lepší znázornění byl hydrologický rok rozdělen po dvou měsících do šesti skupin, kde jsou vždy znázorněny dva grafy, na kterých je vysvětleno jakým způsobem je průměrný průtok ovlivněn srážkami a teplotou vzduchu ve sledované oblasti.

### 5.3.1. Listopad 2008, Prosinec 2008 (1.11.2008- 31.12.2008)

Graf č. 2 Vyhodnocení úhrnu srážek a vlivu na průměrný průtok



Graf č. 3 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



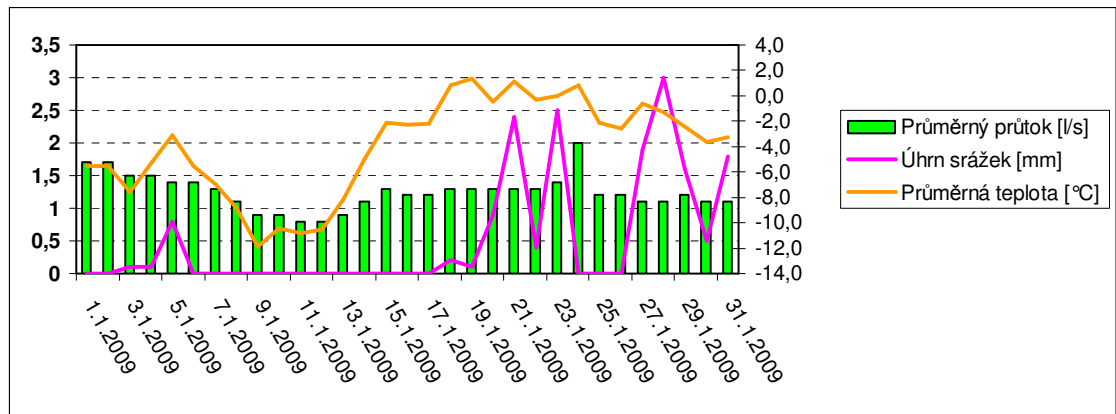
V měsíci listopadu došlo ke třem srážkovým událostem, při kterých byl zaznamenán zvýšený průtok. K prvnímu došlo 8.11. kdy se průtok zvedl o hodnotu 0,5 l/s. K další srážkové události došlo 13.11. kdy spadlo 13,5mm srážek a průtok v uzávěrovém profilu se zvedl na 2,5 l/s. Nejvýraznější průtok v tomto měsíci byl 21.11. kdy spadlo 17,1mm srážek a průtok se zvýšil na 6,7 l/s. To bylo také pravděpodobně způsobeno tím, že půdní profil byl nasycen z předcházejících událostí. Celková nasycenost půdního profilu je také patrná z postupného poklesávání průtoku, kde hodnota průměrného denního průtoku v měsíci listopadu, téměř nikdy nepoklesne pod 2 l/s. Tento průtok zůstává i na počátku dalšího měsíce. V prosinci se již objevují srážky v tuhé formě.

Teplota se po celý měsíc pohybuje kolem 0 °C, až ke konci měsíce klesá k -10 °C. Nejvýraznější srážková událost nastala 18.12., kdy spadlo 8,4 mm

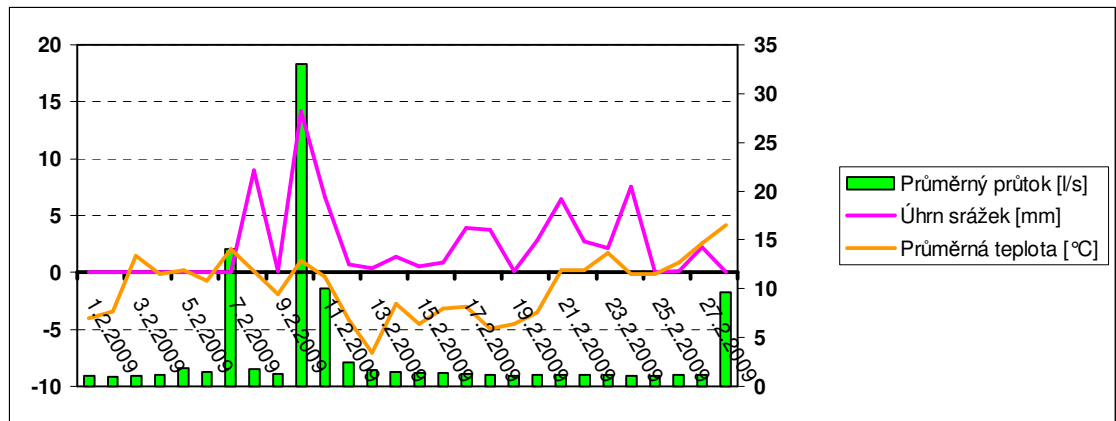
srážek. Na průtoku se to však v ten samý den neprojeví, z čehož je patrné, že se jednalo o tuhé srážky. Průtok se zřetelně zvýšil z 2,1 l/s na 12,9 l/s 4. den po události, kdy došlo k oteplení. Rychlý nástup povodňové vlny mohl souviset s promrzlým povrchem půdy a tím také omezeným vsakováním. Ve zbylém období tohoto měsíce jsou teploty vzduchu záporné, u průtoku dochází k ustalování a úhrn srážek je téměř nulový.

