

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Katedra Pozemkových úprav**

**Obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**na téma:**

**VYHODNOCENÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ V ZÁVISLOSTI  
NA SRÁŽKOVÝCH ÚHRNECH V POVODÍ TOKU OSTŘICE**



Autor práce:

Milena Cerhánová

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Ondr, CSc.

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce ing. Pavlu Ondrovi, CSc. a členům katedry pozemkových úprav, jmenovitě ing. Pavlu Žlábkovi a ing. Monice Koupilové za vstřícnost, ochotu, pomoc a cenné rady.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně na základě vlastních zjištění, poskytnutých materiálů, informací a uvedené literatury.

V Českých Budějovicích dne .....

.....

Milena Cerhánová

## OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>4</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>8</b>
2.1 KOLOBĚH VODY .....	8
2.1.1 <i>Stručný popis oběhu vody</i> .....	9
2.1.2 <i>Výpar</i> .....	10
2.1.3 <i>Kondenzace</i> .....	10
2.1.4 <i>Srážky</i> .....	11
2.1.5 <i>Odtok</i> .....	14
2.1.6 <i>Infiltrace</i> .....	18
2.2 METODY MODELOVÁNÍ SRÁŽKO-ODTOKOVÝCH VZTAHŮ.....	21
2.2.1 <i>Metoda čísel odtokových křivek - CN</i> .....	21
2.2.2 <i>Metoda Green-Ampt</i> .....	22
2.3 POVODÍ A ROZVODÍ.....	23
2.3.1 <i>Koloběh vody pro povodí</i> .....	24
2.4 HYDROMETRIE .....	25
2.4.1 <i>Vodní stav</i> .....	27
2.4.2 <i>Měření průtoku</i> .....	27
2.5 ZPŮSOBY ZJIŠŤOVÁNÍ NĚKTERÝCH HYDROMETEOROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK PRO POVODÍ.....	28
2.5.1 <i>Zjištění dlouhodobých srážkových úhrnů</i> .....	28
2.5.2 <i>Zjištění srážkových úhrnů určité zabezpečení</i> .....	28
2.5.3 <i>Intenzita přívalových dešťů</i> .....	28
2.5.4 <i>Zhodnocení sněhových srážek</i> .....	29
2.5.5 <i>Výpočet výparu</i> .....	30
<b>3 METODIKA</b> .....	<b>31</b>
<b>4 VYBRANÉ POVODÍ</b> .....	<b>32</b>
4.1 FYZICKO – GEOGRAFICKÉ CHARAKTERISTIKY POVODÍ.....	32
4.3 KLIMA .....	33
4.4 PŮDNÍ POMĚRY .....	34
4.4 HYDROLOGICKÉ POMĚRY .....	35
4.4.1 <i>Hydroekologický rajon</i> .....	35
4.4.2 <i>Hydrogeologický rajon</i> .....	35
4.4.3 <i>Podzemní vody</i> .....	35
4.4.4 <i>Povrchové vody</i> .....	36
4.5 BIOREGION .....	36
4.6 REVITALIZACE.....	38
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>39</b>
5.1 VYHODNOCENÍ SRÁŽEK NA POVODÍ TOKU OSTŘICE.....	39
5.2 VYHODNOCENÍ PRŮTOKŮ NA POVODÍ TOKU OSTŘICE .....	41
5.2.1 <i>Měření průtoků</i> .....	41
5.2.2 <i>Výpočet průtoku</i> .....	43
5.3 VZTAH MEZI SRÁŽKAMI A PRŮTOKEM.....	43

5.3.1 Období srážkového i průtokového maxima .....	44
5.3.2 Období, ve kterém se srážky projevily zvýšeným průtokem .....	46
5.3.3 Období, ve kterém se srážky neprojevily zvýšeným průtokem.....	48
5.3.4 Shrnutí všech období.....	50
5.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PRŮTOK.....	50
5.4.1 Reliéf.....	50
5.4.2 Velikost a tvar povodí.....	50
5.4.3 Fyzikální vlastnosti půdy.....	51
5.4.4 Geologické poměry.....	51
5.4.5 Vegetační pokryv.....	52
5.4.6 Výpar .....	53
5.5 DOPORUČENÍ .....	53
6 ZÁVĚR.....	54
<b>7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>56</b>

## 1 ÚVOD

Země bývá často označována jako „modrá planeta“. Je to tím, že více než 3/4 jejího povrchu zaujímá voda. Přes 94 % této vody je přitom vázáno ve světovém oceánu, na sladkou vodu pak připadá necelých 6 %. Voda se na Zemi vyskytuje v mnoha různých podobách a skupenstvích. V atmosféře jsou to vodní páry, jako zástupce plynného skupenství, na zemském povrchu a pod ním nalézáme vodu ve skupenství kapalném, shromážděnu do oceánů a jezer a proudící v korytech nadzemních a podzemních toků a v neposlední řadě ve skupenství pevném v podobě horských a polárních ledovců. Pohyb vody a změna jejího skupenství se nazývá vodní koloběh a je jedním z nejdůležitějších procesů dějícím se na planetě Zemi.

Voda je velmi důležitým rozpouštědlem, ve kterém probíhají veškeré chemické reakce, důležité pro život organismů. I z tohoto důvodu je většina těl živočichů tvořena z velké části vodou. Například lidské tělo tvoří voda ze sedmdesáti procent a těla rostlin dokonce až z devadesáti procent. Vodu je tedy možné nazvat nepostradatelnou a nenahraditelnou kapalinou pro život na naší modré planetě. Nutnost ochrany vody a jejích zásob je tedy více než zřejmá.

V současné době jsou jedním z nejdiskutovanějších témat na území naší republiky, týkající se vody, povodně. Hovoří se o jejich příčinách, důsledcích a možnostech předejití jejich vzniku. Povodňové stavy se v poslední době, patrně vlivem nejrůznějších, již dříve předpovězených změn globálního klimatu, vyskytují stále častěji. Vzhledem k tomu, že nyní ještě neumíme dobře předpovídat tyto epizody a neumíme ani dostatečně rychle napravit chyby způsobené nepromyšleným chováním lidstva a tedy řešit příčiny povodní, snažíme se alespoň zmírňovat jejich důsledky a dopady, tak aby, co nejméně poškozovaly člověkem změněnou krajinu. Na mnoha místech, se objevují nová protipovodňová opatření a na jiných místech se tato opatření teprve připravují. Pro navržení správných a správně umístěných protipovodňových opatření, je potřeba určit a studovat veškeré faktory, které mohou ovlivňovat průtok.

Hlavním cílem této diplomové práce je zjistit závislost průtokových poměrů na srážkových úhrnech, tedy, jak a za jak dlouhý časový úsek se srážka spadlá na sledované povodí, případně jeho část, projeví na celkové charakteristice daného průtoku. Tato

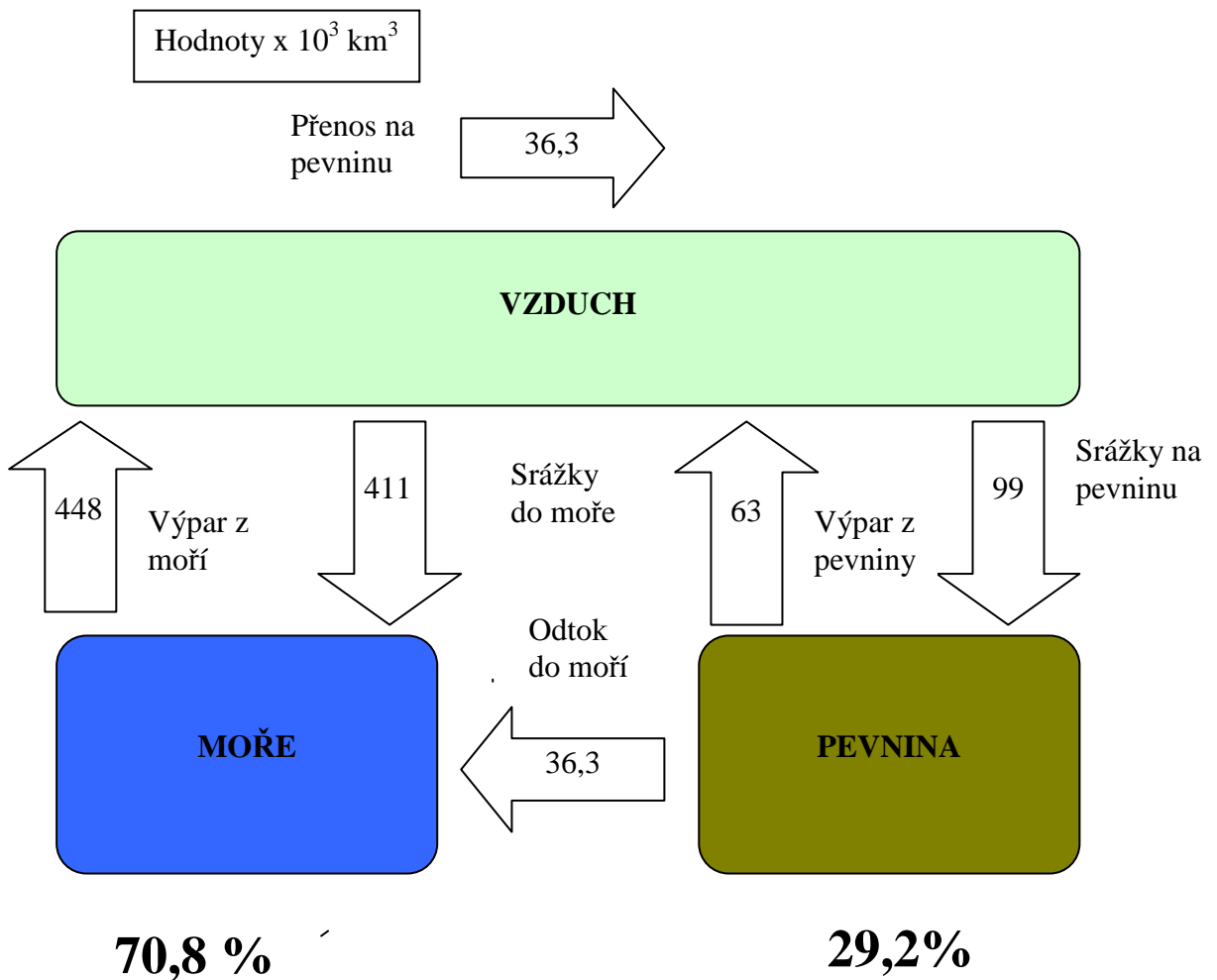
charakteristika byla monitorována pomocí měřicí soustavy k měření výšky hladin s následným použitím získaných dat pro výpočty průtoků. Závislost na srážkových úhrnech byla vybrána vzhledem k tomu, že srážky jsou považovány za základní faktor ovlivňující průtok.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Koloběh vody

Je hydrologický cyklus, doprovázený změnami skupenství. K oběhu dochází účinkem sluneční energie a zemské gravitace.

Následující schéma znázorňuje, jak dochází ke koloběhu vody v přírodě a jaké zastoupení mají jeho jednotlivé složky:



Dalo by se říci, že právě tento koloběh dělá Zemi takovou jakou ji známe. Koloběh vody se dá rozdělit na 15 dílčích částí, kterými jsou : zásoby vody v mořích, výpar, voda v atmosféře, kondenzace (tvorba oblaků), srážky, zásoby vody v ledu a sněhu, odtok z tajícího sněhu do vodních toků, povrchový odtok, říční odtok, sladkovodní zásoby, vsakování, odtok



z podzemních vod, prameny, odpařování vody z rostlin a zásoby podzemních vod.

### 2.1.1 Stručný popis oběhu vody

Oběh vody sice nemá počátek, ale oceány jsou příhodné místo, kde lze začít s jeho popisem. Slunce, které je strůjcem oběhu vody, ohřívá vodu v oceánech, a ta se vypařuje ve formě vodní páry do vzduchu. Stoupající vzdušné proudy unášejí vodní páru výše do atmosféry, kde nižší teplota způsobuje kondenzaci vodní páry a její přeměnu na oblaky. Vzdušné proudy dále ženou oblaka nad zemí a částice vody tvořící oblaky se srážejí, rostou a poté vypadávají z oblohy jako srážky. Některé srážky padají jako sníh a mohou se hromadit jako ledové čepice a příkrovy či ledovce. V teplejším klimatu sníh s příchodem jara většinou taje a voda vytváří celoplošný odtok z tajícího sněhu. Většina srážek padá zpět do oceánů nebo na pevninu, odkud díky zemské tíži jako povrchová voda odtéká. Část odteklé vody napájí řeky, které poté odvádějí vodu do oceánů. Povrchový odtok a prosakující podzemní voda se hromadí jako sladká voda v jezerech a řekách. Ne všechna odtékající voda končí ihned v řekách, ale většina vody se vsakuje do půdy. Část této vsáklé vody zůstane blízko zemského povrchu a může znovu napájet povrchové vody (a moře) jako přítok z podzemní vody. Někdy nachází mezery v zemském povrchu a vynořuje se jako sladkovodní pramen. Mělká podzemní voda je vytahována kořeny rostlin a odpařována povrchem listů do atmosféry. Část podzemní vody prosakuje hlouběji a obohacuje zvodně (podpovrchové zóny nasycené podzemní vodou), které dlouhodobě obsahují velké zásoby sladké vody. Také tato voda je ale v pohybu a část znovu vtéká do moří, kde oběh vody "končí" a "začíná".

Uvedené procesy (výpar, infiltrace a další) se kvantitativně vyjadřují jako tak zvané bilanční prvky v rámci hydrologické bilance. Hydrologická bilance je porovnání příjmových a ztrátových složek (bilančních prvků) hydrologického cyklu. Umožňuje určit velikost přírodních zdrojů vody a tím možnosti jejich využití v určitém území.

Pro vyhodnocování odtokových poměrů v závislosti na srážkových úhrnech jsou nejdůležitější tyto části koloběhu vody : výpar, kondenzace, srážky, odtok z tajícího sněhu do vodních toků, povrchový odtok, říční odtok a vsakování.

## 2.1.2 Výpar

Výpar je proces, při kterém dochází k přeměně vody z kapaliny na plyn či vodní páru. Výpar je základní cestou, kterou se voda dostává zpět z kapalné formy do oběhu vody jako vodní pára v atmosféře. Oceány, moře, jezera a řeky dodávají téměř 90 % vzdušné vlhkosti do naší atmosféry výparem, zbývajících 10 % pochází z transpirace rostlinami. Teplo (tepelná energie), přicházející ze slunce, je nutné (nutná) k tomu, aby došlo vůbec k vypařování. Tato energie obvykle naruší vazby mezi molekulami, které je drží pohromadě. To vysvětluje, proč se voda snadno vypařuje při bodu varu (100° C) a daleko pomaleji při bodu mrazu (0° C). Když relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 % (stav nasycení), výpar nemůže probíhat. Vypařování spotřebovává teplo z okolí.

### Výpar a oběh vody

Výpar z oceánů je primární cestou, kterou se voda dostává do atmosféry. Rozlehlá plocha oceánů (přes 70 % zemského povrchu pokrývají oceány a moře) umožňuje vypařování ve velkém měřítku. V globálním měřítku je množství vypařené vody shodné s objemem vody vracejícím se na Zemi ve formě srážek. To je však z geografického hlediska proměnlivé. Výpar převažuje nad oceány, zatímco na pevnině je množství srážek větší než výpar. Většina vypařené vody z oceánů spadne zpět do oceánu jako srážky. Pouze asi 10 % vypařené vody z oceánu je přeneseno nad pevninu a padá zde jako srážky. Molekula vodní páry zůstává ve vzduchu zhruba 10 dní.

## 2.1.3 Kondenzace

Kondenzace je proces, při kterém dochází k přeměně vodní páry v kapalnou vodu. Kondenzace je důležitá pro oběh vody, protože při ní dochází k tvorbě oblaků. Z oblaků vypadávají srážky, což je hlavní cesta, kterou se voda vrací na zemský povrch. Kondenzace je tedy vzhledem k výparu opačný proces.

### Kondenzace ve vzduchu

I za jasné modré oblohy je voda stále přítomná ve formě vodní páry a malých částic, které jsou příliš malé na to, abychom je mohli spatřit. Molekuly vody se spojují s malými částicemi prachu, soli a kouře ve vzduchu a vytvářejí kapičky oblaků, které po spojení s jinými tvoří oblaky. Protože vodní kapičky se spojují s jinými a zvětšují se, mohou

spadnout ve formě srážek. Oblaky se tvoří v atmosféře, protože vzduch obsahující vodní páru stoupá a ochlazuje se. Slunce ohřívá vzduch blízko zemského povrchu a vzduch se tím stává lehčí a stoupá do míst s nižší teplotou. S nižší teplotou započne vyšší kondenzace a začnou se tvořit oblaky.

#### 2.1.4 Srážky

Srážky jsou pojem zahrnující velkou část hydrometeorů. (**Hydrometeor** je meteor, v meteorologickém smyslu, který tvoří vodní částice v kapalném nebo tuhém stavu a který se vznáší v atmosféře nebo je usazen na zemském povrchu. Hydrometeorem jsou jednak vertikální srážky (déšť, sníh, kroupy, atd.), jednak horizontální srážky (rosa, zmrzlá rosa, jíní, atd.), dále mlha a kouřmo, přičemž oblaka se k hydrometeorům neřadí, dále sem je řazen zvířený sníh, ale také vodní tříšť. Jedná se o částice vody, vzniklé kondenzací vodní páry, které padají z oblohy či kondenzují přímo na zemském povrchu. Srážky jsou jednou z hlavních částí koloběhu vody v přírodě. Průměrné množství a frekvence srážek jsou důležitou charakteristikou zeměpisných oblastí a rozhodujícím faktorem pro úspěšné provozování zemědělství.

Jak již bylo naznačeno výše, srážky můžeme rozdělit na:

##### **vertikální** (padající) srážky

- déšť
- mrznoucí déšť
- mrholení
- mrznoucí mrholení
- sníh
- sněhové krupky
- sněhová zrna
- krupky
- zmrzlý déšť
- kroupy
- ledové jehličky

### **horizontální** (usazené) srážky

- rosa
- jíní
- námraza
- ledovka

Z hlediska skupenství rozeznáváme **srážky kapalné** (déšť, mrholení, rosa), **srážky tuhé** (mrznoucí déšť, mrznoucí mrholení, sníh, sněhové krupky, sněhová zrna, zmrzlý déšť/krupky, kroupy, ledové jehličky, zmrzlá rosa, jíní, námraza, ledovka) a při teplotách kolem 0°C se vyskytující **srážky smíšené**.

Lze sledovat dobu trvání, intenzitu i prosté množství srážek. Množství srážek bývá udáváno v milimetrech kapalné vody spadlé na zemský povrch ( $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$ ). Sníh či kroupy zachycené srážkoměrem je proto třeba před měřením nechat roztát. Výraz srážkoměr může odkazovat na různá zařízení. Přístroj k měření úhrnu srážek se nazývá hyyetometr. Velmi zjednodušeně jej lze popsat jako nádobu s nálevkou. Přístroj zaznamenávající časový průběh dešťových srážek (např. pomocí plováku) bývá označován termínem ombrograf. Přístroj na zjišťování množství rosy má název drosometr (může mít podobu sítky spojené s vahami). V současnosti se ke sledování intenzity srážek široce využívá meteorologických radarů.

Stojí-li v cestě převládajícímu směru větrného proudění horské pásmo, vypadne převážná většina srážek (zejména dešťových) na návětrné straně a v závětrí hor tak vzniká **srážkový stín**. Typickým příkladem může být Žatecko a Roudnicko v závětrí Krušných hor a Českého středohoří, kde roční úhrn srážek dosahuje pouze kolem 450 mm.

Průměrný úhrn srážek se zvyšuje s nadmořskou výškou a maxima dosahuje (ve středoevropských podmínkách - například v Alpách či Tatrách) v nadmořské výšce kolem 2500 m. Nad touto hranicí se projevuje takzvaná **inverze srážek**, tedy pokles srážkových úhrnů.

Rozdělení intenzit srážek		
intenzita	děšť (mm/h kg/m <sup>2</sup> /h)	sněžení (cm/h)
velmi slabá	neměřitelné množství	jednotlivé vločky, které nepokrývají celý exponovaný povrch ohledu na délku trvání jevu
slabá	0,1 - 2,5	<0,5 : neovlivňuje dohlednost
mírná	2,6 - 8	0,6 - 4 : dohlednost již mírně zhoršená
silná	8 -40	>4 : dohlednost zhoršená již na 500m
velmi silná	>40	krátkodobé intenzivní sněhové přeháňky - dohlednost pod 500

### Deště a jejich rozdělení

Podle původu a okolností, za jakých vznikly, se deště dělí na:

- deště z tepla
- deště orografické
- deště cyklonální (regionální, též krajinné)

**Deště z tepla** vznikají kontaktním ohřátím vlhkého vzduchu o zemský povrch, následujícím jeho výstupem do vyšších vrstev atmosféry, kde se dynamicky ochladí, takže je v poměrně krátké době dosaženo rosného bodu. Je-li ve vzduchu přítomno dostatečné množství kondenzačních jader, nastane vysrážení přebytečné vlhkosti ze vzduchu a za příznivých podmínek narůstání vodních kapek či ledových krystalů. Pakliže dosáhnou takové tíhy, že překonají odpor stoupajícího proudu vzduchu, padají dolů a mohou dosáhnout třeba v podobě deště zemského povrchu. Tyto deště se vyznačují velkými intenzitami, zasahují menší plochy. Způsobují rozvodnění menších toků. Jsou typické pro oblasti rovníkového pásma, u nás se vyskytují v letním období.

**Deště orografické** jsou způsobeny výstupem vlhkých vzdušných hmot, vynuceným reliéfem území (pohořími, horami). Bývají často vytrvalé, z pravidla však s intenzitou menší než u dešťů první skupiny.

**Deště cyklonální** vznikají postupující tlakovou depresí (cyklonou). Malé hluboké cyklony jsou doprovázeny průtržemi mračen (velká intenzita), ploché cyklony vyvolávají vytrvalé deště zasahující velké rozlohy při nižších intenzitách – způsobují rozvodnění na celé říční síti velkých území. U nás se vyskytují dlouhodobé deště při pohybu barometrického minima od severní části Jaderského moře a severní Itálie přes Maďarsko k moři Baltskému. Vydatnost těchto dešťů jen zřídka překročí v nižších polohách 80mm/24 hod., ve vyšších polohách však může být značně vyšší.

Deště o vysoké intenzitě a krátkém trvání, zasahující malou plochu, nazýváme **lijáky**. Přestože je na našem území poměrně hustá síť vodoměrných stanic, ve kterých se pozorují vodní stavy a vyhodnocují se i odpovídající průtoky, jsme mnohdy nuceni pro nedostatek podkladů na menších tocích odvozovat maximální průtok určitého významu z dešťů. V tomto případě nás zajímá velikost intenzity deště při daném jeho trvání a periodicitě (jsou to charakteristiky tzv. blokového deště), typický časový průběh intenzity deště, velikost zasažené plochy povodí apod.

## 2.1.5 Odtok

### Celkový odtok

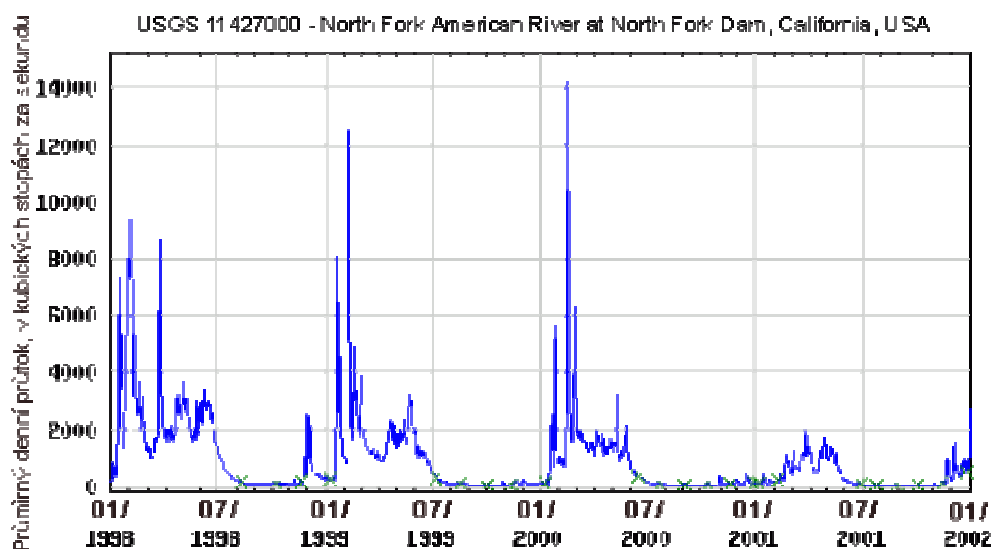
Celkový odtok se skládá z těchto součástí:

- přímý odtok, tj. odtok z ploch, jež jsou dočasně nepropustné vlivem dosažená nasycenosti půdní zóny vlivem srážek a vody
- odtok z nepropustných ploch
- povrchový odtok - je míněn odtok jako plošný jev v krajině
- podpovrchový odtok, tj. odtok vytvořený přebytkem vody v zónách spojených s vegetačním krytem (v podobě lesů, luk, atd.)
- dodatkový podzemní odtok, tj. sezónní složka celkového podzemního odtoku, který je vztažen na spodní vodu a její sezónní proměnlivost
- primární podzemní odtok, vytvářený ze zásob s dlouhou dobou zdržení v povodí, tj. odtok především z hlouběji uložených kolektorů

## Odtok vody z tajícího sněhu do vodních toků

Celosvětově je odtok ze sněhu hlavní součástí pohybu vody. V chladnějším podnebí většina jarního odtoku a většina vody v tocích pochází z tání sněhu a ledu. Kromě záplav může rychlé tání způsobit sesuvy a suťové proudy.

Dobrou metodou k pochopení, jak tání sněhu ovlivňuje průtoky v řekách, je prohlédnout si následující graf, který znázorňuje průměrné denní průtoky (průměrný průtok v každém dni) za období 4 let v profilu přehrady North Fork na stejnojmenné řece v Kalifornii. Maximální průtoky, které ukazuje graf, jsou zejména výsledkem tání sněhu. Z porovnání hodnot vyplývá, že v březnu 2000 dosahoval minimální průměrný denní průtok hodnoty 1200 kubických stop za sekundu, zatímco během srpna, kdy sníh již úplně roztál, byly průtoky o mnoho menší, a měnily se v rozmezí 55-75 kubických stop za sekundu (Pozn.: V České republice se měří průtoky v kubických metrech za sekundu).



Odtok ze sněhu je proměnlivý jak během ročního období, tak i v rámci jednotlivých let. Porovnejte nejvyšší průtoky v roce 2000 s těmi v roce 2001, které jsou o dost menší. Zdá se, jako by v roce 2001 zasáhlo Kalifornii velké sucho. Nedostatečné množství vody ve sněhu v zimě může způsobit a zhoršit deficit vody pro zbytek roku. To zase může ovlivnit zásoby vody v údolních nádržích tak, že následkem je nedostatek vody pro závlahy a zásobování obyvatel.

## **Povrchový odtok**

Srážková voda, která se nevsákne, stéká po zemském povrchu, a to při dostatečném množství nejdříve v souvislé ploše, vytvářející plošný odtok, ron. Postupně se voda soustřeďuje do dočasných stružek a potůčků a vytváří hydrografickou mikrosíť a konečně se dostává do stálých vodních toků, potoků a řek, které tvoří hydrografickou síť. (Němec, 1964)

Podobně jako ve všech ostatních částech oběhu vody, se mění vzájemný vztah srážek a povrchového odtoku v závislosti na geografii a čase. Povrchový odtok je ovlivněn jak meteorologickými faktory, tak i geologií a morfologií území. Pouze asi třetina vody ze srážek, která spadne na zemský povrch, odtéká do vodních toků a vrací se tímto způsobem do oceánů. Zbylé dvě třetiny se vypaří, jsou spotřebovány rostlinstvem nebo se vsáknou do podzemních vod. Voda tvořící povrchový odtok může být rovněž využívána lidmi pro různé účely.

## **Činitele povrchového odtoku**

Režim vodního toku je výsledkem procesu odtoku z jeho povodí. Činiteli odtoku budou tedy převážně vlastnosti povodí. Lze je rozdělit do dvou hlavních skupin: a) fyzikálně zeměpisné činitele a b) fyzikálně geometrické činitele.

### **a) Fyzikálně zeměpisné činitele**

- Klimatické faktory
  - hlavní: srážky a klimatický výpar
  - vedlejší: teplota, vlhkost, tlak, sytostní doplněk vzduchu, směr a velikost větru
- Půdní a geologické poměry povodí
  - mají hlavní vliv na rozdělení celkového odtoku mezi odtok povrchový a podpovrchový.
- Vegetační kryt
  - působí na povrchový odtok příznivě i nepříznivě. Nejdůležitějším vegetačním činitelem ovlivňující povrchový i podpovrchový odtok je les.
- Vodní nádrže umělé i přirozené
  - přestože částečně zvětšují výpar z vodní hladiny v povodí, působí příznivě na rozložení odtoku během roku a zmenšují povodňové průtoky.



- Lidská činnost
    - má vliv na odtok hlavně prostřednictvím zemědělství. Důležité jsou správné obdělávání půdy a volba osevních postupů.
- b) Fyzikálně geometrické činitele
- Velikost a tvar povodí
    - důležité pro povodňové průtoky a rozdělení průtoků v roce. Čím menší je povodí, tím větší je povodňový odtok z jednotky plochy a tím nerovnoměrněji je rozdělen odtok během roku. Tvar povodí má vliv také hlavně na maximální odtoky. Čím protáhlejšího, prutovitějšího tvaru je povodí, tím menší bude maximální průtok při stejné velikosti povodí. Největší maximální průtok bude z povodí vějířovitého tvaru.
  - Reliéf a spády hlavního toku
    - mají 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.

### **Charakteristiky povrchového odtoku**

Odtok z povodí (tj. z plochy) není přímo měřitelný, a proto ho poznáváme z měřitelných hodnot průtoků soustředěného v korytě toku v profilu uzavírajícím povodí. Charakteristiky povrchového odtoku tedy jsou: průtok  $Q$  a odtok  $O$ . Měření průtoků a odtoků se provádí každý den - pokud je setrvalý stav. Pokud je během dne zřejmá změna průtoků, měří se třikrát i vícekrát denně podle potřeby. Tyto změřené hodnoty nám ale neumožňují porovnávat jednotlivá povodí, a proto z nich vyjadřujeme takzvaný **specifický odtok**.

$$q = Q/P$$

$q$ .....	specifický odtok
$Q$ .....	průtok
$P$ .....	plocha povodí

(NĚMEC, 1964)

## **Říční odtok**

Řeky mají velký význam nejen pro lidstvo, ale fakticky pro veškerý život. Není to jen místo, kde se lidé mohou rekreovat, ale voda z řek je lidmi využívána pro zásobování pitnou vodou a pro závlahy, k produkci elektrické energie, k vypouštění (snad vyčištěných) odpadních vod, k převozu zboží a pro účely získávání potravy. Řeky jsou nezbytné pro všechny druhy rostlin a zvířat. Řeky pomáhají doplňovat a udržovat zásobárny podzemních vod vsakováním vody z říčního dna do spodních horizontů. A oceány zůstávají plné vody také díky řekám, které do nich vtékají.

Když uvažujeme o řekách, je důležité přemýšlet o povodích těchto řek. Povodí je území, odkud všechna voda, která spadne, odtéká do stejného místa. Povodí mohou být tak malá jako stopa v blátě, nebo i tak velká, aby zahrnovala veškeré území, z kterého voda odtéká. Větší povodí se tak skládají z menších povodí. Toto vše závisí na místě tzv. závěrového profilu povodí. Území, odkud veškerá voda odtéká do určitého profilu, je povodím tohoto profilu. Povodí jsou významná, neboť průtok v řece a kvalita vody jsou ovlivněny lidskou či jinou činností odehrávající se v povodí.

Průtok, jako množství vody proteklé za jednotku času, se neustále mění, ať již ze dne na den, nebo i z minuty na minutu. Hlavní vliv na velikost průtoku má odtok ze srážek na povodí. Vydatné deště způsobí stoupaní vody v řekách a řeka může stoupnout, i když se dešť vyskytl velmi daleko v povodí. Nesmíme zapomenout, že voda, která v povodí spadne, může dotéci až do jeho závěrového profilu. Velikost řeky je závislá na velikosti povodí. Velké řeky mají zpravidla velká povodí; malé řeky mívají menší povodí. Podobně řeky o různé velikosti reagují různě na bouřkové přívaly a na dlouhodobý déšť. Hladiny velkých řek následkem dlouhodobého deště stoupají a klesají pomaleji než u malých řek rozvodněných bouřkovým přívalem. V malých povodích může řeka stoupnout a klesnout během několika minut či hodin. Velké řeky mohou stoupat i klesat celé dny a i záplavy mohou trvat dny, protože celé dny trvá vodě, která spadne stovky kilometrů v horních částech povodí, než doteče do závěrového profilu povodí.

### **2.1.6 Infiltrace**

Kdekoliv na světě se část vody, která spadne jako déšť nebo sníh, vsakuje do zemského povrchu do půdy či horniny. Kolik vody se vsákne, závisí na množství faktorů. Infiltrace ze srážek spadlých na ledový příkrov v Grónsku bude asi velmi malá, ale jak

můžeme vidět na obrázku vodního toku vtékajícího do jeskyně, vodní tok může mizet v podzemních vodách celý.

Část infiltrující vody zůstává v mělké půdní vrstvě, odkud může vtékat do toků prosakováním z břehů. Část vody se může vsáknout hlouběji a doplňovat zásoby podzemní vody (tzv. zvodně, zóny nasycení). Jestliže nejsou zvodně příliš hluboko nebo jsou dostatečně propustné, lidé mohou navrtat studny do zvodní a využít vodu pro své potřeby. Voda v podzemí může urazit i velké vzdálenosti nebo i zůstávat v podzemních zásobách po dlouhou dobu, než se vrátí na povrch či prosákne do jiných vodních útvarů, jakými jsou vodní toky či moře.

### Proces infiltrace

Infiltrace je proces pronikání vody do půdního prostředí, obvykle přes povrch půdy. Ovlivňuje významně podíl srážek na povrchovém odtoku, hypodermickém odtoku a odtoku podzemních vod. (HRÁDEK, KUŘÍK, 2002)

### Faktory ovlivňující infiltraci:

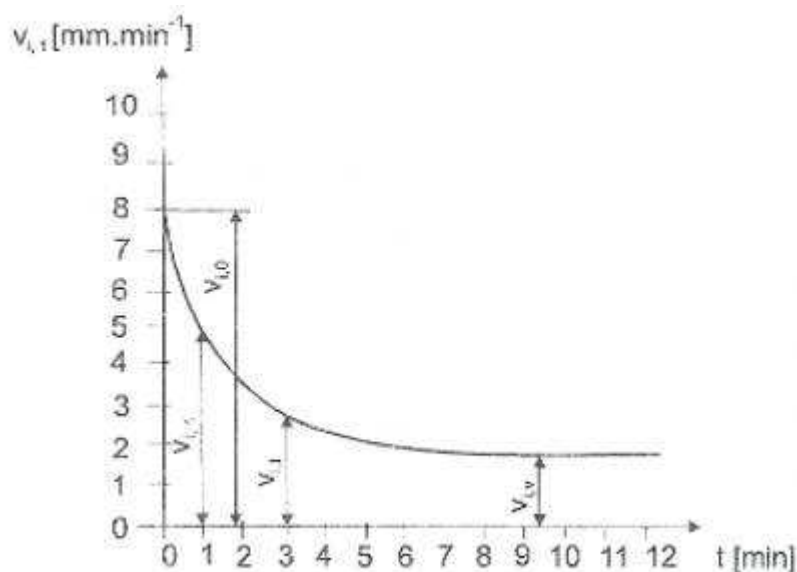
V přírodních podmínkách je proces infiltrace, a to zvláště rychlost infiltrace, ovlivňována především těmito faktory:

- fyzikální vlastností půdy
- vegetační kryt půdního povrchu
- vlhkost půdy
- intenzita a trvání srážek
- chemické látky přidané do půdy

### Teoretické a empirické řešení infiltrace

Z řady přístupů k řešení neustálé infiltrace jsou nejužívanější metody Philips, Overtona, Green-Ampt, Hortona a metoda CN křivek US SCS (HRÁDEK, KUŘÍK, 2002). Při teoretických řešeních neustálé infiltrace se často obtížně zohledňují velmi různorodé charakteristiky půdy, proto se rovněž využívají empirická řešení vyjadřující průběh procesu infiltrace v konkrétních přírodních podmínkách. Při řešení se vychází z výsledků infiltračních

pokusů, jejichž cílem je určení parametrů tzv. vsakovací křivky půdy (Obrázek 1) (HRÁDEK, KUŘÍK, 2002).



Obrázek 1 Vsakovací křivka

Průběh vsakovací křivky se nejčastěji vyjadřuje s využitím těchto charakteristických hodnot intenzity infiltrace:

$V_{i,0}$  ...intenzita infiltrace na začátku infiltrace (maximální intenzita infiltrace)

$V_{i,1}$  ...intenzita infiltrace v 1.minutě od začátku infiltrace

$V_{i,v}$  ...ustálená (minimální) intenzita infiltrace

$V_{i,t}$  ...intenzita infiltrace v čase  $t$  od začátku infiltrace

Analytický vztah pro vyjádření průběhu vsakovací křivky podle Hortona (HRÁDEK, KUŘÍK, 2002):

$$v_{i,t} = v_{i,v} + (v_{i,0} - v_{i,v}) * e^{-\gamma * t}$$

kde parametr  $\gamma$  se vypočítá využitím přímých měření infiltrace.

## Kumulativní infiltrace

Máme-li k dispozici vsakovací křivku půdy (ve formě grafu nebo vyjádřenou analyticky), pak velikost kumulativní infiltrace  $V_i$  vypočítáme integrací vsakovací křivky pro zvolený časový úsek (BEVEN, 2001).

$$V_{i,t} = \int_{t_1}^{t_2} v_{i,t} \cdot dt$$

Například pro výpočet kumulativní infiltrace od začátku vsakování, tj. od  $t_1 = 0$  do  $t$  platí dle rovnice Hortona (HRÁDEK, KUŘÍK, 2002):

$$V_{i,t} = v_{i,\infty} \cdot t + \frac{1}{\lambda} (v_{i,0} - v_{i,\infty}) (1 - e^{-\lambda t})$$

## 2.2 Metody modelování srážko-odtokových vztahů

Pro modelování zde zmíním dvě metody: metoda CN-křivek a Green-Ampt, protože mají možnost libovolně měnit typ povrchu studovaného povodí (land use), a dále také schopnost měnit v rámci jedné operace saturaci půdy (PVP) a typ hydrologické půdy (CN-křivky).

### 2.2.1 Metoda čísel odtokových křivek - CN

Metoda CN (Curve Number Method) byla odvozena v USA službou US SCS (1972), dále pak verifikována pro podmínky v ČR (JANEČEK, 2001). Metoda umožňuje odvození objemu "příмого odtoku" a kulminačního průtoku na zemědělsky a lesnický využívaných povodích i na povodích urbanizovaných do velikosti plochy povodí  $5 \text{ km}^2$ . Pod pojmem přímý odtok se rozumí povrchový odtok a odtok prosakující gravitační vody, které nedosáhne hladiny podzemní vody (hypodermický odtok). Objem odtoku je vyjádřen výškou odtoku  $H_0$ , ve vztahu k výšce výpočtového deště  $H_d$  pomocí čísel odtokových křivek  $CN = 20$  až  $100$ .