### 5.3.2. Leden 2009, Únor 2009 (1.1.2009- 28.2.2009)

Graf č. 4 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



Graf č. 5 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok

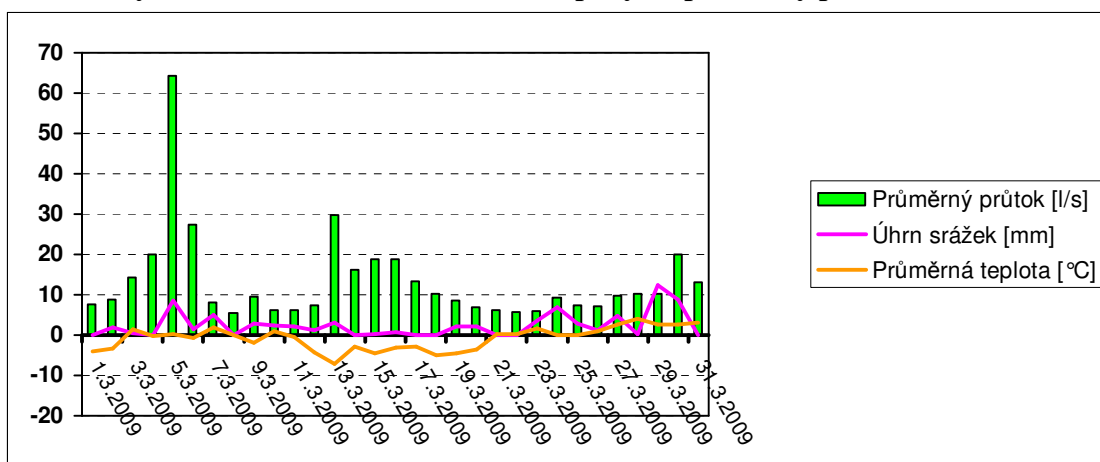


První polovina ledna je téměř bez srážek a průtok se po celou dobu mění pouze o hodnoty do 0,5 l/s.. Teplota vzduchu výrazně klesá až k -12°C. V polovině měsíce dochází k oteplování a jsou patrné mírné srážky, ale ani ty nemají žádný výraznější vliv na průtoky. První výrazné změny přicházejí 7.2., kdy se průtok zvyšuje vlivem mírného oteplení. Další velmi výrazné zvýšení průtoku nastává 10.2., kdy hodnota vystupuje k 33 l/s. Tento průtok je ovlivněn jak mírným zvýšením teploty vzduchu, která způsobila tání sněhové pokrývky, tak také srážkovým úhrnem, který v tento den dosáhl 14,2 mm. Jedná se o první jarní tání. Po této povodňové události se teploty vzduchu pohybují opět pod bodem mrazu, dochází k ustalování průtoku, který neovlivnila ani jedna z menších srážkových událostí. Na konci měsíce dochází opět k oteplení a také ke zvýšení průtoku.

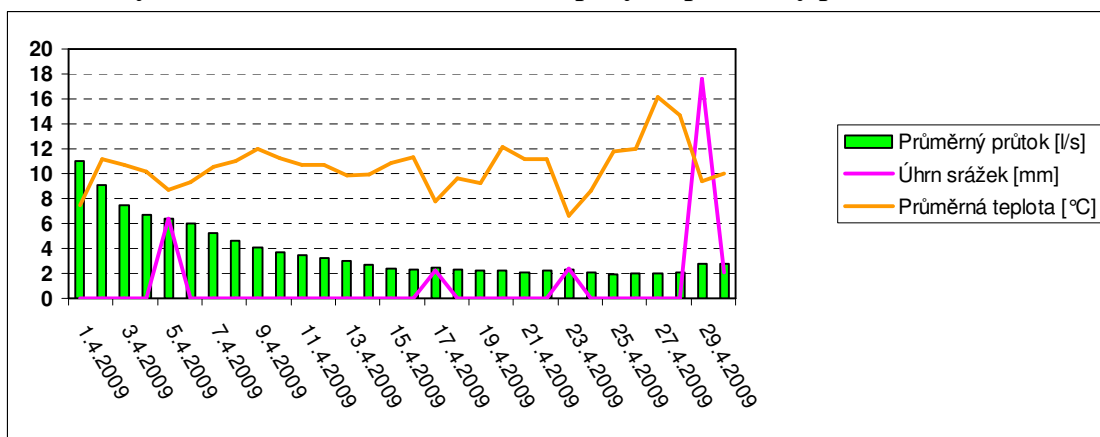


### 5.3.3. Březen 2009, Duben 2009 ( 1.3.2009 -30.4.2009)

Graf č. 6 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



Graf č. 7 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



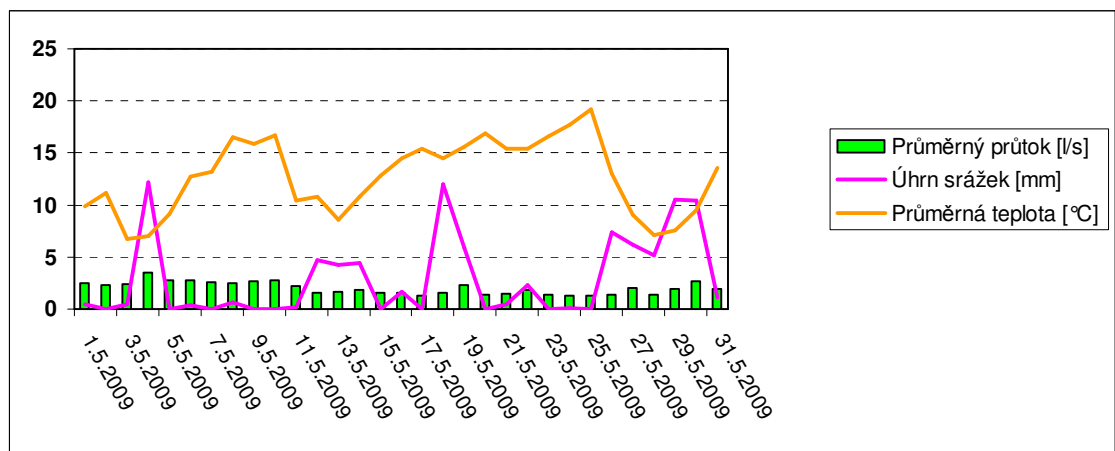
Na začátku měsíce března došlo k prvnímu velmi výraznému tání sněhové pokrývky, to způsobilo povodňovou vlnu, kde hodnota průtoku se vymrštila k 64,2 l/s. Tato vysoká hodnota byla způsobena tím, že půdní profil byl stále ještě promrzlý, dále se k tomu přidala menší srážková událost, kdy na povrch spadlo 8,4mm. Během dalšího týdne začalo opět mrznout, což přineslo tuhé srážky a promrznutí půdního profilu. Během tohoto měsíce došlo ještě ke dvěma povodňovým vlnám a to 13.3. a 30.3., kde u první se hodnota pohybovala kolem 30 l/s a u druhé lehce přesahovala 20 l/s. Třetí povodňová vlna byla ovlivněna jak kladnými teplotami vzduchu, kdy docházelo k tání sněhové pokrývky, tak i srážkovou událostí, jejíž hodnota byla 8,8 mm.

Na začátku měsíce dubna dochází k výraznému oteplení, kdy by se dalo říci, že dochází k finálnímu roztávání sněhové pokrývky. Průtok se pomalu ustaluje a z počáteční hodnoty 20 l/s, která byla naměřena na konci března se dostává