Metoda CN zohledňuje závislost retence povodí na:

- hydrologických vlastnostech půd (infiltrační schopnost, aj.)
- počátečním stavu nasycenosti půdy
- způsobu využívání půdy (druh využití plochy, druh porostu, charakter zastavěných a zpevněných ploch a způsob obdělávání půdy)
- hydrologických podmínkách (ovlivnění infiltrace vegetačním pokryvem)

(HRÁDEK, KUŘÍK, 2002)

### 2.2.2 Metoda Green-Ampt

Metoda Green-Ampt vychází z obecného zákona o hydraulické vodivosti a rychlosti proudění kapalin (Darcyho zákon) v nenasyceném propustném prostředí. Metodu vystihuje Richardova rovnice pro nenasycený podpovrchový odtok, kde platí:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial z} \left[ k(\theta) \frac{\partial \psi(\theta)}{\partial z} \right] - \frac{\partial K(\theta)}{\partial z}$$

$\theta$  ...obsah půdní vlhkosti

$z$  ...hloubka pod povrchem [cm]

$\psi$  ...kapilární tlak [cm vody]

$K(\theta)$  ...nenasycená hydraulická vodivost [cm/s]

Hydraulická vodivost  $K(\theta)$  vyjadřuje vztah mezi rychlostí infiltrace a hydraulickým gradientem v Darcyho zákoně (BEDIENT, PHILIP, HUBER, WAYNE, 2002).

## 2.3 Povodí a rozvodí

**Povodí** je oblast, ze které voda odtéká do jedné konkrétní řeky či jezera. Hranice mezi dvěma povodími se nazývá rozvodí. Všechna povodí konkrétního moře či oceánu pak nazýváme úmoří.

Povodí je základní jednotkou pro vyhodnocování toků látek v přírodě. Většina prvků je totiž svými biogeochemickými cykly navázána na vodu, a tak lze při vyhodnocování toků vycházet ze základní hydrologické bilance povodí, která je dána srážkami a průtokem na konci povodí. Podobně i správa a údržba toků (včetně veškerých protipovodňových opatření) se provádí podle jednotlivých povodí - u nás existuje několik státem zřízených organizací (státních podniků) věnujících se této činnosti, pojmenovaných podle povodí, jež spravují:

- Povodí Vltavy
- Povodí Labe
- Povodí Ohře
- Povodí Moravy
- Povodí Odry

Největší povodí na světě má řeka Amazonka: zahrnuje asi 40 % rozlohy Jižní Ameriky, tj. asi 6 915 000 kilometrů čtverečních. V České republice má největší povodí řeka Labe (51 394 kilometrů čtverečních v ČR, tj. asi 2/3 území ČR.).

### Česká povodí

Česko se svou složitou geologickou stavbou představuje prakticky střechu Evropy. Je významnou pramennou oblastí kontinentu. Nachází se na hlavním evropském rozvodí, které rozděluje republiku na tři hlavní evropská povodí:

- povodí Labe (úmoří Severního moře) - skoro celé Čechy s hlavními toky Labe a Vltava,
- povodí Dunaje (úmoří Černého moře)- jižní a západní příhraniční oblasti Čech, střední a jižní Morava s hlavními toky Morava a Dyje,
- povodí Odry (úmoří Baltického moře)- severní oblasti Moravy a malé příhraniční oblasti na severu Čech.

**Rozvodí** tvoří hranici mezi sousedícími povodími. Po rozvodí vede rozvodnice, která se nejčastěji nachází na topografických vrcholech a horských hřebenech. Někdy je rozvodí v krajině neznatelné. Hlavní rozvodí se nazývají kontinentální rozvodí. Rozvodí jsou geograficky důležité body a často tvoří i politické hranice.

Rozvodí ovlivňují směry toků řek. Někdy se jednotlivá povodí propojují pomocí uměle vybudovaných kanálů.

### **Rozvodí Česka**

Územím našeho státu prochází hlavní evropské rozvodí oddělující povodí Severního, Baltského a Černého moře.

#### **2.3.1 Koloběh vody pro povodí**

Koloběh vody pro povodí lze kvantitativně vyjádřit tzv. bilancí vody, nebo bilanční rovnicí:

$$S = O + V \pm R$$

**S**..... množství vody [ $m^3$ ], které spadne ve srážkách za dané období

**O**..... množství vody [ $m^3$ ], které odteče po povrchu (uzavírajícím profilu povodí), resp. pod povrchem – odtok

**V**..... množství vody [ $m^3$ ], které se vypaří z vodní hladiny, z půdy a z rostlin v povodí – klimatický výpar

**R**..... množství vody [ $m^3$ ], které rozmnožilo, nebo zmenšilo zásoby povrchové (rybníky, jezera), nebo podpovrchové vody v povodí

Velmi důležité je, aby se všechny členy rovnice braly za stejné časové 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 odtekly. Bilanční rovnice je základem všech hydrologických výpočtů. (NĚMEC, 1964)



## 2.4 Hydrometrie

### Měření vodních stavů a průtoků

Při celkovém vodohospodářském průzkumu vodního toku nebo jeho části, která je pro daný účel nejdůležitější, je třeba zvolit vhodné profily k hydrologickému šetření nebo založení pozorování a měření. Při volbě těchto profilů je jednak třeba hodnotit vhodnost profilu z hlediska vlastního umístění na notku (v rovné trati, pod ústím přítoku, mimo vzdutí jezerní, a pod.) a zároveň z hlediska povodí, které profil uzavírá.

Při volbě vhodných profilů dělíme vodní tok na charakteristické části z hlediska morfologického utváření koryta a údolí, a tím také z hlediska průběhu odtoků, zvláště pak povodní.

Začátek popřípadě konec těchto charakteristických tratí je umístěn většinou v těchto místech:

- pod ústím důležitého přítoku
- v místech, kde úzké a sevřené koryto přechází do širšího údolí a kde se tedy rozlévá voda za povodní (inundace)
- v místech, kde široké údolí končí a tok přechází do úzkého, sevřeného údolí, kde se tedy může vzdouvat rozlitá voda
- tam, kde je zřejmá prudká změna podélného spádu, kde tedy proudí voda rychleji, nebo pomaleji
- v širších údolích tam, kde nastává zásadní změna pěstovaných kulturních plodin na pozemcích kolem toku
- nad obydlými místy a pod nimi
- na vodohospodářských a komunikačních stavbách
- v místech vhodných pro možné budoucí vodohospodářské stavby

(NĚMEC, 1964)

Po stanovení charakteristických tratí se stanoví sledované profily toku vždy na začátku, ve středu a na konci charakteristické trati. Po určení profilů si zjistíme ke každému profilu jeho povodí celkové a částečné, popř. tzv. mezipovodí. Celkové povodí profilu je povodí až k rozvodnici celého toku. Povodí částečné je povodí k rozvodnici nejbližšího profilu umístěného proti proudu, nebo jde o profil k ústí, k rozvodnici sousedních přítoků toku

hlavního. Pokud není u trati k nejbližšímu profilu proti toku žádný přítok, nazýváme částečné povodí mezipovodím.

Na základě tvaru povodí pak ponecháme profil v původně zvoleném místě, nebo jej posouváme tak, aby jednotlivá částečná povodí na sebe vhodně navazovala. Pokud vybíhá např. povodí profilu do povodí pod ním umístěného úzkým jazykem, bude vhodnější posunout profil tak, aby byl jazyk odstraněn. Zjednoduší se tak řada hydrologických výpočtů.

Nejpřesnější hydrologické údaje o profilu se získávají přímým pozorováním a měřením. Co pozorujeme a měříme:

- **vodní stav** (výška vodní hladiny)
- **měření průtoku** (hydrometrování).

Místo, kde se soustavně pozoruje vodní stav se nazývá vodočetná stanice a stanice, v níž se současně také zjišťuje průtok, je stanice vodoměrná.

Vodočetná stanice se zřizuje podle možností vždy ve volné trati, v tekoucí nevzduté vodě. Je výhodné, pokud se v ní nebo v její bezprostřední blízkosti dají měřit průtoky všech velikostí (i za povodně). Dno a břehy vodočetného profilu mají být stálé. Pokud je vodočetná stanice na přítoku, nesmí k ní sahat vzduť hlavního toku, zvláště za povodní. K umístování vodočtu se často využívá mostů, protože je to bezpečné, je k němu dobrý přístup a z mostu lze měřit průtok i za povodní. (Mosty s větším počtem pilířů nebo mosty, jejichž osa je šikmo na směr proudu toku, se k zřízení vodočetné stanice nehodí.)

Základem vodočetné stanice je vodočet (vodočetná lať) – měřítko, které obsáhne pravděpodobnou nejnížší a nejvyšší hladinu v profilu. Pokud není možno, aby jedna vodočetná lať obsáhla všechny stavy, sestaví se vodočet z několika částí rozmístěných v různých místech a výškách v profilu. Nuly všech částí však musí být výškově naprosto shodné. Vodočty mohou být svislé nebo šikmé (svahové) a nikdy nesmí být vystaveny přímým nárazům vodního proudu, aby nebyly poškozovány plovoucími předměty, zvláště ledem.

### 2.4.1 Vodní stav

Vodní stav se pozoruje každý den v 7, 12 a 18 hodin. Tato pozorování se nazývají pozorování řádná. Při prudkých změnách vodní hladiny (při povodních) se provádí pozorování mimořádná, která mohou být třeba každých 10 minut, aby se zastihl nejvyšší vodní stav. Jeho výskyt je třeba zaznamenat i časově v hodinách a minutách. Záznam o změně vodního stavu v každém okamžiku dává samočinně zapisující přístroj, zvaný **limnigraf** – založen na principu pohybu plováku spočívajícího na hladině. Plovák sleduje pohyb hladiny a jeho pohyb je přenášen napjatým lankem na převody, kterými se pohyb redukuje, a z nich na písátko, které pořizuje záznam na registrační papír, který je napnutý na svislém bubnu, jímž otáčí hodinový stroj jednou dokola za týden. Takto pořízený zápis se nazývá **limnigram**.

### 2.4.2 Měření průtoku

Průtok se měří v podstatě dvěma způsoby, přímo a nepřímo:

#### přímo

- nádobou, hydrotechnickými zařízeními (přepady, venturimetry) a směšovacím způsobem

#### nepřímo

- přímým měřením střední průtočné rychlosti  $v_{stř}$ , a to plovákem, hydrometrickou vrtulí (křídlem), Pitotovou trubicí, nebo unášenou stěnou
- zjištěním střední průtočné rychlosti pomocí některého rychlostního vzorce, např. rovnice Chézyho

V obou případech nepřímého měření se průtok vypočítá podle vzorce

$$Q = F * v_{stř}$$

Kde **F** je plocha průtočného profilu

Přímo se měří průtoky na menších tocích a potocích většinou zřízením měrného přepadu nebo otevřeného venturimetry a směšovacím způsobem.

(NĚMEC, 1964)

## **2.5 Způsoby zjišťování některých hydrometeorologických charakteristik pro povodí**

### **2.5.1 Zjištění dlouhodobých srážkových úhrnů**

Především zjistíme buď z atlasu podnebí, nebo dotazem na ČHMÚ, které meteorologické stanice jsou v povodí nebo v jeho blízkosti a jaká měření prováděly a po jakou dobu. Na základě tohoto zjištění si od ČHMÚ vyžádáme potřebné údaje. Z poskytnutých údajů pak většinou vypočítáváme:

- průměrný dlouhodobý roční srážkový úhrn v jednotlivých stanicích a na celém povodí
- srážkové úhrny za rok, za měsíc, nebo za vegetační období
- denní, měsíční a roční výpar z vodní hladiny v povodí

Mimo tyto charakteristiky je často třeba zjistit intenzity přívalových dešťů určité doby trvání, různých četností výskytu pro nejbližší meteorologickou stanici, vybavenou samočinně zapisujícím ombrografem, popř. klesání průměrné intenzity deště s rozlohou povodí.

### **2.5.2 Zjištění srážkových úhrnů určité zabezpečnosti**

Pro jednotlivé stanice potřebujeme někdy zjistit roční, měsíční nebo vegetační srážkové úhrny určité zabezpečnosti (četnosti výskytu, překročení).

Provedeme to buď sestrojením empirické čáry překročení srážkových úhrnů (pokud se nevyžaduje hodnota zabezpečnosti vyšší nebo nižší, než udává empirická čára), nebo i sestrojením některé teoretické křivky překročení.

### **2.5.3 Intenzita přívalových dešťů**

Další důležitou hydrometeorologickou charakteristikou je intenzita přívalových dešťů různých dob trvání a různé četnosti výskytu.

Pokud je v blízkosti ombrografická stanice se spolehlivými zápisy intenzity dešťů za nejméně 10 let, můžeme si sestavit řady intenzit na základě analýzy záznamů ombrografu.

#### 2.5.4 Zhodnocení sněhových srážek

Mimo srážky kapalné je často třeba zhodnotit srážky tuhé, většinou sníh. Toto zhodnocení záleží zpravidla na výpočtu vodní zásoby ve sněhu a průběhu tání. Vodní zásoba se určuje většinou pro konec zimy, tj. začátek tání. Na základě měření výšky sněhu a jeho vodní hodnoty ve stanicích, popř. na sněhových tratích se určí zásoba vody ve sněhu (mm) podle rovnice:

$$S_v = d * S_s$$

Kde  $S_v$  je výška vodní zásoby (zadržovaných tekutých srážek)

$S_s$  je výška sněhové pokrývky

$d$  je vodní hodnota (hustota) sněhu

(NĚMEC, 1964)

V případě, že nebyla hustota sněhu měřena, lze ji hrubě odhadnout pro sníh na začátku zimy jako 0,1, ke konci zimy jako 0,3.

Po zjištění množství vodní zásoby je často třeba zjistit množství vody, které může z tohoto sněhu odtéci za určitou dobu, nejčastěji za den. Řešení tohoto úkolu je velmi složité a existuje pro ně řada metod. Pro příklad uvádíme jednu z nejpoužívanějších. Je to metoda „stupeň – den“ („teplotní faktor“). Tato metoda má výhodu v tom, že pracuje s běžně dostupnými hydrometeorologickými údaji. Podstata této metody je vyjádřena rovnicí:

$$S = kD$$

Kde  $S$  je vrstva vody ze sněhu, roztátá za jeden den,

$k$  je koeficient vyjadřující vliv přírodních a klimatických podmínek v povodí na tání sněhu,

$D$  je počet „stupňů“ pro den, pro který zjišťujeme  $S$ , vypočtených v průměrné výšce povodí.

(NĚMEC, 1964)

„Stupeň – den“ je v původní rovnici den s teplotou vyšší o 1°F než 0°C (tj. 32°F). Počet „stupňů – dnů“ pro každý den s teplotou vyšší než 0°C je tedy 9/5 °C průměrné denní teploty.

Vezmeme-li v úvahu přepočet jednotek a teplot ze °C na °F, budeme mít předchozí rovnice tvar:

$$S \text{ (mm)} = 45,72k * D$$

Kde **D** je udáno v °C.

Koeficient *k* je souhrn všech vlivů (kromě teploty), které mají na tání sněhu a na odtok sněhové vody vliv. Poněvadž se tyto vlivy mění nejen od povodí k povodí, ale také den ze dne, jsou jeho hodnoty vyjádřeny jen velmi hrubým průměrem.

### 2.5.5 Výpočet výparu

Výpar má dvě základní složky. A sice výpar z vodní hladiny a výpar z půdy a transpirace rostlin. Výpočet výparu je jednou z nejobtížnějších úloh. Existuje hned několik rovnic sloužících k výpočtu výparu, ale všechny výpočty jsou nepřesné a mohou se považovat za hrubé, či orientační.

### 3 METODIKA

Tato diplomová práce má za úkol zjistit a vyhodnotit vliv kolísání srážek na průtokové poměry v povodí toku Ostřice.

Jedním z dílčích úkolů je vyhodnocení kvantitativních i kvalitativních ukazatelů srážkových úhrnů. Informace potřebné k vyřešení tohoto úkolu byly poskytnuty Českým hydrometeorologickým ústavem v Českých Budějovicích. Srážky použité pro vyhodnocení byly naměřeny v hydrometeorologické stanici Horní Planá. Podíl dešťů a hodnoty srážek v mm byly graficky znázorněny.

Další úkol se týká výpočtu průtoků z hodnot výšky hladiny naměřených měřicí soustavou umístěnou na tomto povodí. Vzorec, který byl pro tento výpočet použit má tvar:

$Q = 0,769 * H^{2.47} * 1000$  [l/s]. Vypočítané hodnoty byly opět zakresleny do grafu.

Dále je úkolem najít závislost mezi již vyhodnocenými srážkovými úhrny a průtokem. Řešením tohoto úkolu je vyhotovení několika grafů, ve kterých jsou zakresleny srážky společně s průtokem.. Období, pro která jsou jednotlivé grafy vyhotoveny, byla vybrána tak, aby byly zachyceny nejen situace, ve kterých se srážka projevila zvýšeným průtokem ale také případy, kdy průtok zůstal nezměněn. Tyto jednotlivé situace a z nich vyplývající grafy byly podrobně zkoumány a dále vyhodnocovány.

Posledním dílčím úkolem je zjištění doby mezi výskytem srážky a vznikem zvýšeného průtoky. Toto bylo provedeno pomocí odečtení údajů uvedených ve výše zmíněných grafech závislosti průtoky na srážkových úhrnech a analýzou zjištěných údajů. Výsledkem posledního úkolu a celé diplomové práce je zobrazení závislosti průtoky na srážkových úhrnech.

## 4 VYBRANÉ POVODÍ

Povodí toku Ostřice leží v CHKO Šumava okres Český Krumlov, katastrální území Horní Planá a Maňávka u Českého Krumlova.

Ostřice je tok III. řádu s hydrologickým číslem 01-06-01- 080.

V území se nachází obce Jelm, Hůrka a chatová oblast Karlovy Dvory, která slouží pouze jako rekreační oblast.

### 4.1 Fyzicko – geografické charakteristiky povodí

Údaje o fyzicko-geografické charakteristice povodí jsou převzaty z Hydrografické studie (GERGEL,2000). Plocha povodí je převzata z programu ArcGIS.

plocha povodí k uzávěrovému profilu	10,215 km <sup>2</sup>
délka toku	5,3 km
délka údolí	8,4 km
střední šířka povodí	1,22 km
tvar povodí	dle koeficientu $\alpha$ se jedná o protáhlé povodí
nadmožská výška prameniště	830 m n.m.
nadmožská výška uzávěrového profilu	725 m n.m.
nejvýše položené místo v povodí	1047,5 m n.m.
absolutní spád povodí	322,5 m
absolutní spád toku	105 m
sklon údolnice	3,80%
průměrný sklon povodí	10,10%
sklon toku	19,8 ‰
lesnatost	30%
odvodněno	30%



## 4.2 Geomorfologie

**Zájmové území náleží podle geomorfologického členění (DEMEK, 1965) do:**

<b>Provincie -</b>	<b>I Česká vysočina</b>
<b>Oblast -</b>	IB Šumavská hornatina
<b>Celek -</b>	IB – 2 Šumavské podhůří
<b>Podcelek -</b>	IB – 2E Českokrumlovská vrchovina

Českokrumlovská vrchovina je jihovýchodní část Šumavského podhůří. Její západní část patří pestré sérii moldanubika, východní jihočeskému svorovému pásmu. Rozloha Českokrumlovské vrchoviny je 519 km<sup>2</sup>, maximální výška dosahuje 1 066 metrů (Velký Plešný), minimální výška 477 metrů a střední nadmořská výška 719,3 metrů.