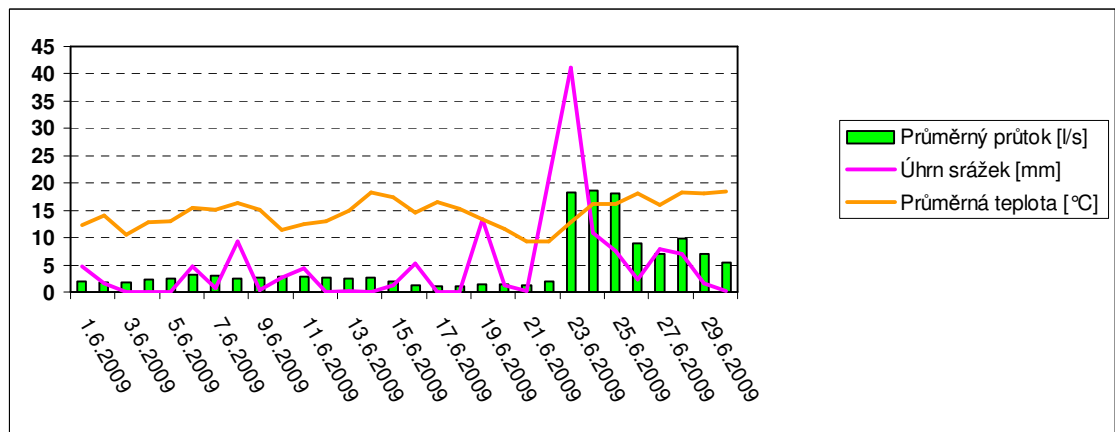
k hodnotě kolem 5 l/s. Během měsíce dubna jsou patrné 4 srážkové události, kde první tři žádným způsobem průtok neovlivní, až u poslední dochází jen k mírnému zvýšení průtoku, ačkoli je tato srážková událost nejvýraznější v tomto měsíci. Důvodem je poměrně vysoká teplota a tím také zvýšená intercepce (zadržení vody na rostlinách)

### 5.3.4. Květen 2009, Červen 2009 ( 1.5.2009 -30.6.2009)

Graf č. 8 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



Graf č. 9 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok

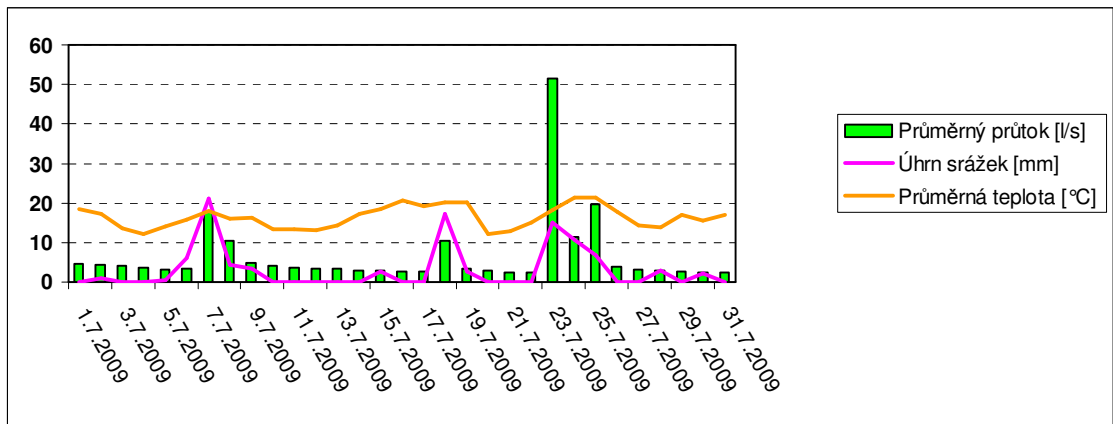


Po celé toto období je průtok poměrně stejný i když dochází ke 4 výraznějším srážkovým událostem. Ty se projeví jen zvýšením průtoku o 0,5 l/s. Spadlé srážky se vsakují do půdy a nebo se odpařují ze vzrostlých rostlin, které se zde již v tuto dobu vyskytují a zadržují tím vodu.

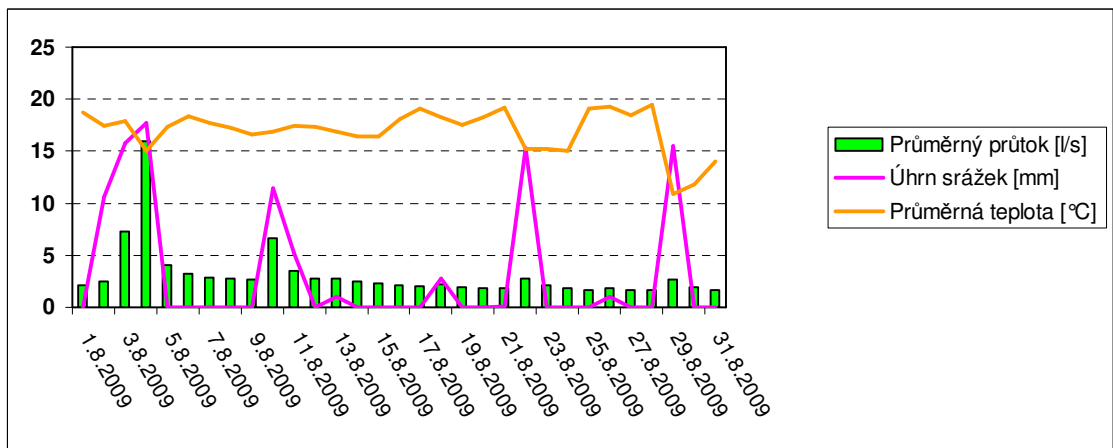
Začátek měsíce června je poměrně stejný, dochází k několika srážkovým událostem, které však průtok výrazně neovlivní. Ke zvýšení průtoku dochází po srážkové události, která nastala 22.6. a trvala 3 dny. Za tuto dobu na dané území spadlo 72,9 mm srážek, což vedlo k tomu, že se průtok z 1,9 l/s zvedl během jednoho dne na 18,2 l/s. Důvodem takto vysokého průtoku je také fakt, že celý měsíc červen je poměrně deštivý a voda už se neměla kam vsakovat, půdní profil už byl zcela nasycený.

### 5.3.5. Červenec 2009, Srpen 2009 ( 1.7.2009-31.8.2009)

Graf č. 10 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



Graf č. 11 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



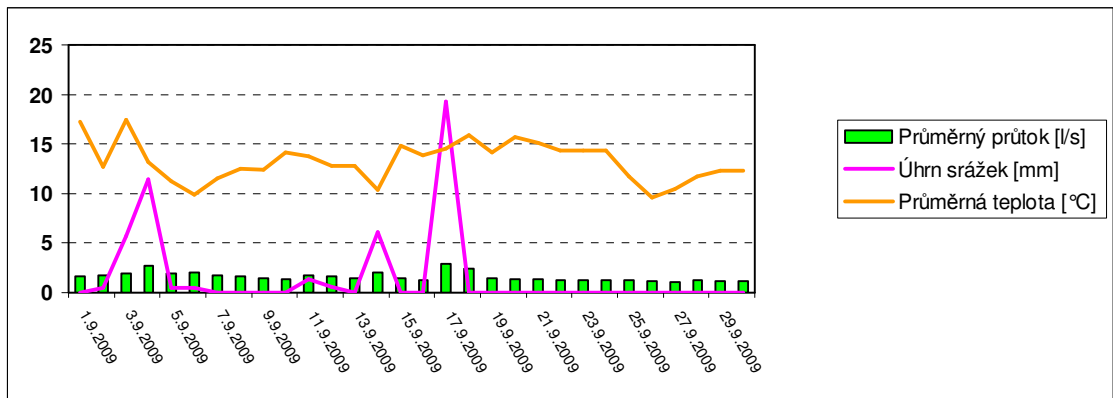
Na počátku měsíce přichází první přívalová bouřka, konkrétně 7.7. kdy spadlo 21,2 mm srážek. Na grafu je patrný rychlý nástup povodňové vlny, který však poměrně rychle poklesává a během dalších dnů dochází k ustalování průtoku, a to, až do 18.7., kdy přichází další srážková událost, při které spadne 17,3 mm srážek a průtok se zvýší na 10,4 l/s. Největší skok v průběhu tohoto měsíce u průtoku je 23.7., kdy přichází, co se týče hodnot, menší srážková událost, ale z důvodu plného nasycení půdy se na průtoku v uzávěrovém profilu projevuje nejvýrazněji a to hodnotou 51,4 l/s.