## 4.3 Klima

Dle Quitta spadá jihozápadní část povodí do mírně teplého okrsku MT 3 a zbytek území do chladného okrsku CH7 (CULEK, 1996). Převažuje západní směr proudění větru.

Klima mírně teplého okrsku MT3 je charakterizováno krátkým létem (20 – 30 letních dnů), mírným až mírně chladným (průměrná červencová teplota 16 – 17°C), suchým až mírně suchým (úhrn srážek ve vegetačním období 350 – 450 mm). Mírné jaro i podzim (duben i říjen 6 až 7°C). Zima je normálně dlouhá (40 – 50 ledových dnů, 130 – 160 mrazových dnů), mírná až mírně chladná (leden -3 až -4°C), suchá až mírně suchá (suma srážek mimo vegetační období 250 až 300 mm). Sněhová pokrývka trvá normálně až krátce (60 – 100 dní).

Klima chladného okrsku CH7 je charakterizováno velmi krátkým až krátkým létem (10 – 30 letních dní), mírně chladným (červencová teplota 15 – 16°C) a vlhkým (úhrn srážek ve vegetačním období 500 – 600 mm). Přechodná období jsou dlouhá, s mírně chladným jarem a mírným podzimem (dubnová teplota 4 až 6°C, říjnová 6 až 7°C). Zima je dlouhá (50 – 60 ledových dnů, 140 – 160 mrazových dnů), mírná (leden -3 až -4°C), mírně vlhká (suma srážek mimo vegetační období 350 – 400 mm). Sněhová pokrývka trvá dlouho (100 – 120 dní).

## Standardní klimatologický normál (1961 – 1990)

Údaje o srážkách a teplotě poskytl ČHMÚ v Českých Budějovicích.

Meteorologická stanice Horní Planá – nadmořská výška 760 m n.m.

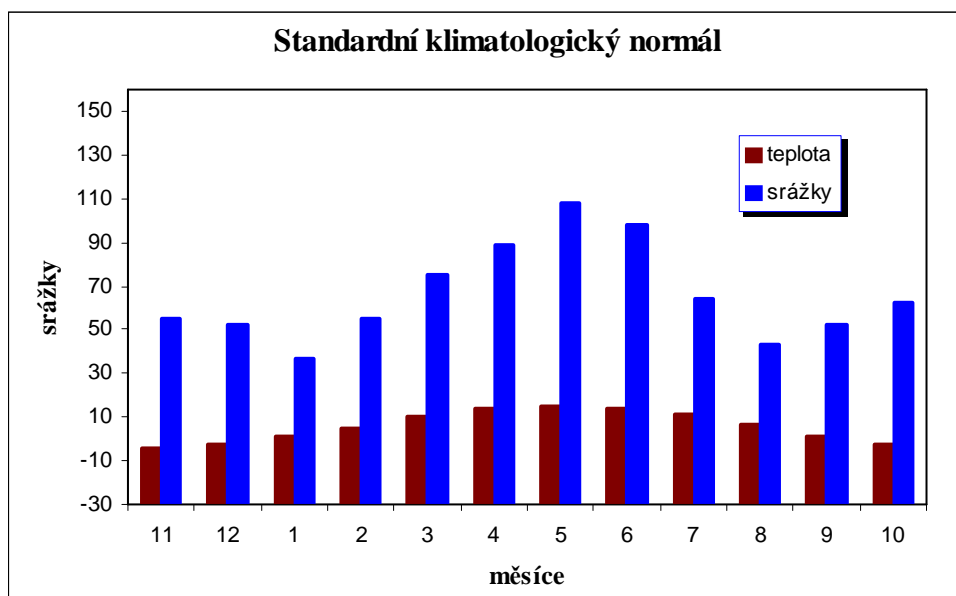
Tab. č.1: Průměrná teplota v letech 1961 - 1990 [°C]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	rok
-4	-2,7	0,7	4,9	9,8	13,7	14,8	14,3	11,3	6,7	1,4	-2,5	<b>5,7</b>

Tab. č. 2: Celkový úhrn srážek v letech 1961 – 1990 [mm]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	rok
55	52	37	55	75	89	108	98	64	43	52	62	<b>789</b>

Graf č.1: Klimadiagram dle Waltera-Lietha – Standardní klimatologický normál



### 4.4 Půdní poměry

Zastoupení půdních typů v povodí dle BPEJ (Příloha 3):

HPJ 36 – kambizemě kyselé, kambizemě podzolové a jejich slabě oglejené formy

HPJ 37 – mělké kambizemě na všech horninách, kromě vlhkých oblastí výsušné půdy

HPJ 50 – kambizemě oglejené a pseudogleje na různých horninách

HPJ 64 – gleje a pseudogleje zbažínělé na různých horninách

HPJ 67 – gleje mělkých údolí a rovinných celků při vodních tocích

HPJ 69 – gleje zrašelinělé a rašeliništní, výrazně zamokřené

#### **4.4 Hydrologické poměry**

Po stránce hydrologické náleží zájmové území povodí I. řádu 01 Labe, povodí II. řádu 06-01 Vltava po Malši.

##### **4.4.1 Hydroekologický rajon**

Povodí ostřice spadá do hydroekologického regionu Šumava. Tento region má rozlohu 1 974 km<sup>2</sup> a z toho 1 460 km<sup>2</sup> je ve vymezené CHOPAV. Celá oblast je zdrojově aktivní s velmi kvalitními povrchovými zdroji, které jsou dosud málo využívané. Podzemní vody tohoto regionu se převážně soustřeďují v povrchové vrstvě krystalinika (mocnost 10-30 m). Pro region Šumava byla stanovena hodnota základního odtoku s pravděpodobností překročení 50 % o velikosti 3,68 l/s/km<sup>2</sup> (BRANŽOVSKÝ,1999).

##### **4.4.2 Hydrogeologický rajon**

Povodí Ostřice náleží hydrogeologickému rajonu R 53 – oblast vltavsko-dunajské elevace, která je tvořena prekambickou moldanubickou sérií. Vyskytují se zde vesměs krystalické horniny s omezenou puklinovou propustností. Místy se nacházejí příznivější podmínky pro oběh podzemních vod díky rozpojení hornin krystalinika (GERGEL,2000).

##### **4.4.3 Podzemní vody**

Povodí Ostřice spadá do regionu II-G-6, který je charakteristický sezónním doplňováním zásob, nejvyšší vydatnost podzemních vod je v květnu-červnu, nejnižší vydatnost pak v prosinci-únoru, průměrný specifický odtok podzemních vod se pohybuje v rozmezí 2,01-5,00 l/s/km<sup>2</sup> (GERGEL,2000).

#### 4.4.4 Povrchové vody

Podle fyzickogeografické regionalizace ČSR náleží povodí Ostřice regionu povrchových vod IV-B-3-e. Tento region je dosti vodný se specifickým odtokem v rozmezí 10-15 l/s/km<sup>2</sup> a malou retenční schopností. Nejvodnější měsíc je březen až duben. Dostí vysoký koeficient odtoku dosahuje hodnoty 0,31-0,45 (GERGEL,2000).

#### 4.5 Bioregion

Povodí Ostřice spadá dle Biogeografického členění ČR (CULEK,1996) do:  
Provincie: středoevropských listnatých lesů  
Podprovincie: hercynská  
Bioregion: 1,62 Šumavský (rozloha 2 051 km<sup>2</sup>)

Bioregion je tvořen rozsáhlou hornatinou na krystalických břidlicích a žulách. Reliéf bioregionu má převážně charakter hornatiny s výškovou členitostí 300 – 600 m. Z půd zde převažují kambizemní podzoly. Potenciální vegetací Šumavského bioregionu jsou květnaté bučiny, ve vyšších polohách pak acidofilní horské bučiny a ve sníženinách podmáčené smrčiny a rašeliniště.

Dle biogeografického členění České republiky náleží povodí Ostřice typům biochor 5Do – Podmáčené sníženiny na kyselých horninách a 5PS – Pahorkatiny na kyselých metamorfitech. (CULEK,2003)

#### **5Do – Podmáčené sníženiny na kyselých horninách**

Vyskytuje se ve většině horských a podhorských hercynských bioregionech.

**Reliéf** je tvořen převážně nevýraznými, ploššími podmáčenými sníženinami s pramennými a horními částmi toků. Deprese jsou široce rozevřené a jsou odděleny velmi nevýraznými hřbety a pouze mírnými svahy.

**Podloží** tvoří vzácně silně, častěji však středně až mírně kyselé horniny nejrůznějšího stáří a geneze. Ve většině bioregionů dominují kyselé metamorfity a kyselé až neutrální plutonity. Ve všech bioregionech je typický značný rozsah deluviálních, příp. deluvio-

fluviálních a fluviálních sedimentů. Zvětralinou jsou různě kyselé, na metamorfitech převážně hlinito-kamenité, na plutonitech zejména šterkovité a písčité, na drobách především hlinito-písčité, na pískovcových horninách převážně písčité.

**Půdy** jsou většinou zamokřené a mokré, kyselé až středně živné. Podél vodních toků se vyskytují typické gleje, méně časté jsou kyselé gleje organozemní. Na svahových bázích a mírných svazích se nacházejí primární pseudogleje, místy kambizemě pseudoglejové. Mimo podmáčení jsou rozšířeny kyselé kambizemě, ve vyšších polohách podzoly kambizemní.

**Klimaticky** se oblast nachází na přechodu mezi chladnou (CH7) a mírně teplou oblastí (MT3). Ovlivnění klimatu reliéfem se projevuje především kumulací relativně chladnějšího vzduchu ve sníženinách, které představují polohy s podmínkami pro vznik přízemních inverzí.

**Vodní plochy** zabírají v bioregionech 3-5%. Některé tyto vodní plochy se svým litorálem přecházejí do podmáčených nebo zrašelinělých luk a mají vysokou biologickou hodnotu.

### **5PS – Pahorkatiny na kyselých metamorfitech**

Tento typ biochory patří v 5. vegetačním stupni k nejrozšířenějším. Skládá se především z mnoha menších, vzácně středně velkých a ojediněle i velkých segmentů.

**Reliéf** pahorkatiny je mírně zvlňný se zarovnanými povrchy a různě tvarovanými pahorky, vysokými do 50 m, vzácně až 100 m. Hřbety jsou oblé a široké s převážně mírnými a středně sklonitými svahy. Sedla jsou plochá a nevýrazná. Údolí a prameniště jsou široce rozvěvené.

**Podloží** je kyselé a převažují zde pararuly a migmatity, méně časté jsou ortoruly. Zvětralinou jsou převážně hlinito-kamenité.

**Z půd** převažují dystrické kambizemě, na Šumavě se vyskytují kambizemní podzoly. Na svazích a v sedlech probíhá pseudoglejový proces, který vede ke vzniku kyselých pseudoglejových kambizemí až kyselých pseudoglejů. Podél toků a na prameništích se vyskytují gleje.

**Z klimatických** oblastí převažuje mírně teplá a průměrně vlhká oblast MT3, společně s relativně chladnější a vlhčí oblastí CH7. V depresích mohou vznikat slabší přízemní teplotní inverze.

**Síť potoků** je zde průměrně hustá, ale jedná se převážně o malé potoky.

#### **4.6 Revitalizace**

V roce 2002 byla uskutečněna revitalizace části toku Ostřice v délce 1 995 m. Tato revitalizace se týkala území mezi silnicí vedoucí z Horní Plané na Hodňov a turistickou cestou z Jelmu na Žlábek.

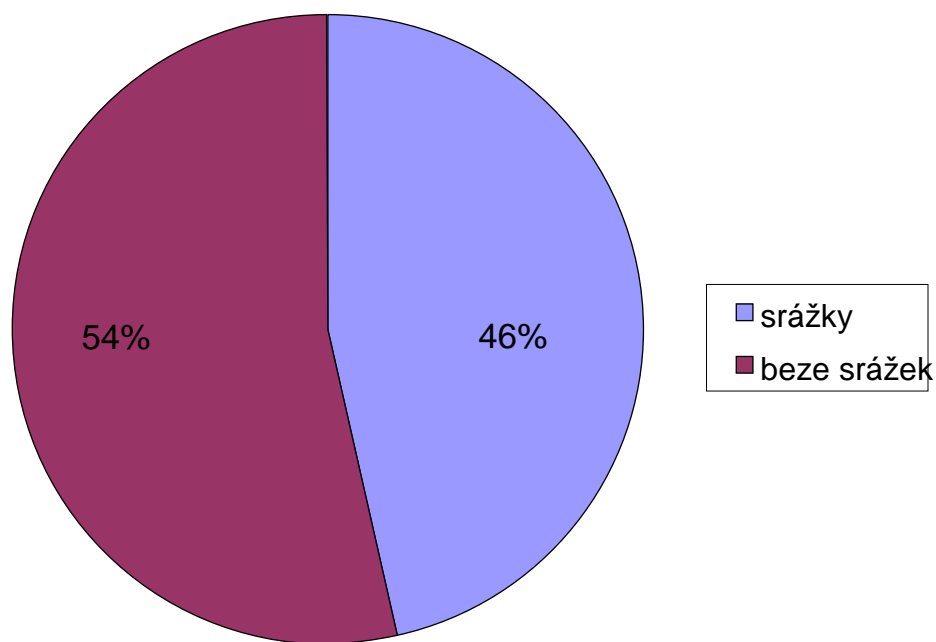
Revitalizace toku proběhla jak ve stávajícím korytě, tak bylo vybudováno koryto nové se zvýšenou vlnitostí. Délka rušeného toku byla 1 770 m. Na zbylých 225 m zůstal tok ve stávajícím korytě, a to jednak z důvodu silného oboustranného náletu dřevin, tak i kvůli nesouhlasu majitelů přilehlých pozemků.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro vyhodnocení odtokových poměrů v závislosti na srážkových úhrnech v povodí toku Ostřice je použito dat získaných ze sestavy na měření průtoků, která na toto povodí byla nainstalovaná 28.4. 2006 a z hodnot srážkových úhrnů ze stanice Horní Planá, které poskytl Český hydrometeorologický ústav České Budějovice.

### 5.1 Vyhodnocení srážek na povodí toku Ostřice

Sledované období je od 28.4.2006 do 28. 2. 2007. Celé toto období můžeme rozdělit na dvě části, a sice na dny beze srážek a dny se srážkami. Z celkového počtu 207 dní činí dny se srážkami necelou polovinu.



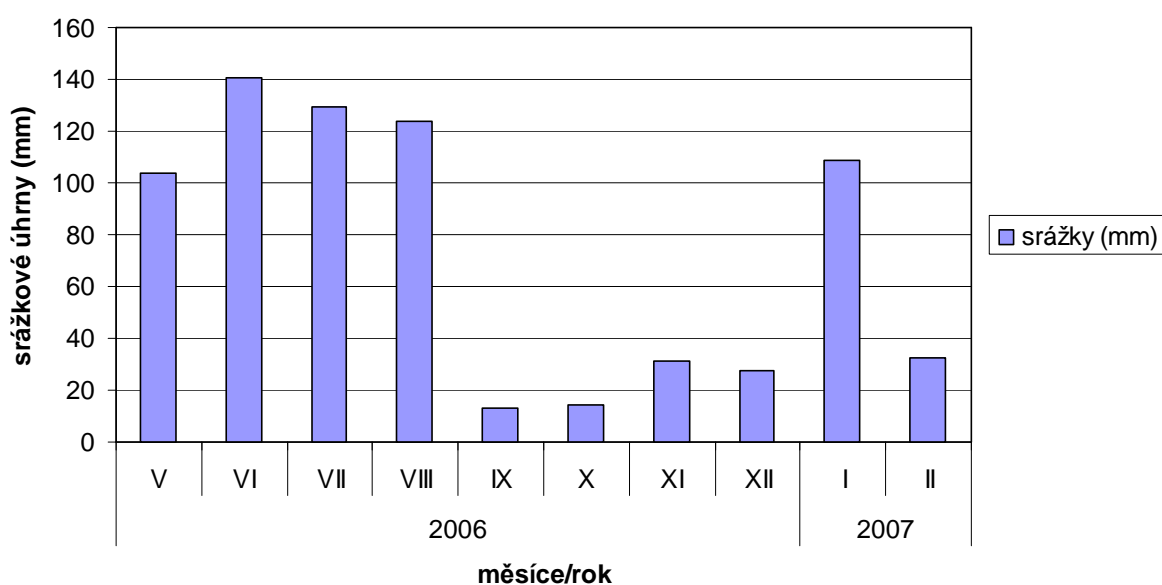
*Graf č.2: Dny se srážkami a beze srážek*

Pokud rozdělíme srážkové úhrny po měsících, zjistíme, že nejvíce srážek spadlo v letních měsících červen, červenec a srpen. Srážky se pohybovaly v rozmezí 124 až 140 mm za měsíc. Velmi malé úhrny srážek připadají na zimní měsíce, pouze s výjimkou měsíce ledna, kdy napršelo 109 mm srážek.

Tabulka č.3 : Měsíční srážkové úhrny ze stanice Horní Planá

Horní Planá										
rok	2006								2007	
měsíc	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
srážky (mm)	103,5	140,4	129,1	123,9	13,2	14,2	31	27,4	108,9	32,6

Graf č.3: Měsíční srážkové úhrny ze stanice Horní Planá



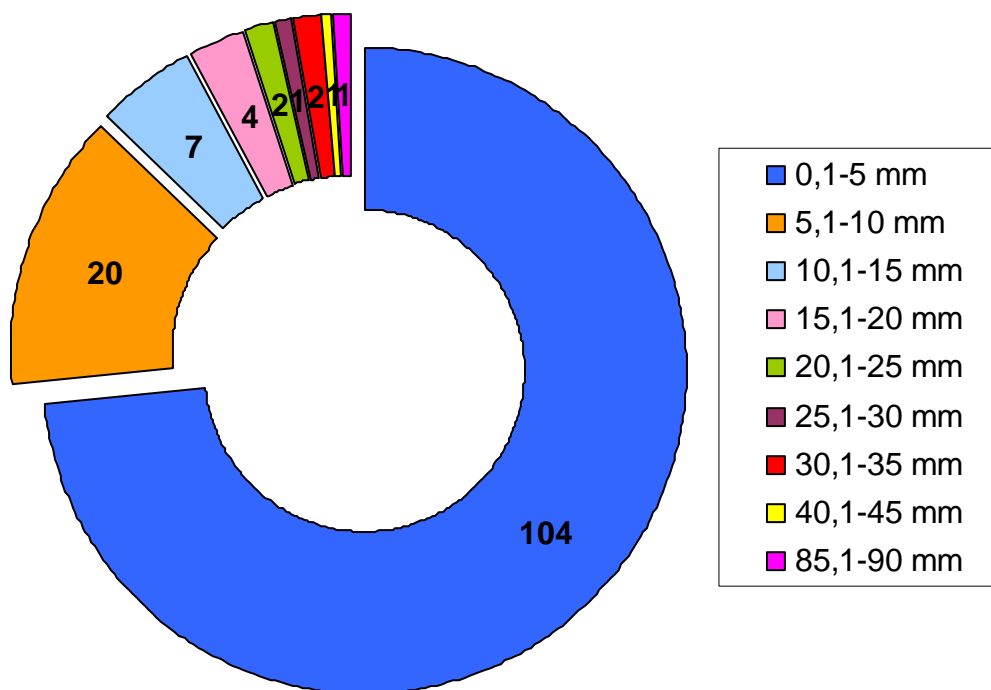
Největší skok v úhrnu srážek můžeme zaznamenat mezi měsícem srpnem a zářím, kde rozdíl činí 110 mm. Srážky v srpnu byly rozloženy poměrně pravidelně do celého měsíce a přišlo celkem 20 dní z celého měsíce. Nejvýraznější srážka dosáhla hodnoty 31,2 mm za den. V září přišlo pouze 8 dní a pro srovnání v tomto měsíci má nejvýraznější srážka hodnotu pouze 4,6 mm za den .

Srážky dále dělíme podle denních srážkových úhrnů, to znamená podle množství srážek (v mm) spadlých na zemský povrch za jeden den. Na povodí toku Ostřice se za sledované období nejčastěji vyskytovaly srážkové úhrny v rozmezí 0,1 až 5 mm za den.



Pro nalezení závislosti odtokových poměrů na srážkových úhrnech jsou velice důležité výraznější srážkové úhrny, jako jsou přívalové deště nebo letní lijáky. I tyto srážky se v dané době vyskytly. Například lze uvést tu nejvýznamnější, která se blíží hodnotě stoleté srážky na tomto území (87,6 mm), a má hodnotu 85,2mm.

Graf č.4: denní úhrny srážek a počet dní jejich výskytu



## 5.2 Vyhodnocení průtoků na povodí toku Ostřice

### 5.2.1 Měření průtoků

Pro měření průtoků byla na povodí instalována 28.4. 2006 nová měřicí sestava. Technické řešení se týká polypropylenového boxu zabudovaného do země, napojeného oboustranně na drenážní vedení tak, aby veškerá voda odváděná drénem tímto boxem protekla.

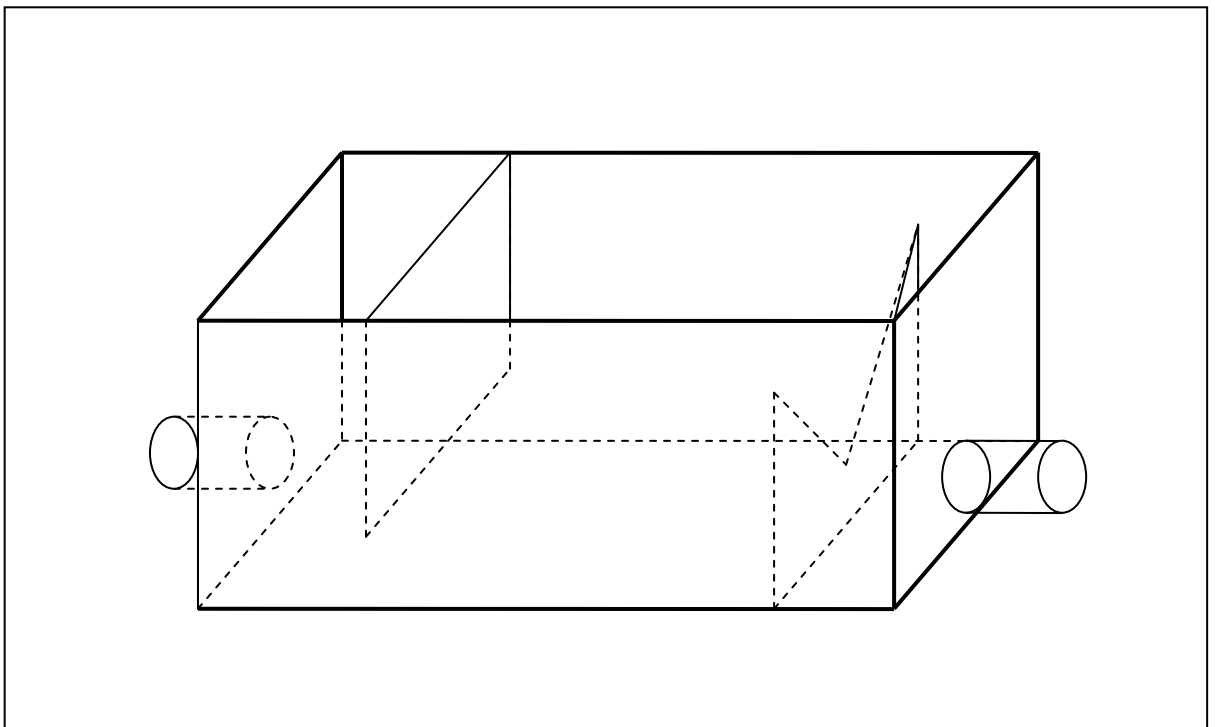
Celá sestava na měření průtoků se skládá z polypropylenového boxu, ponorného tlakového snímače LMP307 pro měření hladiny vody před přelivem, měrného přelivu drenážního, telemetrické sestavy STELA – II (obsahuje datalogger M4516 a GSM/GPRS komunikační modul MG40).

Polypropylenový box má rozměry 700 x 400 x 300 mm a v části u vtoku má upevněnou normou stěnu. Měrný přeliv byl zhotoven z nerezových břitů a pro přesnější měření menších průtoků byl použit úhel 60°. Konzumpční rovnice pro tento přeliv:

$$Q = 0,769 * H^{2.47} * 1000 \quad [l/s, m]$$

Maximální průtok, který je sestava schopna velmi přesně změřit, je při stávající výšce přelivu (15,5 cm) 7,69 l. Průtoky na tomto profilu se běžně pohybují v intervalu 0,5 – 1,5 l/s (plocha mikropovodí cca. 11 ha), specifický průtok 0,09 - 0,14 l/s.ha. Pokud nebude stávající přeliv kapacitně vyhovovat, lze břit zvýšit o cca 10 cm a zvýšit měřicí potenciál přelivu na 26 l/s.

*Obr. 1: Náčrt měrného boxu*

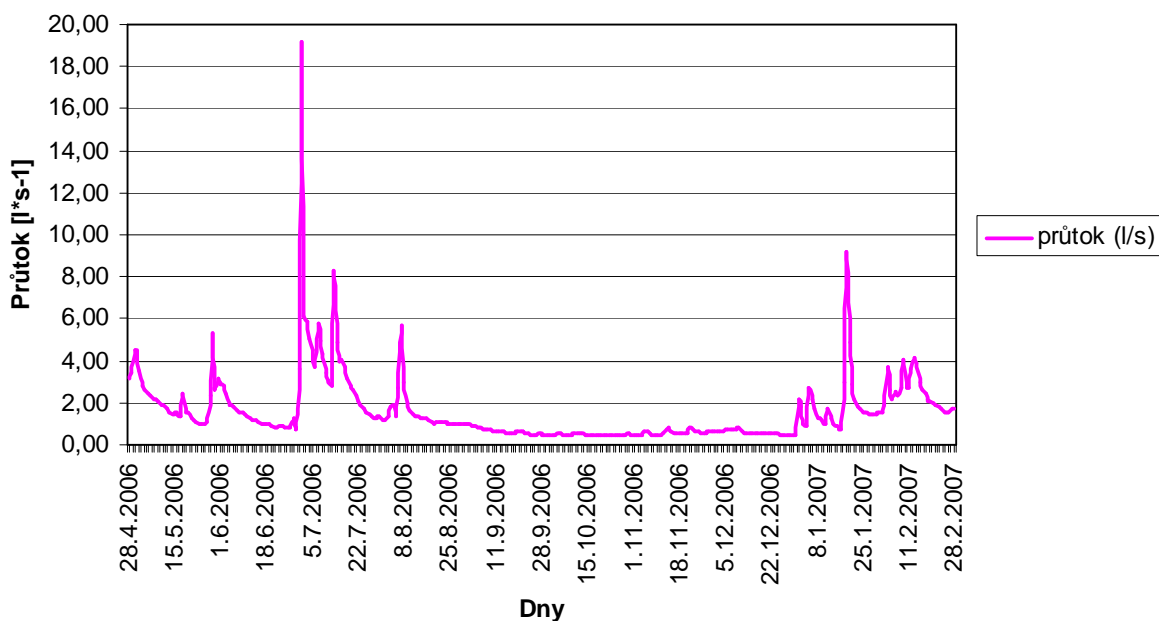


Polypropylenový box byl navržen ve spolupráci s firmou Fiedler-Magr elektronika pro ekologii. Box byl umístěn na svodný drén v bezpečné vzdálenosti od výusti do toku, rovněž ale bylo zdůrazněno, aby nebyl umístěn na pastvinu, kde by bez zvláštní ochrany shora mohla být konstrukce boxu poškozena pojezdy techniky a pasoucím se dobyt看em.

## 5.2.2 Výpočet průtoku

Z naměřených hodnot výšky hladiny jsou podle již výše uvedeného vzorce vypočtené průtoky.

Graf č.5: Průtoky na povodí toku Ostřice za období 28.4.06 - 28.2.07



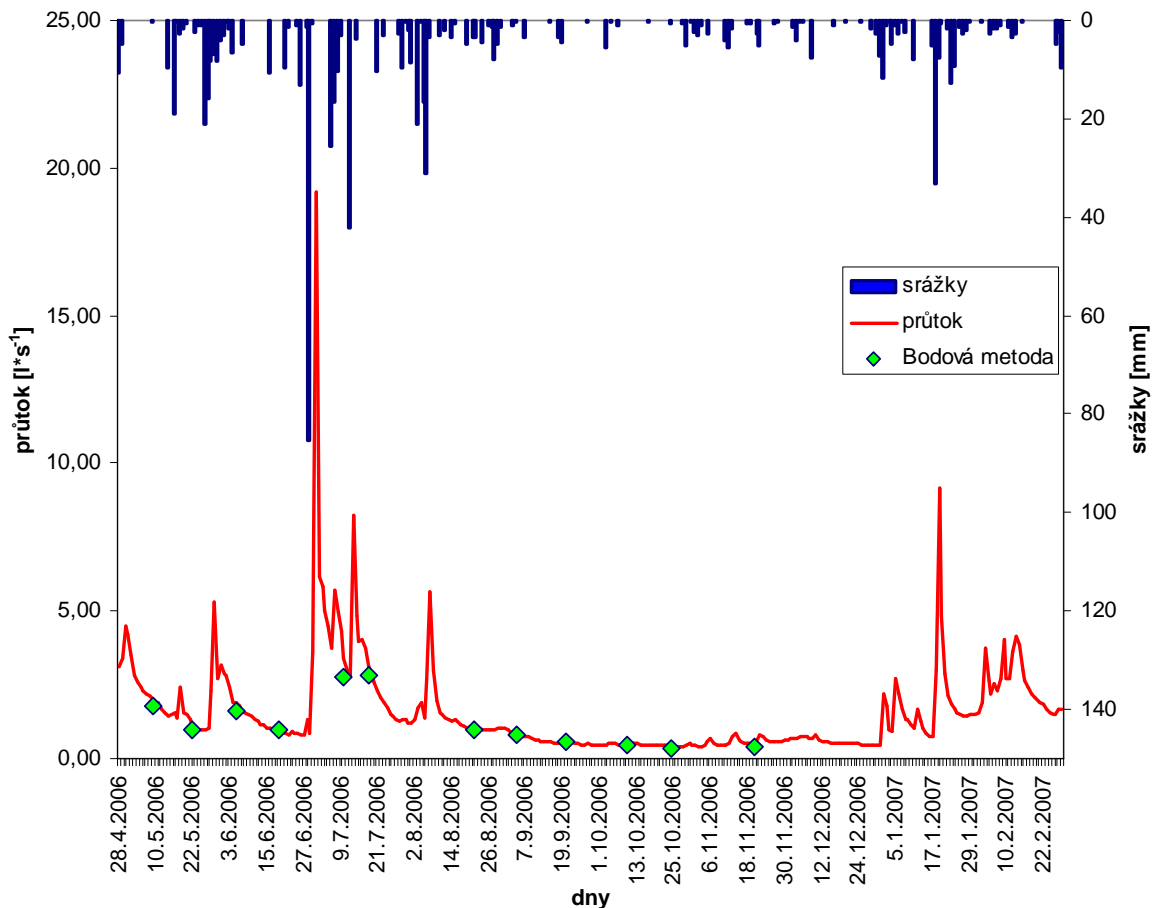
Maximální průtok byl naměřen 1.7.06 a jeho hodnota byla  $19,21 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Minimální průtok o hodnotě  $0,41 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  byl naměřen 27.10.06. Průměrný průtok za sledované období byl  $1,56 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ .

## 5.3 Vztah mezi srážkami a průtokem

Pro názorný důkaz závislosti velikosti průtoků na srážkových úhrnech byl vytvořen graf č.5, ve kterém jsou společně zobrazeny denní srážkové úhrny a denní hodnoty průtoků. Pro kontrolu správnosti měření průtoků byl ještě po dobu 7 měsíců náhodně kontrolován průtok bodovou metodou, která je v grafu rovněž znázorněna. S ohledem na provedená kontrolní měření lze prohlásit, že měřicí sestava umístěna na povodí toku Ostřice měří správně, a tedy výsledky je možné použít pro zobecnění vztahů mezi srážkami a průtokem.

Z grafu č.5 je patrné, že výraznější srážkové úhrny se na povodí projeví o něco zpozděným zvýšeným průtokem. Pro zpřesnění této informace a nalezení zákonitostí je nutné vybrat několik situací, ze kterých bude možno vztah mezi srážkami a průtokem vyjádřit, popřípadě zobecnit.

Graf č.6: Srážkové úhrny a průtoky za sledované období



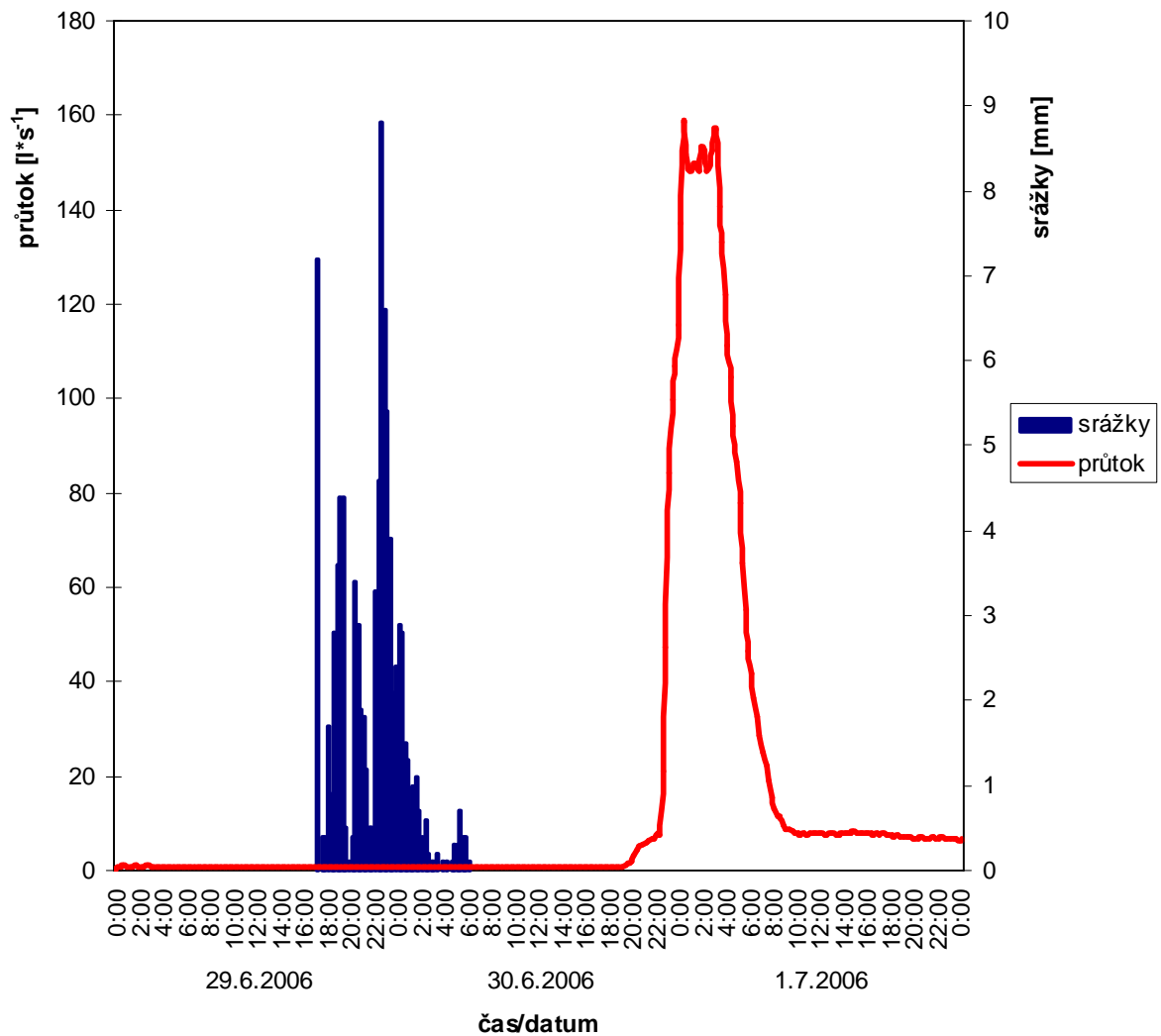
### 5.3.1 Období srážkového i průtokového maxima

Jako první bylo vybráno období, ve kterém došlo k největšímu srážkovému úhrnu. Pro větší názornost a přesnost grafu období od 29.6.06 do 1.7.06 bylo využito hodnot průtoků měřených po 15 minutách a z ombrografu vyčtených čtvrt hodinových srážkových úhrnů.

Ze dne 29.6. na 30.6. se ve sledované oblasti vyskytla srážka, která trvala 13 hodin. Za tuto dobu napršelo 92,1 mm. V průběhu již zmíněných 13 hodin má tato srážka několik vrcholů, kdy má čtvrt hodinový srážkový úhrn například hodnotu 8,8 mm, nebo 6,6mm. Takto významná srážka se samozřejmě velmi výrazně projevila na průtoku. Nejvýše naměřený

průtok v tomto období má hodnotu  $158,4221 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Srovnáním s průměrným průtokem, který činí  $1,56 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (jak již bylo uvedeno v kapitole 4.2.2 Vypočet průtoku), je patrná velikost průtoku v tomto období.

Graf č.7: Období se srážkovým a průtokovým maximem



Na grafu je rovněž velice dobře patrná doba doběhu. Dobou doběhu rozumíme časový úsek mezi začátkem srážky a projevením se této srážky zvýšeným průtokem. V této konkrétní situaci činí doba doběhu 29 hodin.

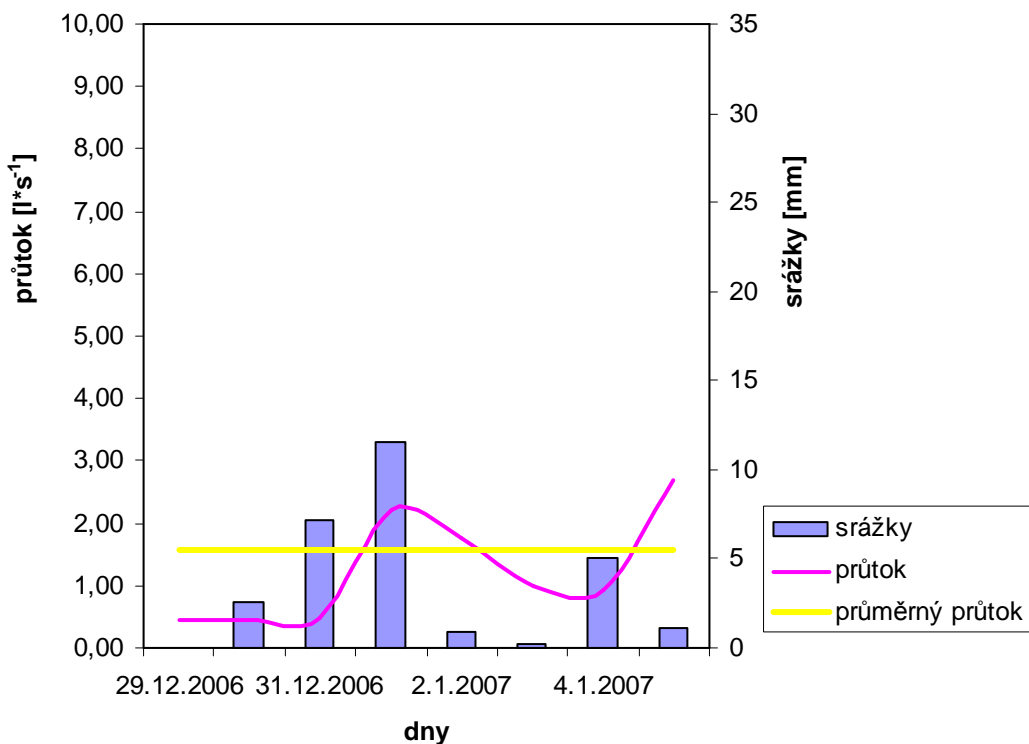
Aby bylo možné rychlost doběhu zobecnit, je nezbytně nutné prozkoumat další srážkové úhrny, potažmo jejich vliv na výši průtoku.