Začátkem srpna byla další letní přívalová bouřka, během které se průtok zvýšil. Hodnota spadlých srážek je 17,7 mm a průtok byl 16 l/s, dá se tedy říci, že množství srážek, které během této události spadlo, také během této doby oteklo z uzávěrového profilu. To bylo způsobeno nasyceným půdním povrchem. Při dalších dešťových událostech k takto výraznému zvýšení průtoku

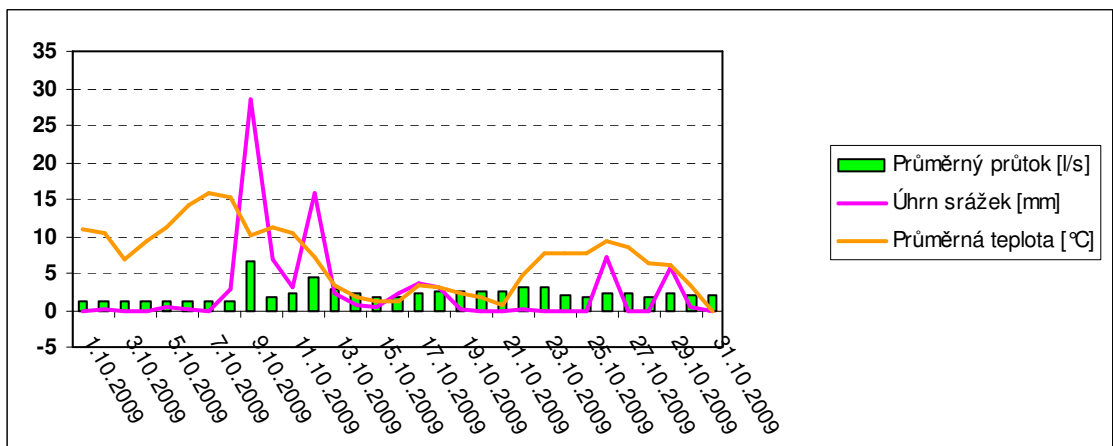
nedošlo. Vlivem vysokých teplot se poměrně rychle odpařovala voda z rostlin a půdy, což vedlo k tomu, že ke konci měsíce byla půda i rostliny schopny vodu opět zadržet, proto se srážkové události nijak výrazněji neprojevily na průtocích.

### 5.3.6. Září 2009, Říjen 2009 (1.9.2009 -31.10.2009)

Graf č. 12 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



Graf č. 13 Vyhodnocení vlivu úhrnu srážek a teploty na průměrný průtok



Měsíc září je teplotně nadprůměrný, po celou dobu téměř neklesne teplota pod 10 °C. Toto je jeden z důvodů proč srážky, které během tohoto měsíce přijdou, průtok nijak výrazně neovlivní a to ani podzimní bouřka 17.9. kdy úhrn srážek je 17,3mm. V té době dojde ke zvýšení průtoku o 1,6 l/s. Po zbytek měsíce se srážky nevyskytují a průtok zůstává kolem hodnoty 1,4 l/s. Měsíc září byl jeden z měsíců, kdy spadlo poměrně malé množství srážek viz tabulka č. 4.

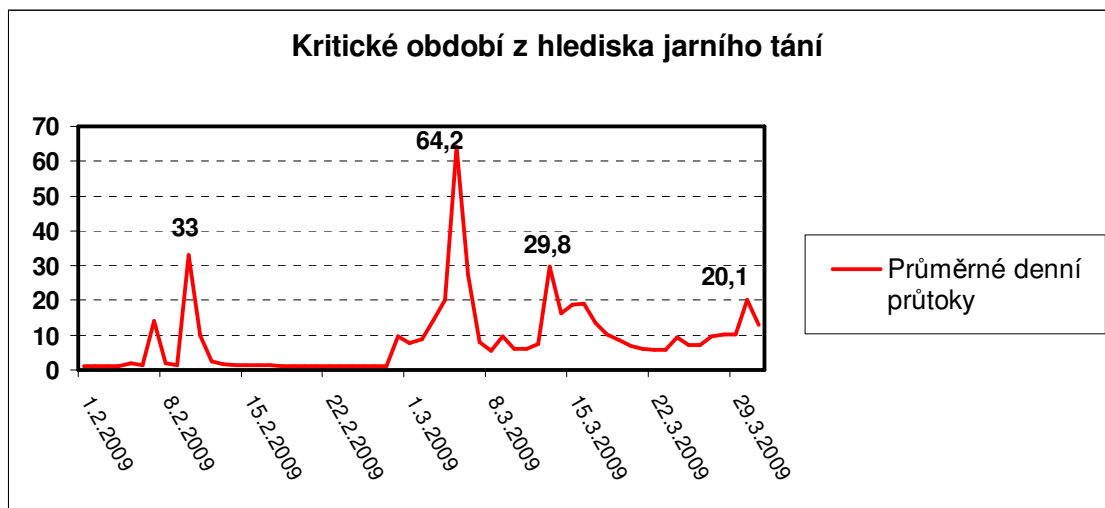
Říjen je co se týče srážek poměrně vydatný. První větší srážková událost nastala 9.10. a spadlo 28,6 mm. V tento okamžik vznikla první menší povodňová vlna, která však měla rychlý ústup. O dva dny později došlo k další srážkové události, která se projevila menším zvýšením průtoku než předešlá. Zbytek měsíce byl na srážky už méně výrazný, docházelo k ustalování průtoků. Teploty vzduchu během tohoto měsíce značně kolísaly. Nejvyšší naměřená teplota byla 15,8 °C a to 7.10., zatím co na konci měsíce byla naměřená teplota již u bodu mrazu.

## 5.4. Stanovení kritického období z hlediska jarního tání

Za kritické období z hlediska jarního tání pro hydrologický rok 2009 byly zvoleny měsíce Únor 2009 a Březen 2009, během kterých došlo k velmi výraznému zvýšení průtoku vlivem oteplení a táním sněhové pokrývky.