### 5.3.2 Období, ve kterém se srážky projeví zvýšeným průtokem

Jako další krok jsou vybrána období, ve kterých se srážky viditelně projeví na průtoku. Záměrně jsou vybrány srážky o různých délkách trvání a o různých srážkových úhrnech, aby bylo prokazatelné, zda je možné vztah mezi srážkami a průtokem zobecnit a ustanovit rychlost doběhu jako platné pravidlo.

Jako první je vybrané období od 29. prosince 2006 do 5. ledna 2007, ve kterém nejvyšší denní srážkový úhrn nepřekročil hodnotu 15 mm (graf č.8). Jak je z grafu č.8 patrné, srážky se projeví zvednutím hladiny a tím pádem i zvýšením průtoku ještě týž den, což je do 24 hodin. Po rapidním snížení srážkových úhrnů 2.1. 2007 klesá rovněž i průtok.

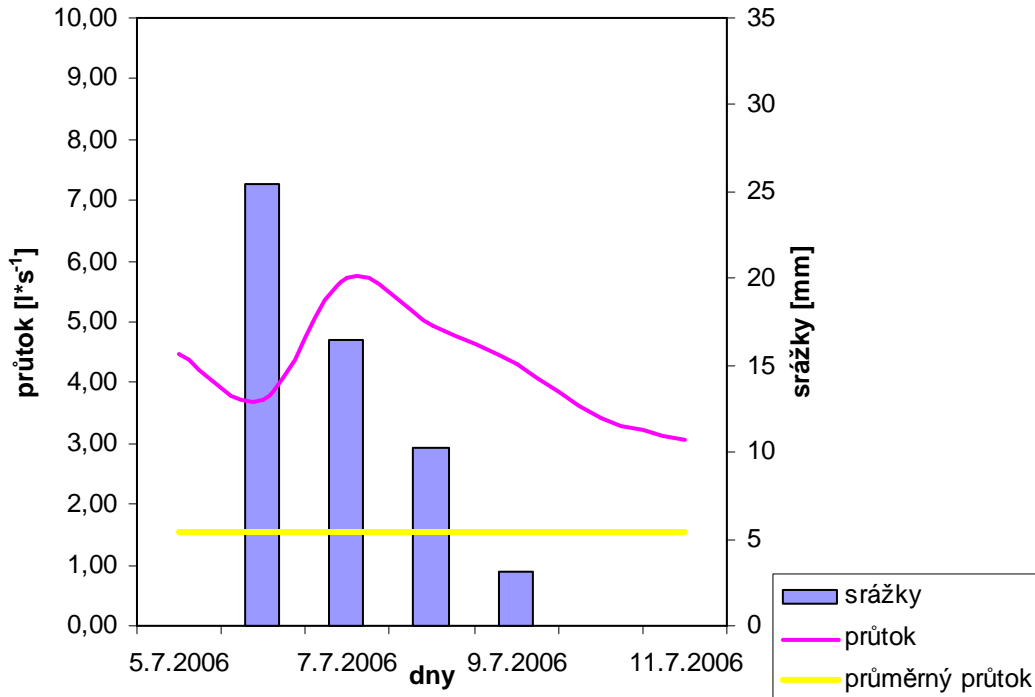
Graf č.8: 1. období



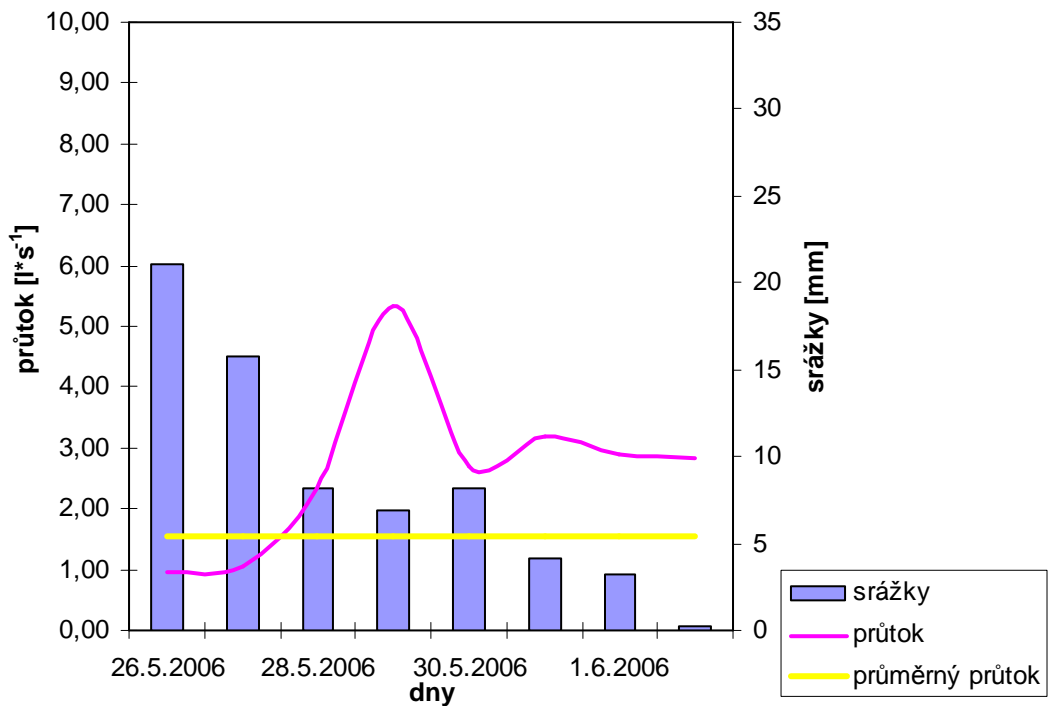
Další vybrané období je od 5. do 11. července 2006, ve kterém nejvyšší denní srážkový úhrn nepřekročil hodnotu 30 mm (graf č.9). Zvýšeným průtokem se v tomto případě srážky projeví až následujícího dne, to znamená po více jak 24 hodinách.

Posledním, zde uvedeným příkladem období, ve kterém se viditelně projeví srážky na průtoku, je období od 26. května do 2. června ( graf č.10). Nejvyšší denní srážkový úhrn zde nepřesahuje hodnotu 25 mm a změnou průtoku se tyto srážky projeví až v průběhu druhého následujícího dne, což je v rozmezí 24 až 36 hodin.

Graf č.9: 2. období



Graf č.10: 3. období

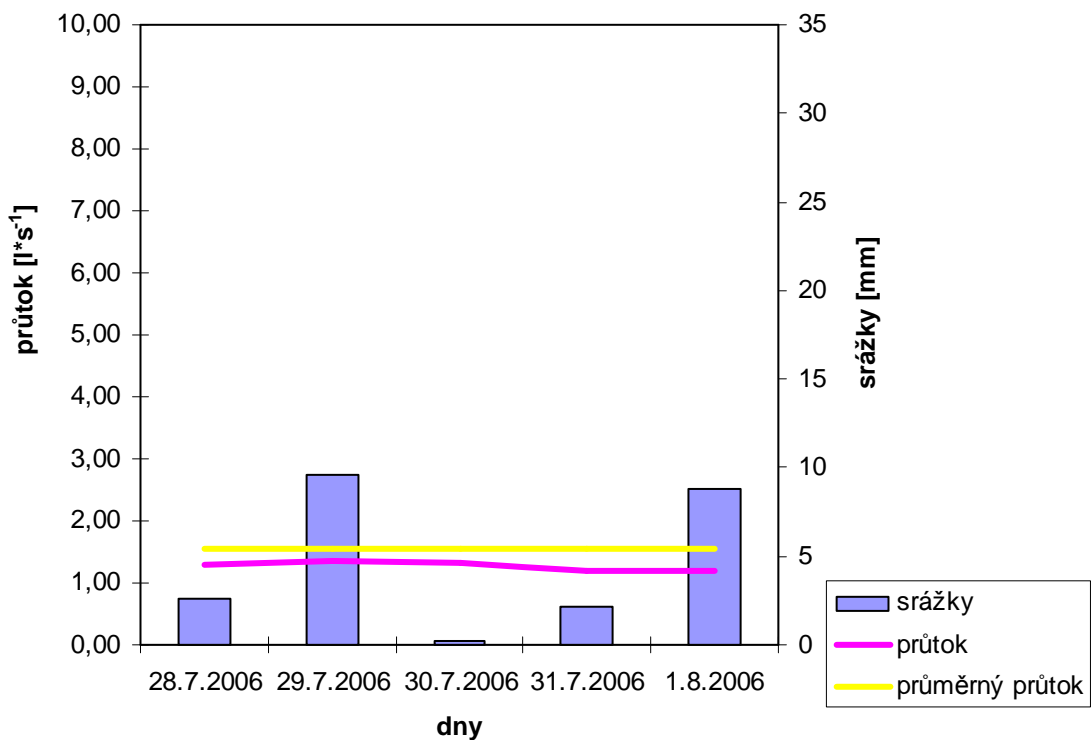


### 5.3.3 Období, ve kterém se srážky neprojeví zvýšeným průtokem

Další období, která byla podrobněji zkoumána, jsou ta, ve kterých se srážkový úhrn na průtoku nijak výrazně neprojevil.

Jako první z těchto období je časový úsek od 28.7. do 1.8. 2006 (graf č.11), ve kterém nejvyšší denní srážkový úhrn nepřekročil 10 mm a průtok se po dobu následujících dní nezměnil.

Graf č.11: 4. období

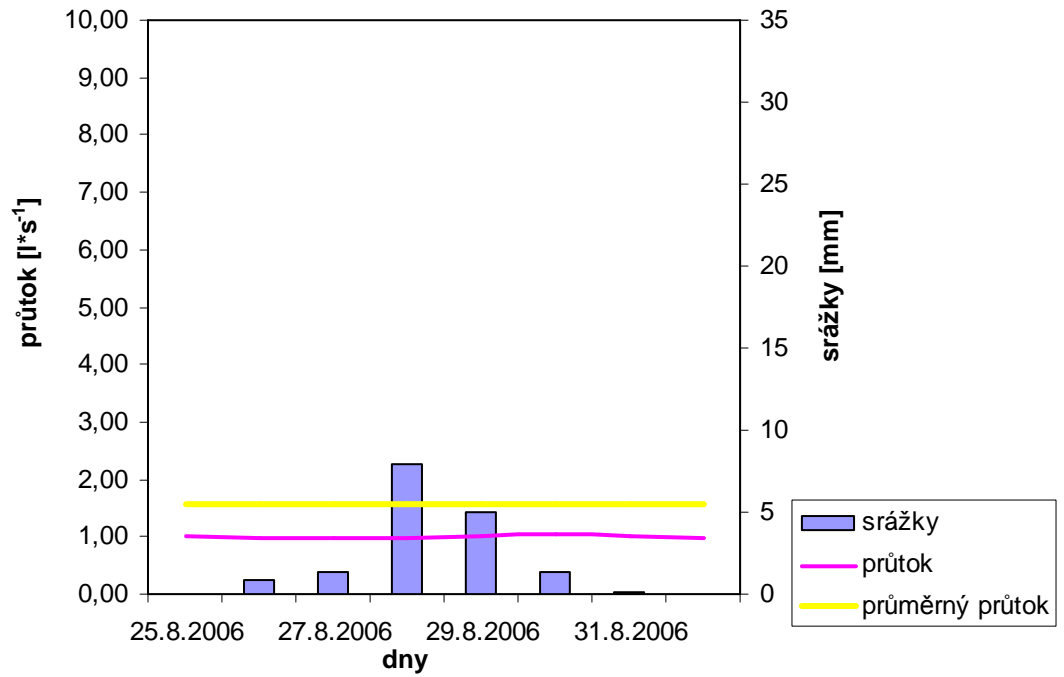


Další období je od 25.8. do 1.9. 2006 (Graf č.12). Také zde nedochází ke zvýšení průtoku vlivem srážkového úhrnu, který nepřekračuje hodnotu 10mm.

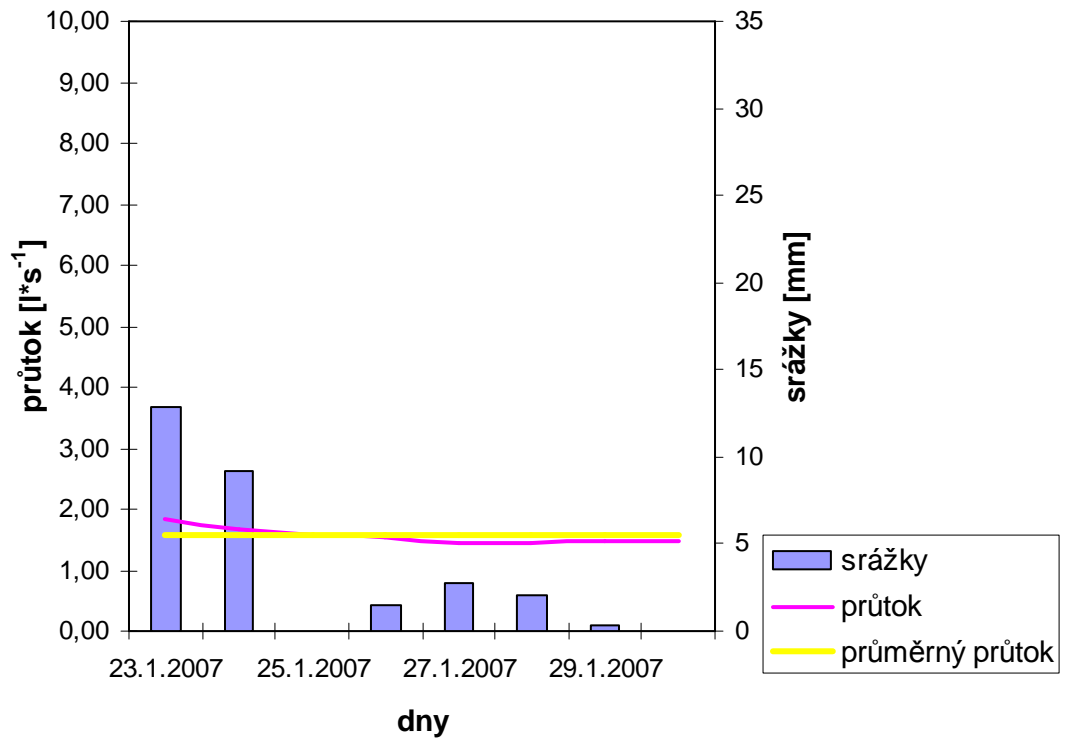
V posledním uvedeném období od 23.1. do 30.1. 2007 (Graf č.13) dosahuje nejvyšší denní úhrn srážek hodnoty téměř 15mm, a ani v tomto případě nedošlo ke zvýšení průtoku.



Graf č.12: 5. období



Graf č.13: 6. období



### **5.3.4 Shrnutí všech období**

Shrnutím informací získaných z výše uvedených grafů zjistíme, že srážky sice ovlivňují výši průtoku, ale že tento vliv nelze zobecnit pro všechny situace. Stejný úhrn srážek se ve dvou různých obdobích může projevit zcela odlišným průtokem. Samozřejmě i doba doběhu je proměnlivá.

Následným zkoumáním této proměnlivosti a různorodosti byly zjištěny další faktory, které společně se srážkami ovlivňují průtok. Mezi ty nejvýznamnější patří: velikost a tvar povodí, reliéf, fyzikální vlastnosti půdy, geologické poměry, vegetační pokryv a výpar.

KREŠL [2001] uvádí, že vztah mezi srážkami a odtokem není přímý. Je modifikován jednak aktivně ostatními klimatickými faktory, jejich dynamikou vývoje, jednak pasivně ostatními fyzicko-geografickými činiteli, které jsou v daném povodí stálé. Mimoto se projevuje i vliv člověka. Všechny tyto faktory působí současně, komplexně, v různých kombinacích, takže souvislosti mezi atmosférickými srážkami a odtokem jsou mnohdy úplně zastřeny.

## **5.4 Faktory ovlivňující průtok**

### **5.4.1 Reliéf**

Vliv reliéfu je dán sklonitostními poměry na povodí. Čím je sklon území větší, tím jsou rychlosti stékání větší a možnost vsaku vod do terénu menší. Tam, kde je reliéf plošší, voda zůstává po určitou dobu v prohlubních, a může se tak výrazněji uplatnit výpar a vsak. V prohlubních terénu zadržené množství se nemůže zúčastnit rychlého procesu odtoku – tvorby povodňové vlny.

Jak již bylo v kapitole „VYBRANÉ POVODÍ“ zmíněno, sledované území je převážně rovinaté. Rychlost stékání je tedy poměrně malá a možnost vsaku, popřípadě výparu je větší.

### **5.4.2 Velikost a tvar povodí**

Velikost a tvar povodí patří mezi charakteristiky rozhodující o čase potřebném k tomu, aby voda, vypadlá na různých dílčích plochách povodí, dotekla do uzávěrového profilu. Ovlivňování rychlosti stékání znamená rovněž ovlivnění ztrát výparem a vsakem. Velikost a

tvář povodí ovlivňují tvorbu velkých povodní. Specifický odtok průtoků s prodlužováním doby dotoku, tj. se zvětšováním plochy povodí rychle klesá. Se vzrůstem plochy povodí klesá maximální specifický odtok. Rovněž lze konstatovat, že čím je menší povodí toku, tím je nerovnoměrněji rozdělen odtok v roce.

#### **5.4.3 Fyzikální vlastnosti půdy**

Fyzikální vlastnosti půd ovlivňují zásadní měrou intenzitu vsaku vody do půdy. S množstvím nekapilárních pórů intenzita vsaku roste. Změna struktury půdy vyvolává změnu intenzity vsaku a pohybu vody v půdě. Pakliže způsobíme radikálnější změnu vlastností půd, dojde ke změnám vodního režimu v ní. Tam, kde je povodí tvořeno propustnými půdami, srážková voda se vsakuje do nižších horizontů, rozmnožuje zásoby podzemních vod – hlavní zdroj vodnosti toků dané oblasti. V případě, že je půda na podzim dostatečně vodou nasáklá, v zimě zmrzne, chová se v období jarního tání jako prakticky nepropustná. Za těchto podmínek mohou vznikat velmi nebezpečné povodně, zvláště když tání sněhu doprovází dešť. Do suché půdy je vsakování největší, ale až po navlhnutí povrchu půdy. Méně intenzivní deště se mohou vsáknout do půdy téměř úplně, kdežto při velké intenzitě odtéká podstatná část deště po povrchu. Značný vliv má i počáteční vlhkost půdy. Zpočátku nejvyšší infiltrace v čase klesá.

Námi zkoumané situace, ve kterých nedošlo k projevení se srážek zvýšeným průtokem, byly příkladem méně intenzivních dešťů, které se bez větších problémů vsáklý do půdy. Zatímco období s maximálním průtokem bylo typickým příkladem srážky s velkou intenzitou a následným odtokem, vsakování při této intenzitě bylo velmi malé.

#### **5.4.4 Geologické poměry**

Geologické poměry rovněž mají značný vliv na popisované hydrologické děje na povodí. Geologická stavba území spolu s podmínkami klimatickými určují i výsledek procesu zvětrávání – zda se vytvoří dobře propustné nebo nepropustné povrchové půdní vrstvy. Geologické podloží a jeho propustnost má význam pro utváření odtoku v období bezdeště. Ovšem nepropustné vrstvy (krystalické horniny, ruly, slíny, břidlice) s málo mocným půdním překryvem snižují celkovou retenční kapacitu povodí a spolupůsobí při prudkém stoupání průtoků při vydatnějších deštích.

### 5.4.5 Vegetační pokryv

Vegetační pokryv na povodí, zvláště les, je velmi významným činitelem, jenž ovlivňuje hydrologický režim toků. Tlumící vliv vegetační pokrývky, zvláště lesa, na kulminační průtoky je jednoznačně uznáván. Povodí pokryté dokonalou vegetací se zpravidla vyznačuje nízkými kulminačními průtoky. Je to způsobeno především existencí intercepce – tj. zachycení srážek na tělech rostlin, v korunách stromů. Rostliny potřebují ke svému životu odebírat živiny z půdy, odpařovat vodu z listů pro své ochlazování v období vyšších teplot vzduchu. Potřebnou vodu odebírají z půdy svými kořenovými systémy. Tato zóna je hustě prorostlá kořeny s velkým obsahem pórů, takže je schopna pojmout značnou část srážkového množství. Mnohdy takovou, že nezbyvá na vznik povrchového odtoku. Schopnost akumulovat vodu v horních vrstvách půdy je mnohdy zvýrazněna, zvláště v lese, tvorbou hrabanky a humusu. Je to vrstva jehličí a listů, rozkládá a mění se ve velmi kyprou vrstvu, schopnou pojmout značné množství vody a postupně ji předávat spodním vrstvám. Vegetační pokryv ovlivňuje proces odtoku ještě jiným způsobem. Podle druhu a hustoty rostlinných jedinců působí značné odpory proti proudění povrchové vody. To znamená, že celkovou dobu prodlužuje, a tedy ve svém konečném efektu snižuje kulminační průtoky, snižuje množství erodovaného materiálu z povodí.

POBEDINSKIJ, KREČMER [1984] uvádějí, že na každých 10 % lesnatosti se povodňová vlna snižuje o 4 dny a nejvyšší průměrný specifický odtok se snižuje o  $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Na tyto hodnoty má významný vliv i rozložení lesů v povodí. Jsou-li lesy soustředěny v jedné (libovolné) části povodí, jejich vliv na regulaci odtoku se projevuje v menší míře. Největší efekt je v tom případě, kdy jsou lesy rovnoměrně rozloženy v celém území, především na svazích rozvodí, podél přirozených depresí a na okrajích říčních údolí. Dále autoři uvádějí příznivou funkci lesů při zadržení přívalových srážek. Zde možnost zadržení vody a omezení výšky povodňové vlny závisí na míře nasycení vodou z předchozích srážek nebo tání sněhu. Čím déle trvá přívalová srážka vysoké intenzity, tím více se snižuje retardační účinek lesních ploch.

Sledované povodí toku Ostřice je ze 30% zalesněno a zbytek území z velké části zabírají trvalé travní porosty. S ohledem na vegetační pokryv je toto povodí schopné velmi dobře srážkovou vodu zadržovat popřípadě zpomalovat.

### **5.4.6 Výpar**

Výpar je dalším faktorem, který ovlivňuje proces odtoku. Ten obecně vzrůstá s teplotou vzduchu. Hodnota dlouhodobé roční výšky výparu z povodí se mění v závislosti na zeměpisných souřadnicích. Existují oblasti, kde výpar může dosahovat vysokých hodnot, takže vzrůst srážek se projeví jen nepatrným zvýšením odtoku, neboť i vysoké úhrny srážek mohou být, díky klimatickým poměrům, odpařeny. Ztráty pro povrchový odtok jsou zde značné. S růstem nadmořské výšky vzrůstá srážkový úhrn a klesá vlivem poklesu teplot vzduchu i velikost výparu. To znamená, že se vzrůstem nadmořské výšky budeme za normálních okolností pozorovat zákonitý vzrůst odtoku. Proto se u nás zvyšuje průměrný roční specifický odtok s nadmořskou výškou, tj. klesá ve směru proudu, tedy se zvětšováním plochy v povodí.

### **5.5 Doporučení**

Veškeré faktory, ovlivňující společně se srážkovými úhrny průtok, mohou vytvářet nepřehledné množství kombinací, které se mohou na průtoku projevit zcela odlišně. Z tohoto důvodu je pro budoucí výzkum doporučeno vyhodnocovat průtokové poměry v závislosti na všech faktorech ovlivňujících průtok a ne pouze s ohledem na srážkové úhrny. Rovněž pak doba trvání sledování zájmového povodí by měla být s ohledem na množství ovlivňujících faktorů delší.

## 6 ZÁVĚR

Téma diplomové práce bylo vybráno v souvislosti s povodněmi, které jsou v poslední době velice často diskutovaným problémem, netýkajícím se pouze naší republiky, ale celého světa. Aby bylo možné zabránit katastrofám způsobeným povodněmi, je nutné znát faktory ovlivňující velikost průtoku a míru jejich působnosti.

Z průzkumu, který byl zaměřen na zjištění závislosti mezi srážkami a průtokem na povodí toku Ostřice, vyplynulo, že srážky a jejich úhrny jsou sice jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících průtok, ale ne jediným. Vliv kolísání srážek na průtok je velice proměnlivý a roly zde hrají další faktory. Na každém povodí, či jeho části může společně působit hned několik faktorů.

Mezi faktory, nejvíce ovlivňující průtok právě na povodí toku Ostřice, patří velikost a tvar povodí, reliéf, fyzikální vlastnosti půdy, vegetační pokryv a samozřejmě výpar. Co si pod jednotlivými názvy faktorů představit a jak asi ovlivňují průtok.

Velikost a tvar povodí patří mezi charakteristiky, které rozhodují o tzv. čase doběhu. To je doba mezi dopadem srážky na zemský povrch v dílčí části povodí a mezi projevením se této srážky na průtoku v uzávěrovém profilu.

Reliéf vypovídá o tom, zda je sklon území větší či menší. Čím větší je sklon, tím rychlejší je odtok a možnost vsakování se snižuje.

Fyzikální vlastnosti půd ovlivňují zásadní měrou intenzitu vsaku vody do půdy. Aby se voda mohla vsakovat do nižších horizontů, a rozmnožovat zde zásoby podzemních vod, je nutné aby bylo povodí tvořeno dobře propustnými půdami. S množstvím nekapilárních pórů intenzita vsaku roste. Změna struktury půdy, či nasycenost půdy vodou vyvolává snížení množství kapilárních pórů a tím i snížení vsakování.

Vegetačním pokryvem rozumíme veškerou vegetaci rostoucí na povodí. Vegetací, která nejpodstatněji ovlivňují vztah mezi srážkami a průtokem jsou lesy a trvalé travní porosty. Tyto porosty jsou podstatné, ne jen z toho důvodu, že dokáží vodu zachycovat na svých tělech, ale i proto, že vodu spotřebovávají. Zejména rostliny získávají živiny obsažené v půdní vodě. Tuto vodu nasávají kořenovým systémem a po využití živin, vypouštějí vodu v podobě páry do vnějšího ovzduší. Lze konstatovat, že vegetace napomáhá zbrždění, či úplnému pohlcení srážek v měřítku sledovaného povodí.

K těmto faktorům se velice často přidává již zmíněný výpar. Také výpar patří mezi velice proměnlivé faktory. Závisí především na teplotě vzduchu, potažmo na ročním období a samozřejmě na zeměpisných souřadnicích.

Vztažením všech těchto faktorů na sledované povodí bylo zjištěno, že vytvořením různých kombinací jednotlivých faktorů, je možné dojít k velikému množství odlišných situací. Reakce sledovaného průtoku je různá i když dojde ke spadnutí stejného množství srážek. Tato situace vznikla například ve dnech 1.1. 06 a 23.1. 06, kdy se denní srážkový úhrn pohyboval kolem 12 milimetrů. Srážky spadlé 23.1. se zvýšením průtoku neprojevily, zatímco srážky ze dne 1.1. mají na velikost průtoku patrný vliv. Pro zjištění přesného důvodu této odlišnosti, je zapotřebí podrobné zkoumání již zmíněných faktorů. Pro tento konkrétní příklad bude jistě mezi limitující faktory patřit nepřítomnost vegetace, teplota, stav nasycení půdy, popřípadě zda půda po nasycení zmrzla, či ne.

Další velice podobný příklad je ze dnů 21.7. 06 a 29.7. 06, kdy se srážkové úhrny pohybovaly kolem hodnoty 10 milimetrů a projevil se zvýšeným průtokem pouze 29.7. Jelikož se v tomto případě jedná o letní měsíce budou mezi limitující faktory patřit výpar a vegetace.

Jak je zřejmé tyto situace není možné po tak krátké době sledování shrnout do určité závislosti a je doporučeno zaměřit se více na vyhodnocování ostatních vlivů působících na průtok.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- **BEDIENT, PHILIP B. et HUBER, WAYNE C.** : Hydrology and Floodplain Analysis  
2nd edition, Prentice Hall, 2002
- **BEVEN, K.J.** : Rainfall-runoff modelling, J.Wiley & Sons, 2001
- **BRANŽOVSKÝ, A.** : Kvantifikace škod na kvalitě vod, zejména podzemních, včetně přílohy Stručné charakteristiky hydroekologických regionů, Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, Praha 1999
- **CULEK, M.** : Biogeografické členění České republiky, Enigma, Praha 1996
- **CULEK, M.**: Biogeografické členění České republiky II. Díl, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha 2005
- **DEMEK, J.** : Geomorfologie českých zemí, Nakladatelství Československé akademie věd, Praha 1965
- **GERGEL, J.** : Studie o stavu hydrografické sítě na okrese Český Krumlov XII. díl Levý břeh Lipna u Černé v Pošumaví, České Budějovice 2000
- **HRÁDEK F., KUŘÍK P.** : Hydrologie, Česká Zemědělská Univerzita Praha, 2002
- **JANEČEK M.** : Hydrologické výpočty v protierozní ochraně půdy, Informační centrum ČKAIT, Praha ,2001
- **JANEČEK M.**: Použití metody CN k navrhování protierozních opatření. Sborník konference Ochrana půdy před erozí, České Budějovice, 1998
- **KEMEL, M.**: Klimatologie, meteorologie, hydrologie, České vysoké učení technické v Praze, Praha 1996



- **KEMEL, M.** : Hydrologie, České vysoké učení technické v Praze, Praha 1991
  
- **KREŠL, J.** : Hydrologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2001
  
- **LISCHKE, P., FRANK, V.**: Hydrologie, meteorologie, pedologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 1988
  
- **NĚMEC J.** : Inženýrská hydrologie, Státní nakladatelství technické literatury, 1964
  
- **NYPL, V.** : Hydrologie, meteorologie, pedologie II, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 1986
  
- **POBĚDINKIJ, A. V., KRAČMER, V.** : Funkce lesů v ochraně vod a půdy SZN, Praha 1984
  
- **STARÝ M. et al.**: Hydraulika a hydrologie, CERM Brno, 2002

## **PŘÍLOHY**

**Příloha 1: výpočty průtoků z naměřených hladin + srážkové úhrny**

datum	hladiny (mm)	hladiny po opr. (mm)	Hlad/1000	hlad/1000na 2,47	Průtok (l/s)	srážky
28.4.2006	152,00	107,50	0,11	0,00	3,12	10,8
29.4.2006	156,00	111,50	0,11	0,00	3,41	4,9
30.4.2006	169,00	124,50	0,12	0,01	4,48	0
1.5.2006	166,00	121,50	0,12	0,01	4,22	0
2.5.2006	157,00	112,50	0,11	0,00	3,49	0
3.5.2006	148,00	103,50	0,10	0,00	2,84	0
4.5.2006	144,00	99,50	0,10	0,00	2,57	0
5.5.2006	142,00	97,50	0,10	0,00	2,45	0
6.5.2006	140,00	95,50	0,10	0,00	2,33	0
7.5.2006	138,00	93,50	0,09	0,00	2,21	0
8.5.2006	137,00	92,50	0,09	0,00	2,15	0
9.5.2006	135,00	90,50	0,09	0,00	2,04	0,4
10.5.2006	133,00	88,50	0,09	0,00	1,93	0
11.5.2006	132,00	87,50	0,09	0,00	1,87	0
12.5.2006	128,00	83,50	0,08	0,00	1,67	0
13.5.2006	126,00	81,50	0,08	0,00	1,57	0
14.5.2006	123,00	78,50	0,08	0,00	1,43	9,8
15.5.2006	125,00	80,50	0,08	0,00	1,52	0
16.5.2006	126,00	81,50	0,08	0,00	1,57	19,1
17.5.2006	122,00	77,50	0,08	0,00	1,39	0,2
18.5.2006	142,00	97,50	0,10	0,00	2,45	2,6
19.5.2006	126,00	81,50	0,08	0,00	1,57	1,9
20.5.2006	125,00	80,50	0,08	0,00	1,52	0,7
21.5.2006	120,00	75,50	0,08	0,00	1,30	0,1
22.5.2006	117,00	72,50	0,07	0,00	1,18	0
23.5.2006	114,00	69,50	0,07	0,00	1,06	2,4
24.5.2006	111,00	66,50	0,07	0,00	0,95	1
25.5.2006	111,00	66,50	0,07	0,00	0,95	0,9
26.5.2006	111,00	66,50	0,07	0,00	0,95	21,1
27.5.2006	114,00	69,50	0,07	0,00	1,06	15,8
28.5.2006	140,00	95,50	0,10	0,00	2,33	8,2
29.5.2006	178,00	133,50	0,13	0,01	5,32	6,9
30.5.2006	146,00	101,50	0,10	0,00	2,70	8,2
31.5.2006	153,00	108,50	0,11	0,00	3,19	4,2
1.6.2006	149,00	104,50	0,10	0,00	2,90	3,2
2.6.2006	148,00	103,50	0,10	0,00	2,84	0,2
3.6.2006	142,00	97,50	0,10	0,00	2,45	1,8
4.6.2006	133,00	88,50	0,09	0,00	1,93	6,7
5.6.2006	133,00	88,50	0,09	0,00	1,93	0
6.6.2006	130,00	85,50	0,09	0,00	1,77	0
7.6.2006	127,00	82,50	0,08	0,00	1,62	5
8.6.2006	126,00	81,50	0,08	0,00	1,57	0
9.6.2006	125,00	80,50	0,08	0,00	1,52	0
10.6.2006	123,00	78,50	0,08	0,00	1,43	0
11.6.2006	121,00	76,50	0,08	0,00	1,34	0
12.6.2006	119,00	74,50	0,07	0,00	1,26	0
13.6.2006	117,00	72,50	0,07	0,00	1,18	0

datum	hladiny (mm)	hladiny po opr. (mm)	Hlad/ 1000	hlad/ 1000na 2,47	Průtok (l/s)	srážky
14.6.2006	116,00	71,50	0,07	0,00	1,14	0
15.6.2006	114,00	69,50	0,07	0,00	1,06	0
16.6.2006	113,00	68,50	0,07	0,00	1,02	10,8
17.6.2006	112,00	67,50	0,07	0,00	0,99	0
18.6.2006	113,00	68,50	0,07	0,00	1,02	0
19.6.2006	111,00	66,50	0,07	0,00	0,95	0
20.6.2006	110,00	65,50	0,07	0,00	0,92	0
21.6.2006	108,00	63,50	0,06	0,00	0,85	9,8
22.6.2006	106,00	61,50	0,06	0,00	0,78	1,4
23.6.2006	110,00	65,50	0,07	0,00	0,92	0
24.6.2006	109,00	64,50	0,06	0,00	0,88	0
25.6.2006	108,00	63,50	0,06	0,00	0,85	1,1
26.6.2006	106,00	61,50	0,06	0,00	0,78	13,2
27.6.2006	106,00	61,50	0,06	0,00	0,78	0
28.6.2006	120,00	75,50	0,08	0,00	1,30	1,4
29.6.2006	108,00	63,50	0,06	0,00	0,85	85,2
30.6.2006	159,00	114,50	0,11	0,00	3,64	0,6
1.7.2006	269,00	224,50	0,22	0,02	19,21	0
2.7.2006	186,00	141,50	0,14	0,01	6,14	0
3.7.2006	183,00	138,50	0,14	0,01	5,83	0
4.7.2006	175,00	130,50	0,13	0,01	5,03	0
5.7.2006	169,00	124,50	0,12	0,01	4,48	0
6.7.2006	160,00	115,50	0,12	0,00	3,72	25,5
7.7.2006	182,00	137,50	0,14	0,01	5,72	16,5
8.7.2006	174,00	129,50	0,13	0,01	4,93	10,3
9.7.2006	167,00	122,50	0,12	0,01	4,30	3,1
10.7.2006	156,00	111,50	0,11	0,00	3,41	0
11.7.2006	151,00	106,50	0,11	0,00	3,04	0
12.7.2006	147,00	102,50	0,10	0,00	2,77	42,1
13.7.2006	204,00	159,50	0,16	0,01	8,26	0
14.7.2006	173,00	128,50	0,13	0,01	4,84	3,8
15.7.2006	163,00	118,50	0,12	0,01	3,96	0
16.7.2006	164,00	119,50	0,12	0,01	4,05	0
17.7.2006	160,00	115,50	0,12	0,00	3,72	0
18.7.2006	152,00	107,50	0,11	0,00	3,12	0
19.7.2006	148,00	103,50	0,10	0,00	2,84	0
20.7.2006	144,00	99,50	0,10	0,00	2,57	0
21.7.2006	140,00	95,50	0,10	0,00	2,33	10,2
22.7.2006	136,00	91,50	0,09	0,00	2,09	0
23.7.2006	132,00	87,50	0,09	0,00	1,87	3,1
24.7.2006	129,00	84,50	0,08	0,00	1,72	0
25.7.2006	125,00	80,50	0,08	0,00	1,52	0
26.7.2006	122,84	78,34	0,08	0,00	1,43	0
27.7.2006	120,70	76,20	0,08	0,00	1,33	0
28.7.2006	119,78	75,28	0,08	0,00	1,29	2,6
29.7.2006	121,17	76,67	0,08	0,00	1,35	9,6
30.7.2006	120,54	76,04	0,08	0,00	1,32	0,2
31.7.2006	117,36	72,86	0,07	0,00	1,19	2,1
1.8.2006	117,57	73,07	0,07	0,00	1,20	8,8
2.8.2006	120,43	75,93	0,08	0,00	1,32	0
3.8.2006	129,75	85,25	0,09	0,00	1,76	21,2