K prvnímu zvýšenému průtoku došlo 7.2. kdy teplota vzduchu stoupla ke 2°C, průtok při tomto oteplení byl 33 l/s. Další kritické období, které bylo tentokrát mnohem výraznější, bylo na začátku března, konkrétně pak 5.3., kdy se průtok zvedl až na 64,2 l/s. Do konce měsíce března se vyskytly ještě dvě menší povodňové vlny, první z nich byla 13.3. a dosahovala hodnoty průtoku 29,8 l/s a druhá 30.3. u níž hodnota průtoku byla 20,1 l/s. Všechny 4 povodňové vlny měly rychlý nástup a také velmi rychle odezněly, to vše je patrné v grafu č. 14.

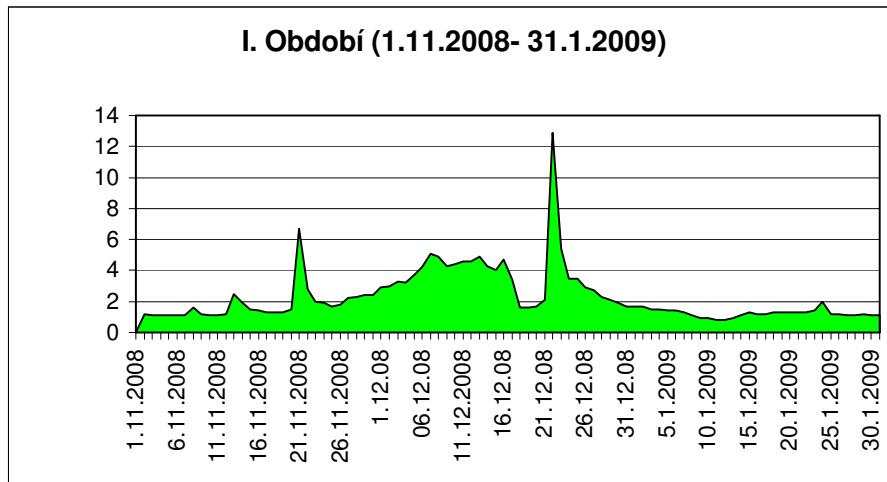
Graf č.14 Posouzení kritického období z hlediska jarního tání



## 5.5. Posouzení sezónního kolísání průtoků na uzávěru povodí

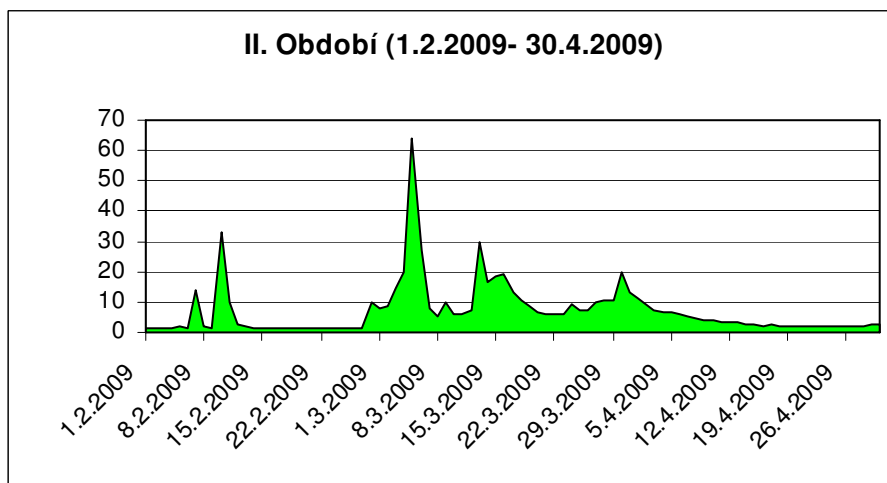
Pro posouzení kolísání průtoků na uzávěru povodí, byla jednotlivá data za hydrologický rok 2009 rozdělena do 4 období, která jsou znázorněna v grafické podobě.

Graf č.15 I. Období (1.11.2008-31.1.2009)



V průběhu prvního období je sice patrné poměrně velké kolísání průtoků na uzávěru povodí, ale hodnoty jednotlivých průtoků nejsou příliš vysoké. Jedná se o rozmezí hodnot od 1,1 l/s do 12,9 l/s.

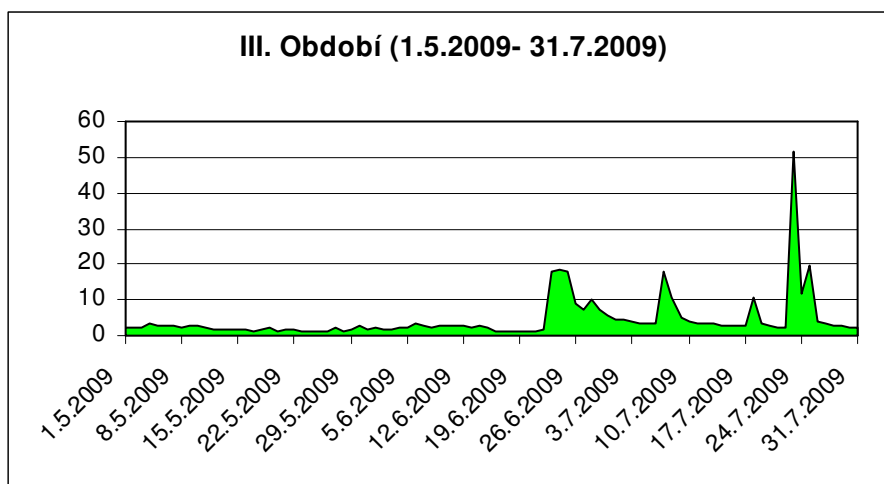
Graf č.16 II. Období (1.2.2009-30.4.2009)



Ve druhém sledovaném období jsou průtoky na uzávěru povodí znatelně vyšší. Zde se jejich hodnota pohybuje od 1,1 l/s do 64,2 l/s, což je pětinašobek hodnoty u předešlého období.

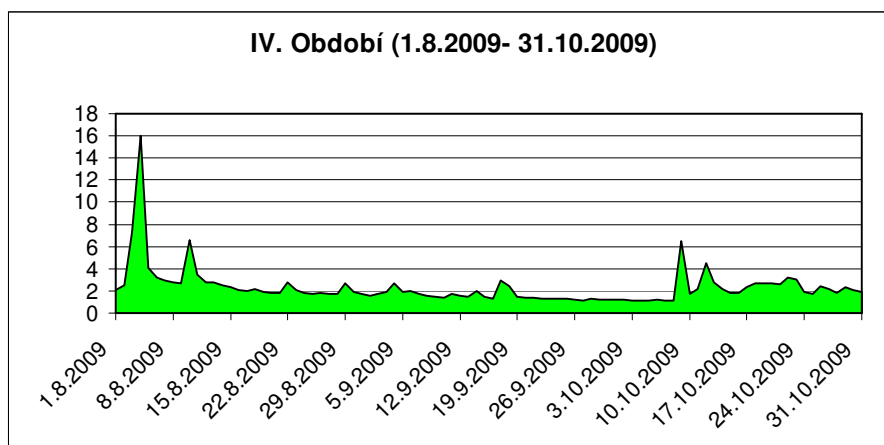


**Graf č.17 III. Období (1.5.2009- 31.7.2009)**



V průběhu třetího období dochází ke značnému kolísání průtoku až ve druhé polovině, což odpovídá měsíci červenec. Během tohoto období je nejnižší naměřený průtok 1 l/s a nejvyšší 51,4 l/s.

**Graf č.18 IV. Období (1.8.2009- 31.10.2009)**



Ve čtvrtém období pak k nejvýraznějšímu kolísání průtoků dochází na začátku měsíce srpna, kdy je nejvyšší hodnota 16 l/s. Nejnižší hodnotou v tomto období je 1,1 l/s.

Porovnáme-li všechna zvolená období, zjistíme, že nejvyšší kolísání průtoků na uzávěru povodí je ve II. období, tedy od 1.2.2009 do 30.4.2009, kdy rozdíl hodnota mezi nejnižším a nejvyšším průtokem je 63,1 l/s. Následovalo by III. období, kde rozdíl hodnot s nejvyšším a nejnižším průtokem je 50,4 l/s. Zbývá dvě období jsou v kolísání průtoků velmi podobná.

## 6 Závěr

Záměrem této práce bylo zhodnotit povodňové průtoky ve výzkumné oblasti Jenínského potoka, která spadá pod Zemědělskou fakultu Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích od roku 2000. Pro tuto práci byl zvolen hydrologický rok 2009, tedy od 1. 11. 2008 do 31. 10. 2009.

Hlavním tématem diplomové práce bylo vyhodnotit kolísání průtoků na uzávěru povodí a za jakých situací k tomu dochází. Pro lepší znázornění byl hydrologický rok rozdělen do šesti období, vždy po dvou měsících. Tyto období jsou znázorněny graficky a je z nich zcela patrné za jakých okolností se průtoky zvyšovaly popřípadě ustalovaly. Můžeme zde pozorovat vlivy jarního tání, změn teplot nebo srážkových událostí. Dalšími faktory, které v daných mikropovodích ovlivňují průtok na uzávěru povodí jsou například evaporace, infiltrační schopnost půdy nebo nasycenost půdního profilu.

Dále jsem v této práci hodnotila funkčnosti drenážního systému. Zejména pak funkčnost jednotlivých šachtic, jaké jsou uvnitř šachtice průtoky a z jak velké plochy daná šachtice odvádí vodu. Tento výzkum také proběhl ve dvou obdobích, aby bylo možné porovnat jednotlivé výsledky. Před několika lety zde byla provedena hydromeliorace. Po terénním šetření jsem však zjistila, že odvodnění, které zde bylo provedeno je z větší části nefunkční, šachtice byly ve zdevastovaném stavu. Hlavním z důvodů je chov dobytka, který má na odvodněných pozemcích volné výběhy. Funkční šachtice byly převážně na hlavním drenážním systému.

Získáním a vyhodnocením všech těchto údajů je možné komplexně vyhodnotit povodňové průtoky, při jakých situacích k nim dochází a jak mohou povodně ohrozit tuto výzkumnou oblast.

## 7 Seznam použité literatury

- Bezdiček V.**, Hydrologie, Ediční středisko VUT v Brně, 1966, str.54-58
- Brázdil R. a kol.**, Historické a současné povodně v České republice, Masarykova univerzita v Brně, ČHÚ v Praze, Praha- Brno, 2005, ISBN 80-210-3864-0
- Bumerl M.**, HYDROLOGIE, učební text pro studenty SOŠ OTŽP, Veselí nad Lužnicí, 2003
- Cílek V., Kopp J., Šamalová Z.**, Bez vody není života, Consult, Praha, 2006, ISBN 80 903482-1-1
- Culek M. a kol.**, Biogeografické členění České republiky, Enigma, Praha, 1996, ISBN 80-85368-80-3
- Čamarová L., Jílková J. a kol.**, Povodňové škody a nástroje k jejich snížení, Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Vysoká škola ekonomická, Praha, 2006
- Čamarová L., Hromádka P.**: Vyhodnocení řízených rozhovorů: příčiny, následky a možnosti řešení lokálních bleskových povodní z pozice samosprávných obcí, Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Vysoká škola ekonomická, Praha, 2006
- ČHMÚ : Český hydrometeorologický ústav** : hydrologická služba (online). ČHMÚ, 2002 (cit. 2010-01-15). Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>.
- Gergel J. a kol.**, Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocování kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí, Metodika 12/1994, VÚMOP, Praha, 1994
- Havlík A.**, Metodika odhadu kulminačního průtoku při povodňových průtocích pomocí hydraulických výpočetních postupů, ČVUT, Praha, 2006
- Hrádek F., Kuřík P.**, Maximální odtok z povodí: Teorie svahového odtoku a hydrologický model Česká zemědělská univerzita, Praha, 2001
- Jandora J., Stara V., Starý M.**, Hydraulika a hydrologie, Vysoké učení technické, Brno, 2002, ISBN 80-214-2204-1
- Janský B., Kopp J., Cílek V., Hladný J.**, Oběh vody, Konsult, Praha, 2006, ISBN 80-903482-1-1
- Just T. a kol.**, Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochranně před povodněmi, AKREDIT s.r.o., 2005, ISBN 80-239-6351-1

**Kakos V.**, Voda v České republice: Povodně, Consult, Praha, 2006, ISBN 80-903482-1-1

**Kašpárek J.**, Měření povodňových průtoků, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 2003

**Kemel M.**, Klimatologie, meteorologie, hydrologie, ČVUT: Praha, 1996

**Krešl J.**, Hydrologie, 2001th ed.; Mendelova zemědělská a lesnická univerzita: Brno, 2001, ISBN 80-7157-513-5

**Kulhavý F., Švihla Vl.**, Zákon o krajinných melioracích, Studie Mze ČR, Praha, 1997

**Kuřík P., Hrádek F.**, Hydrologie: Rozšířené sylaby vybraných kapitol, Lesnická fakulta, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2001, ISBN 80-213-0950-4

**Leibundgut, Ch., Uhlenbrook, S., McDonnell, J.** (Eds.),. Runoff Generation and Implications for River Basin Modelling, 2001

**Meteorologický slovník výkladový a terminologický.** : Ministerstvo životního prostředí ČR, Academia, Praha, 1993.

**Procházka M., Heřman J.**, Intervalový odhad návrhových hydrologických veličin, Vysoké učení technické, Brno, 1994, ISBN 80-85900-00-9

**Mazín V. A.**, Změny využívání pozemků jako protipovodňová prevence při pozemkových úpravách, Mezinárodní konference: Protipovodňová prevence a krajinné plánování, ČSSI, Pardubice, 2003, str. 51- 56, ISBN 80-903258-1-5