datum	hladiny (mm)	hladiny po opr. (mm)	Hlad/ 1000	hlad/ 1000na 2,47	Průtok (l/s)	srážky
4.8.2006	132,56	88,06	0,09	0,00	1,90	0,3
5.8.2006	121,80	77,30	0,08	0,00	1,38	16,5
6.8.2006	145,72	101,22	0,10	0,00	2,68	31,2
7.8.2006	181,51	137,01	0,14	0,01	5,67	3,5
8.8.2006	149,98	105,48	0,11	0,00	2,97	0
9.8.2006	133,32	88,82	0,09	0,00	1,94	0
10.8.2006	126,19	81,69	0,08	0,00	1,58	3
11.8.2006	124,13	79,63	0,08	0,00	1,48	0
12.8.2006	122,02	77,52	0,08	0,00	1,39	2
13.8.2006	121,09	76,59	0,08	0,00	1,35	0
14.8.2006	119,63	75,13	0,08	0,00	1,29	3,4
15.8.2006	120,04	75,54	0,08	0,00	1,30	0,8
16.8.2006	118,90	74,40	0,07	0,00	1,26	0
17.8.2006	116,66	72,16	0,07	0,00	1,16	0
18.8.2006	114,36	69,86	0,07	0,00	1,07	0
19.8.2006	113,17	68,67	0,07	0,00	1,03	4,9
20.8.2006	114,72	70,22	0,07	0,00	1,09	0
21.8.2006	114,00	69,50	0,07	0,00	1,06	3,5
22.8.2006	113,93	69,43	0,07	0,00	1,06	3,6
23.8.2006	113,54	69,04	0,07	0,00	1,04	0
24.8.2006	112,10	67,60	0,07	0,00	0,99	4,6
25.8.2006	112,35	67,85	0,07	0,00	1,00	0
26.8.2006	112,08	67,58	0,07	0,00	0,99	0,9
27.8.2006	111,40	66,90	0,07	0,00	0,97	1,3
28.8.2006	111,48	66,98	0,07	0,00	0,97	7,9
29.8.2006	112,77	68,27	0,07	0,00	1,02	5
30.8.2006	113,28	68,78	0,07	0,00	1,03	1,4
31.8.2006	113,07	68,57	0,07	0,00	1,03	0,1
1.9.2006	111,32	66,82	0,07	0,00	0,96	0
2.9.2006	109,63	65,13	0,07	0,00	0,90	0
3.9.2006	108,30	63,80	0,06	0,00	0,86	1
4.9.2006	107,23	62,73	0,06	0,00	0,82	0,2
5.9.2006	106,01	61,51	0,06	0,00	0,78	0
6.9.2006	104,91	60,41	0,06	0,00	0,75	0
7.9.2006	104,15	59,65	0,06	0,00	0,73	3,5
8.9.2006	104,46	59,96	0,06	0,00	0,74	0
9.9.2006	102,61	58,11	0,06	0,00	0,68	0
10.9.2006	100,77	56,27	0,06	0,00	0,63	0
11.9.2006	100,42	55,92	0,06	0,00	0,62	0
12.9.2006	99,81	55,31	0,06	0,00	0,60	0
13.9.2006	99,53	55,03	0,06	0,00	0,60	0
14.9.2006	99,49	54,99	0,05	0,00	0,59	0
15.9.2006	98,26	53,76	0,05	0,00	0,56	0,2
16.9.2006	96,98	52,48	0,05	0,00	0,53	0
17.9.2006	97,22	52,72	0,05	0,00	0,54	0
18.9.2006	97,13	52,63	0,05	0,00	0,53	3,3
19.9.2006	99,95	55,45	0,06	0,00	0,61	4,6
20.9.2006	101,47	56,97	0,06	0,00	0,65	0
21.9.2006	99,48	54,98	0,05	0,00	0,59	0
22.9.2006	98,53	54,03	0,05	0,00	0,57	0
23.9.2006	97,19	52,69	0,05	0,00	0,54	0

datum	hladiny (mm)	hladiny po opr. (mm)	Hlad/ 1000	hlad/ 1000na 2,47	Průtok (l/s)	srážky
24.9.2006	95,54	51,04	0,05	0,00	0,49	0
25.9.2006	95,00	50,50	0,05	0,00	0,48	0
26.9.2006	95,21	50,71	0,05	0,00	0,49	0
27.9.2006	95,93	51,43	0,05	0,00	0,50	0,3
28.9.2006	95,21	50,71	0,05	0,00	0,49	0
29.9.2006	95,05	50,55	0,05	0,00	0,48	0,1
30.9.2006	95,00	50,50	0,05	0,00	0,48	0
1.10.2006	95,00	50,50	0,05	0,00	0,48	0
2.10.2006	95,00	50,50	0,05	0,00	0,48	0,1
3.10.2006	95,00	50,50	0,05	0,00	0,48	5,5
4.10.2006	96,76	52,26	0,05	0,00	0,52	0
5.10.2006	96,24	51,74	0,05	0,00	0,51	0,2
6.10.2006	95,33	50,83	0,05	0,00	0,49	0
7.10.2006	94,68	50,18	0,05	0,00	0,47	1
8.10.2006	94,67	50,17	0,05	0,00	0,47	0,1
9.10.2006	94,34	49,84	0,05	0,00	0,47	0
10.10.2006	96,24	51,74	0,05	0,00	0,51	0
11.10.2006	97,15	52,65	0,05	0,00	0,53	0
12.10.2006	96,39	51,89	0,05	0,00	0,52	0
13.10.2006	95,86	51,36	0,05	0,00	0,50	0
14.10.2006	95,17	50,67	0,05	0,00	0,49	0
15.10.2006	94,98	50,48	0,05	0,00	0,48	0
16.10.2006	94,95	50,45	0,05	0,00	0,48	0
17.10.2006	94,20	49,70	0,05	0,00	0,46	0,2
18.10.2006	93,99	49,49	0,05	0,00	0,46	0
19.10.2006	93,92	49,42	0,05	0,00	0,46	0
20.10.2006	93,55	49,05	0,05	0,00	0,45	0
21.10.2006	93,90	49,40	0,05	0,00	0,46	0
22.10.2006	93,07	48,57	0,05	0,00	0,44	0
23.10.2006	93,00	48,50	0,05	0,00	0,44	0
24.10.2006	93,01	48,51	0,05	0,00	0,44	0,6
25.10.2006	92,97	48,47	0,05	0,00	0,44	0
26.10.2006	92,25	47,75	0,05	0,00	0,42	0
27.10.2006	91,99	47,49	0,05	0,00	0,41	0
28.10.2006	92,48	47,98	0,05	0,00	0,42	0,8
29.10.2006	93,44	48,94	0,05	0,00	0,45	5,3
30.10.2006	96,16	51,66	0,05	0,00	0,51	0
31.10.2006	93,89	49,39	0,05	0,00	0,46	0,4
1.11.2006	93,01	48,51	0,05	0,00	0,44	2,5
2.11.2006	92,17	47,67	0,05	0,00	0,42	3,1
3.11.2006	92,20	47,70	0,05	0,00	0,42	0,9
4.11.2006	93,51	49,01	0,05	0,00	0,45	0
5.11.2006	99,81	55,31	0,06	0,00	0,60	2,6
6.11.2006	102,17	57,67	0,06	0,00	0,67	0
7.11.2006	96,33	51,83	0,05	0,00	0,51	0
8.11.2006	94,51	50,01	0,05	0,00	0,47	0
9.11.2006	94,01	49,51	0,05	0,00	0,46	0
10.11.2006	94,10	49,60	0,05	0,00	0,46	0
11.11.2006	94,64	50,14	0,05	0,00	0,47	4,1
12.11.2006	97,35	52,85	0,05	0,00	0,54	5,5
13.11.2006	103,99	59,49	0,06	0,00	0,72	1,6

datum	hladiny (mm)	hladiny po opr. (mm)	Hlad/ 1000	hlad/ 1000na 2,47	Průtok (l/s)	srážky
14.11.2006	107,68	63,18	0,06	0,00	0,84	0,1
15.11.2006	101,58	57,08	0,06	0,00	0,65	0
16.11.2006	98,13	53,63	0,05	0,00	0,56	0
17.11.2006	96,25	51,75	0,05	0,00	0,51	0
18.11.2006	95,96	51,46	0,05	0,00	0,50	0,8
19.11.2006	95,72	51,22	0,05	0,00	0,50	0,8
20.11.2006	97,32	52,82	0,05	0,00	0,54	0
21.11.2006	98,96	54,46	0,05	0,00	0,58	2,6
22.11.2006	106,44	61,94	0,06	0,00	0,80	5,1
23.11.2006	104,75	60,25	0,06	0,00	0,75	0
24.11.2006	100,81	56,31	0,06	0,00	0,63	0
25.11.2006	99,27	54,77	0,05	0,00	0,59	0
26.11.2006	98,46	53,96	0,05	0,00	0,57	0
27.11.2006	98,10	53,60	0,05	0,00	0,56	0,7
28.11.2006	98,25	53,75	0,05	0,00	0,56	0,4
29.11.2006	99,23	54,73	0,05	0,00	0,59	0,1
30.11.2006	99,99	55,49	0,06	0,00	0,61	0,1
1.12.2006	101	56,50	0,06	0,00	0,64	0
2.12.2006	102	57,50	0,06	0,00	0,66	0
3.12.2006	102	57,50	0,06	0,00	0,66	1,5
4.12.2006	102	57,50	0,06	0,00	0,66	4,1
5.12.2006	104	59,50	0,06	0,00	0,72	0,2
6.12.2006	104	59,50	0,06	0,00	0,72	0,5
7.12.2006	104	59,50	0,06	0,00	0,72	0
8.12.2006	103	58,50	0,06	0,00	0,69	0
9.12.2006	103	58,50	0,06	0,00	0,69	7,7
10.12.2006	107	62,50	0,06	0,00	0,82	0
11.12.2006	101	56,50	0,06	0,00	0,64	0
12.12.2006	98	53,50	0,05	0,00	0,56	0
13.12.2006	98	53,50	0,05	0,00	0,56	0
14.12.2006	98	53,50	0,05	0,00	0,56	0
15.12.2006	97	52,50	0,05	0,00	0,53	0
16.12.2006	96	51,50	0,05	0,00	0,51	0,9
17.12.2006	97	52,50	0,05	0,00	0,53	0
18.12.2006	97	52,50	0,05	0,00	0,53	0
19.12.2006	97	52,50	0,05	0,00	0,53	0
20.12.2006	96	51,50	0,05	0,00	0,51	0,3
21.12.2006	96	51,50	0,05	0,00	0,51	0
22.12.2006	96	51,50	0,05	0,00	0,51	0
23.12.2006	97	52,50	0,05	0,00	0,53	0
24.12.2006	96	51,50	0,05	0,00	0,51	0
25.12.2006	95	50,50	0,05	0,00	0,48	0,2
26.12.2006	95	50,50	0,05	0,00	0,48	0
27.12.2006	95	50,50	0,05	0,00	0,48	0
28.12.2006	95	50,50	0,05	0,00	0,48	1,7
29.12.2006	94	49,50	0,05	0,00	0,46	0
30.12.2006	94	49,50	0,05	0,00	0,46	2,6
31.12.2006	95	50,50	0,05	0,00	0,48	7,2
1.1.2007	138	93,50	0,09	0,00	2,21	11,6
2.1.2007	130	85,50	0,09	0,00	1,77	0,9
3.1.2007	112	67,50	0,07	0,00	0,99	0,2

datum	hladiny (mm)	hladiny po opr. (mm)	Hlad/ 1000	hlad/ 1000na 2,47	Průtok (l/s)	srážky
4.1.2007	110	65,50	0,07	0,00	0,92	5
5.1.2007	146	101,50	0,10	0,00	2,70	1,1
6.1.2007	138	93,50	0,09	0,00	2,21	2,6
7.1.2007	128	83,50	0,08	0,00	1,67	0,2
8.1.2007	120	75,50	0,08	0,00	1,30	2,5
9.1.2007	120	75,50	0,08	0,00	1,30	0
10.1.2007	117	72,50	0,07	0,00	1,18	0
11.1.2007	113	68,50	0,07	0,00	1,02	8,1
12.1.2007	128	83,50	0,08	0,00	1,67	0
13.1.2007	119	74,50	0,07	0,00	1,26	0
14.1.2007	113	68,50	0,07	0,00	1,02	0
15.1.2007	109	64,50	0,06	0,00	0,88	0
16.1.2007	105	60,50	0,06	0,00	0,75	0
17.1.2007	104	59,50	0,06	0,00	0,72	5,1
18.1.2007	150	105,50	0,11	0,00	2,97	33,1
19.1.2007	211	166,50	0,17	0,01	9,18	7,5
20.1.2007	173	128,50	0,13	0,01	4,84	0,6
21.1.2007	149	104,50	0,10	0,00	2,90	0
22.1.2007	137	92,50	0,09	0,00	2,15	1,7
23.1.2007	131	86,50	0,09	0,00	1,82	12,8
24.1.2007	128	83,50	0,08	0,00	1,67	9,2
25.1.2007	126	81,50	0,08	0,00	1,57	0
26.1.2007	125	80,50	0,08	0,00	1,52	1,5
27.1.2007	123	78,50	0,08	0,00	1,43	2,8
28.1.2007	123	78,50	0,08	0,00	1,43	2,1
29.1.2007	124	79,50	0,08	0,00	1,48	0,3
30.1.2007	124	79,50	0,08	0,00	1,48	0
31.1.2007	125	80,50	0,08	0,00	1,52	0
1.2.2007	126	81,50	0,08	0,00	1,57	0
2.2.2007	132	87,50	0,09	0,00	1,87	0,3
3.2.2007	160	115,50	0,12	0,00	3,72	0
4.2.2007	145	100,50	0,10	0,00	2,64	0
5.2.2007	138	93,50	0,09	0,00	2,21	2,6
6.2.2007	143	98,50	0,10	0,00	2,51	1,6
7.2.2007	140	95,50	0,10	0,00	2,33	1,7
8.2.2007	146	101,50	0,10	0,00	2,70	1,1
9.2.2007	164	119,50	0,12	0,01	4,05	0
10.2.2007	146	101,50	0,10	0,00	2,70	0
11.2.2007	146	101,50	0,10	0,00	2,70	1,5
12.2.2007	159	114,50	0,11	0,00	3,64	3,6
13.2.2007	165	120,50	0,12	0,01	4,13	2,8
14.2.2007	162	117,50	0,12	0,01	3,88	0,1
15.2.2007	150	105,50	0,11	0,00	2,97	0,4
16.2.2007	145	100,50	0,10	0,00	2,64	0
17.2.2007	142	97,50	0,10	0,00	2,45	0
18.2.2007	138	93,50	0,09	0,00	2,21	0
19.2.2007	136	91,50	0,09	0,00	2,09	0
20.2.2007	134	89,50	0,09	0,00	1,98	0
21.2.2007	133	88,50	0,09	0,00	1,93	0
22.2.2007	131	86,50	0,09	0,00	1,82	0
23.2.2007	128	83,50	0,08	0,00	1,67	0
24.2.2007	126	81,50	0,08	0,00	1,57	0
25.2.2007	125	80,50	0,08	0,00	1,52	0
26.2.2007	125	80,50	0,08	0,00	1,52	4,8



<b>datum</b>	<b>hladiny (mm)</b>	<b>hladiny po opr. (mm)</b>	<b>Hlad/ 1000</b>	<b>hlad/ 1000na 2,47</b>	<b>Průtok (l/s)</b>	<b>srážky</b>
27.2.2007	128	83,50	0,08	0,00	1,67	2,4
28.2.2007	128	83,50	0,08	0,00	1,67	9,7

## **Příloha 2: Výpočty fyzicko - geografických charakteristik povodí Ostřice**

### **Plocha povodí – P [km<sup>2</sup>]**

Povodí – území vztahované k určitému uzávěrovému profilu na toku, omezené rozvodnicí.

$$P = 10,215 \text{ km}^2$$

### **Délka toku – L [km]**

Délka toku – vzdálenost uzávěrového profilu od pramene měřenou po střednici toku.

Uzávěrový profil považujeme za počátek.

$$L = 5,3 \text{ km}$$

### **Délka údolnice – Lu [km]**

Délka údolnice – vzdálenost od uzávěrového profilu měřená po toku a protažená až k rozvodnici.

$$Lu = 8,4 \text{ km}$$

### **Střední šířka povodí – B [km]**

Střední šířka povodí – podíl plochy povodí a délky povodí od rozvodnice k danému uzávěrovému profilu.

$$B = P/Lu$$

$$B = 10,215/8,4 = 1,22 \text{ km}$$

### **Tvar povodí**

$$\alpha = P/Lu^2$$

$$\alpha = 10,215/8,4^2 = 0,14$$

$$\alpha = 0,07 - 0,24 \rightarrow \text{protáhlé povodí}$$

$$\alpha = 0,25 - 0,50 \rightarrow \text{vějířové povodí}$$

Dle koeficientu  $\alpha$  se jedná o protáhlé povodí.

### **Absolutní spád povodí – $\Delta H$ [m]**

$$\Delta H = H_{\text{max}} - H_{\text{min}}$$

$H_{\text{max}}$  – maximální nadmořská výška údolnice (na rozvodnici)

$H_{\text{min}}$  – minimální nadmořská výška údolnice (uzávěrový profil)

$$H_{\text{max}} = 1047,5 \text{ m n.m. (dle mapy)}$$

$$H_{\min} = 725 \text{ m n.m.}$$

$$\Delta H = 322,5 \text{ m}$$

### **Absolutní spád toku [m]**

$$\Delta HT = HT_{\max} - HT_{\min}$$

HT max – nadmořská výška u pramene

HT min – nadmořská výška uzávěrového profilu

$$HT_{\max} = 830 \text{ m n.m.}$$

$$HT_{\min} = 725 \text{ m n.m.}$$

$$\Delta HT = 105 \text{ m}$$

### **Sklon údolnice – I<sub>u</sub> [%]**

$$I_u = \Delta H / L_u \cdot 100$$

$$\Delta H = 322,5 \text{ m}$$

$$L_u = 8,4 \text{ km} = 8\,400 \text{ m}$$

$$I_u = 3,8 \%$$

### **Průměrný sklon povodí – I<sub>p</sub> [%]**

$$I_p = \Delta H / \sqrt{P} \cdot 100$$

$$\Delta H = 322,5 \text{ m} = 0,3225 \text{ km}$$

$$P = 10,215 \text{ km}^2$$

$$I_p = 0,3225 / \sqrt{10,215} \cdot 100 = 10,1 \%$$

### **Sklon toku - IT [%]**

$$IT = \Delta HT / L \cdot 100$$

$$\Delta HT = 105 \text{ m}$$

$$L = 5,3 \text{ km} = 5\,300 \text{ m}$$

$$L = 1,98 \%$$

Použité vzorce – HUBAČÍKOVÁ, V.-2002, ŠILAR, J.-1996

### **Příloha 3: BPEJ**

Dle mapy BPEJ: 93601, 93621, 93624, 93644, 93716, 95001, 96411, 96701, 96901

#### **1.číslo kódu – klimatický region**

9 – klimatický region CH, chladný, vlhký,  $\Sigma$  teplot nad 10°C pod 2000, průměrná roční teplota pod 5°C, průměrný roční úhrn srážek 800 mm, pravděpodobnost suchých vegetačních období 0, vláhová jistota 10

#### **2.+ 3.číslo kódu – hlavní půdní jednotka (HPJ)**

- 36 – kambizemě kyselé, kambizemě podzolové a jejich slabě oglejené formy
- 37 – mělké kambizemě na všech horninách, kromě vlhkých oblastí výsušné půdy
- 50 – kambizemě oglejené a pseudogleje na různých horninách
- 64 – gleje a pseudogleje zbažínělé na různých horninách
- 67 – gleje mělkých údolí a rovinných celků při vodních tocích
- 69 – gleje zrašelinělé a rašeliništní, výrazně zamokřené

#### **4.číslo kódu – kombinace sklonitosti a expozice**

- 0 – kategorie sklonitosti 0-1, kategorie expozice 0
- 1 – kategorie sklonitosti 2, kategorie expozice 0
- 2 - kategorie sklonitosti 2, kategorie expozice 1
- 4 - kategorie sklonitosti 3, kategorie expozice 1

Sklonitost: 0-3 znamená sklonitost 0-12°, tj. rovina až střední svah

Expozice: 0-1 znamená pro 0 rovina, tj expozice všesměrná a pro 1 expozice jižní (JZ – JV)

#### **5.číslo kódu – kombinace skeletovitosti a hloubky půdy**

- 1 – kategorie skeletovitosti 0-1, kategorie hloubky půdy 0 (1)
- 4 - kategorie skeletovitosti 2, kategorie hloubky půdy 0-1
- 6 - kategorie skeletovitosti 2, kategorie hloubky půdy 2

Skeletovitost: 0-2 znamená půdy bezskeletovité až středně skeletovité

Hloubka půdy: 0-2 tzn. jedná se o půdy hluboké, středně hluboké i mělké

*Obr. č.1 Mapa oblasti*



*Obr. 2 : Měrný box před instalací*



*Obr.3: Měrný box po instalaci*



*Obr. 4: Telemetrická sestava - datalogger + komunikační modul*