**Merritt M. D., Wohl E. E.**, Procese governing hydrochory along rivers: hydraulics, hydrology and dispersal, Ecological Applications 12:4, 1071-1087, 2002

**Němec J.**, Inženýrská hydrologie, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1964

**Netopil R.**, Základy hydrologie povrchových a podpovrchových vod, Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1969

**Psoťová H.**, Ochrana před povodněmi a tvorba krajiny v praxi, Mezinárodní konference: Protipovodňová prevence a krajinné plánování, ČSSI, Pardubice, 2003, str. 51- 56, ISBN 80-903258-1-5

**Ředinová J., Pavlásek J., Máca P.**, Hydrologie: Návody ke cvičením, ČZU, Praze, 2009

**Seifert V.**, Hydrometeorologická data pro vodohospodáře, Praha, 1997

**Singh, V.P.**, Effect of the direction of storm movement on planar flow, Hydrological Processes 12, 1998

**Strnadová N., Janda V.:** Technologie vody, FTOP VŠCHT, Praha, 1995

**Šilař J.**, Studijní podklady k péči o životní prostředí č. 3/1985, Rada pro životní prostředí, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1985

**Štěkl J., Brázdil R.a kol.** Extrémní denní srážky na území ČR v období 1879-2000 a jejich synoptické příčiny, 2001

**Vaníček V.:** Water as the dynamic indicator of the ecological valency of the rural landscape structure and integrity of its environment. Conf. on Environmental Management of Agricultural Watersheds, IIASA-ČSAV, Smolenice, 1979

**Yue S., Ouarda T. B. M. J., Bobée B., Legendre P., Bruneau P.,**The Gumbel mixed model for flood frequency analysis, Journal of Hydrology, Volume 228, Issues 3-4, Page 283, 2000

**Zachar D.**, Les jako súčasť životného prostredia, Veda, Bratislava 1977

**Zákon č. 254/2001 sb.,** ze dne 28.6.2001 O vodách a o změně některých zákonů

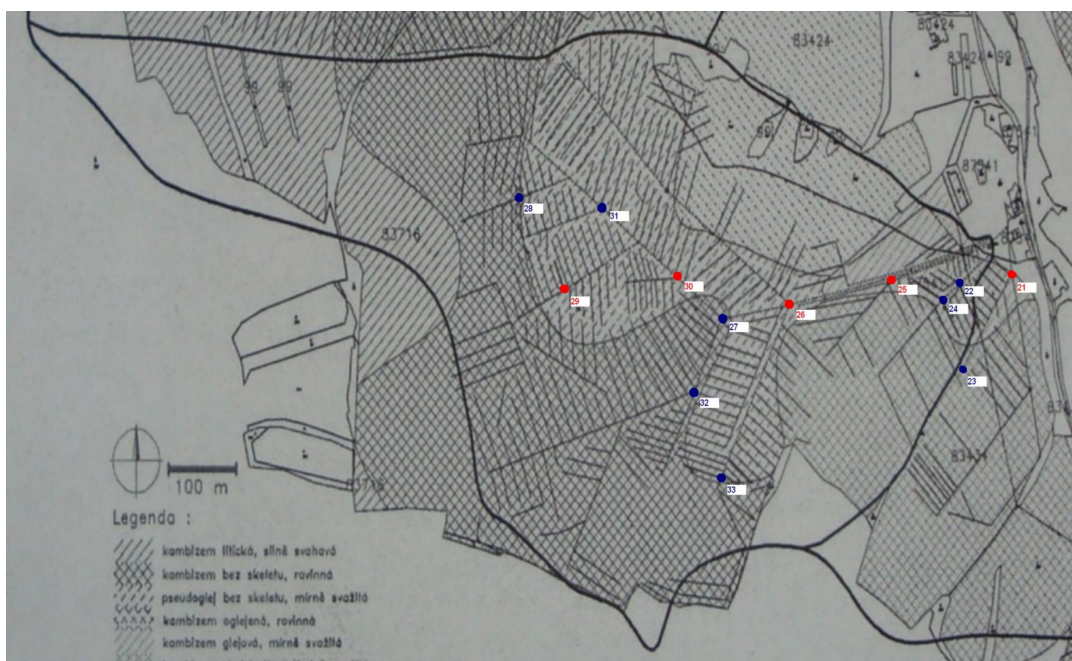
## **8 Přílohy**

- Příloha:**
- Obr.1: Mapa zobrazení šachtic v lokalitě Jenín I.**
  - Obr.2: Mapa zobrazení šachtic v lokalitě Jenín II.**
  - Obr.3: Mapa zobrazující plochy, ze kterých odteče voda do příslušné šachtice**
  - Obr.4: Mapa BPEJ**
  - Obr.5: Mapa BPEJ se zakreslením odvodnění**
  - Obr.6: Ukázka nefunkční šachtice**
  - Obr.7: Ukázka nefunkční šachtice- vnitřek**
  - Obr.8: Odvodněná plocha- zimní období**
  - Obr.9: Thomsonův přepad v lokalitě Jenín**
  - Obr. 10: Odvodněná plocha Jenín na jaře**

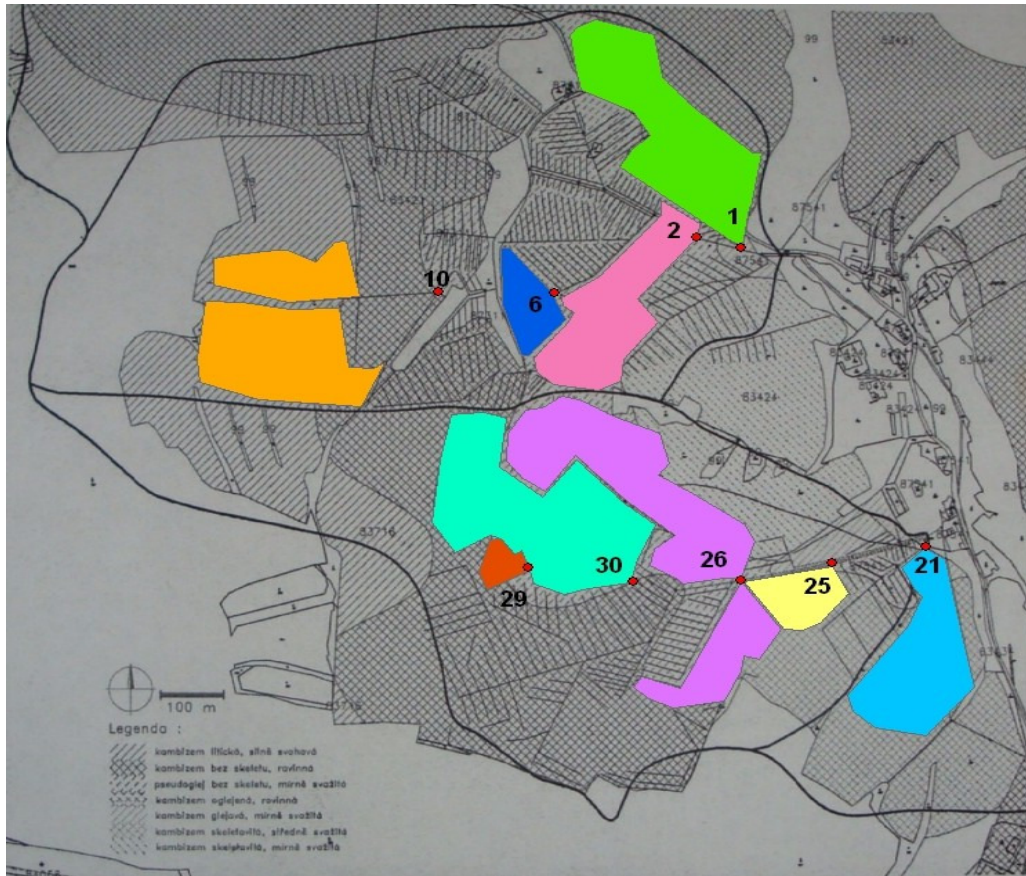
Obr. číslo 1: **Zobrazení šachtic v lokalitě Jenín I**



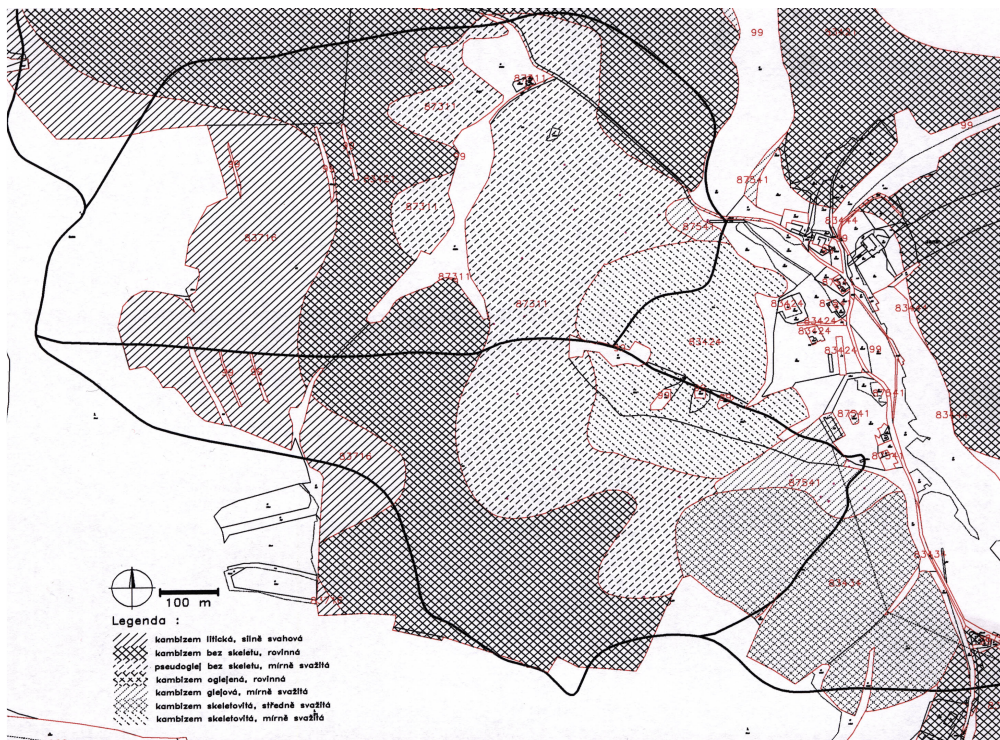
Obr. číslo 2: **Zobrazení šachtic v lokalitě Jenín II**



Obr. číslo 3: **Mapa zobrazující plochy, ze kterých odteče voda do příslušné šachtičky**

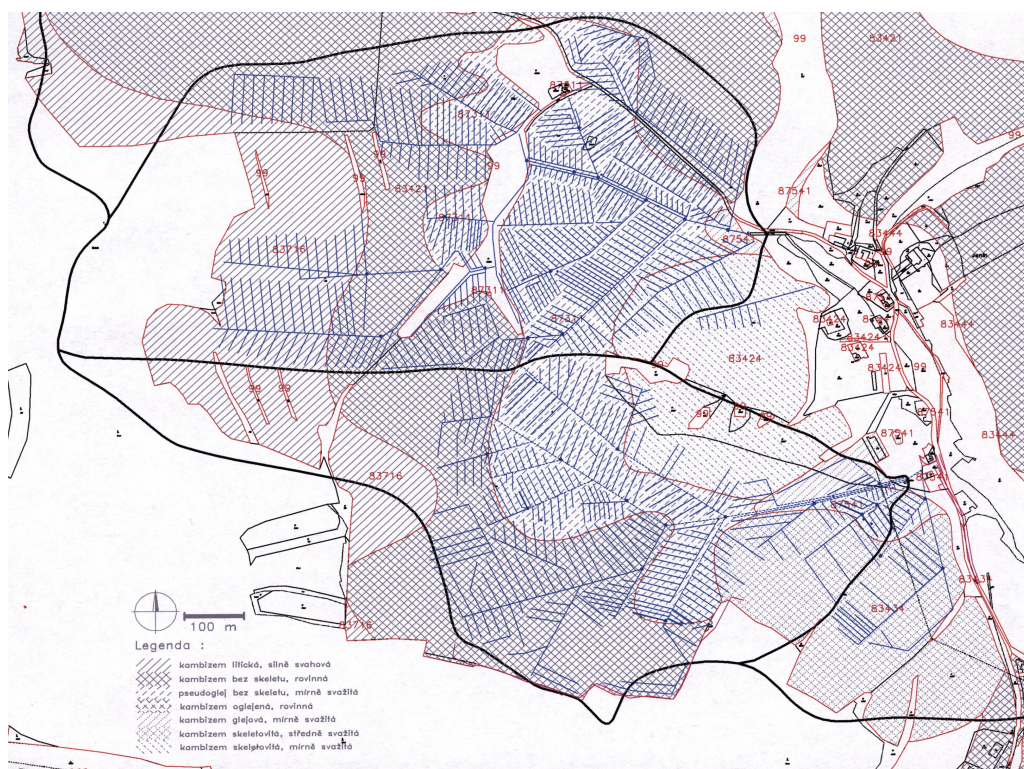


Obr. číslo 4: **mapa BPEJ**





Obr. číslo 5: Mapa BPEJ se zakreslením odvodnění



Obr. číslo 6: Ukázka nefunkční šachtice



Obr. č. 7: Ukázka nefunkční šachtice- vnitřek



Obr. č. 8: Odvodněná plocha- zimní období



Obr. číslo 9: **Thomsonův přepad**



Obr. číslo 10: **Odvodňená plocha Jenín na jaře**

