



Zemědělská  
fakulta  
Faculty  
of Agriculture

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra aplikované ekologie

## **Diplomová práce**

**Srážko-odtokové poměry v povodí s mozaikou orné půdy a les-  
ních, lučních i zastavěných ploch**

Autorka práce: Bc. Monika Schwarzová

Vedoucí práce: Ing. Václav Nedbal, Ph.D.

České Budějovice  
2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 15.04.2021

Podpis

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vlivem krajinného pokryvu a využití krajiny na srážko-odtokové poměry malých povodí. V literárním přehledu byl obecně představen srážko-odtokový proces, odtok a faktory, které odtok ovlivňují. V praktické části práce byly představeny a do grafické podoby převedeny jednotlivé měsíce sledovaného období roku 2018 a diskutovány rozdíly ve srážko-odtokových poměrech u dvou vytyčených malých povodí se značně rozdílným krajinným pokryvem.

Byly porovnány specifické odtoky povrchových vod z povodí s čistě lesním pokryvem a z povodí s mozaikou ploch orné půdy, lesů, luk a zastavěného území. Zároveň byly sledovány reakce odtokových vln na srážkové události. K výpočtu specifických odtoků bylo použito měření stavu vody ve vodním toku ultrasonickým snímačem vodní hladiny a měření rychlosti proudění vody ve vodním toku hydrometrickou vrtulí. K měření srážek byl použit člunkový srážkoměr.

Výsledky ukázaly, že specifický odtok z povodí s lesním pokryvem je obecně nižší a pomalejší díky intercepci a zvýšení drsnosti povrchu oproti odtoku vody z povodí s mozaikou ploch orné půdy, lesů, luk a zastavěného území. Lesní pokryv povodí snižuje a zpomaluje odtok především při krátkodobých výrazných srážkových epizodách a zároveň pomáhá udržet stabilní odtok vody z krajiny i při epizodách sucha. Obecně výsledky ukazují na důležitost vegetace v krajině pro její hydrologické vlastnosti. Závěrem byly navrženy úpravy ke zlepšení poměrů v těchto malých povodích.

**Klíčová slova:** srážko-odtokový proces, povodí, průtok, specifický odtok, využití krajiny, krajinný pokryv

## **Abstract**

This thesis examines the influence of land cover and land use on rainfall-runoff patterns in small catchments. The literature review presented the rainfall-runoff process in general, runoff and the factors that influence runoff. In the practical part of the thesis, the different months of the 2018 study period were presented and converted into graphical form and the differences in rainfall-runoff ratios for two delineated small catchments with significantly different landscape cover were discussed.

Specific surface water runoff from catchments with purely forest cover and catchments with a mosaic of cropland, forest, grassland and built-up areas were compared. Runoff responses to rainfall events were also monitored. Measurements of water level in the watercourse with an ultrasonic water level sensor and measurements of water velocity in the watercourse with a hydrometric propeller were used to calculate specific runoff rates. A boat rain gauge was used to measure precipitation.

The results showed that the specific runoff from watersheds with forest cover is generally lower and slower due to interception and increased surface roughness compared to runoff from watersheds with a mosaic of cropland, forest, grassland and developed areas. Forest cover in the catchment reduces and slows runoff, particularly during short-term significant rainfall episodes, and helps to maintain stable runoff from the landscape during drought episodes. In general, the results indicate the importance of vegetation in the landscape for its hydrological characteristics. Finally, modifications to improve the conditions in these small catchments were suggested.

**Key Words:** rainfall-runoff process, catchment, flow, specific runoff, land use, land cover

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu Ing. Václavu Nedbalovi, Ph.D., za jeho ochotu, profesionální vedení, odborné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce. Poděkování bych také ráda věnovala panu doc. Ing. Josefu Hejzlarovi, CSc., z Hydrobiologického ústavu Biologického centra AV ČR, v. v. i., za uvedení do problematiky řešeného tématu.

# Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Srážko-odtokový proces .....	9
1.2 Srážky a jejich rozdělení .....	10
1.3 Infiltrace .....	12
1.4 Odtok.....	14
1.4.1 Celkový odtok .....	15
1.4.2 Povrchový odtok .....	16
1.4.3 Hypodermický odtok.....	17
1.4.4 Základní (podzemní) odtok .....	17
1.4.5 Přímý odtok.....	17
1.4.6 Specifický odtok.....	18
1.5 Faktory ovlivňující odtok vody z povodí .....	18
1.5.1 Pedologické poměry .....	18
1.5.2 Geologické poměry .....	19
1.5.3 Geomorfologické poměry .....	19
1.5.4 Klimatické vlivy.....	19
1.6 Vliv využití území a krajinného pokryvu na odtok vody z povodí .....	20
1.6.1 Lesní porosty .....	22
1.6.2 Travní porosty .....	24
1.6.3 Orná půda .....	25
1.6.4 Urbanizované plochy .....	26
1.7 Geografie povodí.....	27
1.8 Antropogenní ovlivnění odtoku.....	29
1.9 Evaporace .....	29
1.9.1 Transpirace .....	29
1.9.2 Evapotranspirace .....	30
1.10 Intercepce.....	31
1.11 Retence vody v krajině .....	32
1.12 Průtok.....	33
2 Cíle práce .....	35
3 Materiál a metodika.....	36
3.1 Základní informace o sledovaném povodí .....	36
3.2 Ochrana přírody a krajiny.....	37
3.3 Geomorfologické a geologické poměry .....	37
3.4 Pedologické poměry .....	38
3.5 Klimatické poměry .....	38
3.5.1 Srážkové poměry v povodí .....	39
3.5.2 Teplotní a větrné poměry v povodí .....	39
3.6 Hydrologické poměry .....	39
3.7 Hospodářské využití území .....	42
3.8 Metody zjištění průtoku a spec. odtoku z obou sledovaných povodí.....	43
4 Výsledky .....	46
4.1 Přehled a porovnání srážek specifického odtoku z horního a dolního subpovodí a dlouhodobý normál srážek v období duben až říjen 2018.....	46
4.2 Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v období duben 2018.....	49

4.3	Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci květnu 2018.....	50
4.4	Významné srážkové epizody v měsíci květnu 2018.....	51
4.5	Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci červnu 2018.....	54
4.6	Významné srážkové epizody v měsíci červnu 2018.....	55
4.7	Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci červenci 2018.....	57
4.8	Významné srážkové epizody v měsíci červenci 2018.....	58
4.9	Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci srpnu 2018.....	59
4.10	Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci září 2018.....	60
4.11	Významné srážkové epizody v měsíci září 2018.....	61
4.12	Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci říjnu 2018.....	62
5	Diskuse.....	63
5.1	Porovnání průběhů vybraných srážkových epizod.....	63
5.2	Antropogenní vlivy.....	65
5.3	Návrh úprav ke zlepšení poměrů povrchového odtoku v malém povodí....	66
	Závěr.....	68
	Seznam použité literatury.....	69
	Seznam internetových zdrojů.....	74
	Seznam obrázků.....	77
	Seznam tabulek.....	80

---

## Úvod

Pro Českou republiku je významným vodním zdrojem voda podzemní. Zásobuje velkou část obyvatel pitnou vodou a zároveň doplňuje povrchové toky, čímž v letních měsících pomáhá zabezpečit minimální průtok v tocích (Blažek a kol., 2006). Atmosférické srážky hrají významnou roli v mnoha vědních oborech, jako je například hydrologie, meteorologie či ekologie. Nejdůležitějšími charakteristikami srážek je jejich úhrn, doba trvání a intenzita. Dále je možné zjišťovat typ, velikost a prostorovou variabilitu srážek. Jak uvádí Jandák a kol. (2010), voda se do půdního prostředí může dostávat zpravidla dvěma směry, a to jednak ze zemského povrchu vlivem infiltrace srážek či závlah za pomoci gravitačních sil, ve druhém případě ze zdrojů podzemních vod za pomoci sil kapilárních.

Land use (využití krajiny) a land cover (krajinný pokryv) patří mezi významné faktory ve srážko-odtokových vztazích a v hydrologické bilanci povodí. Především funkce lesního vegetačního pokryvu jako je intercepce, evapotranspirace, retence a další, patří mezi důležité hydrologické faktory. Hydrologické extrémny jako sucha a povodně jsou výskytem a strukturou lesa ovlivněny stejně jako dlouhodobá hydrologická bilance povodí (Unucka a kol., 2008).

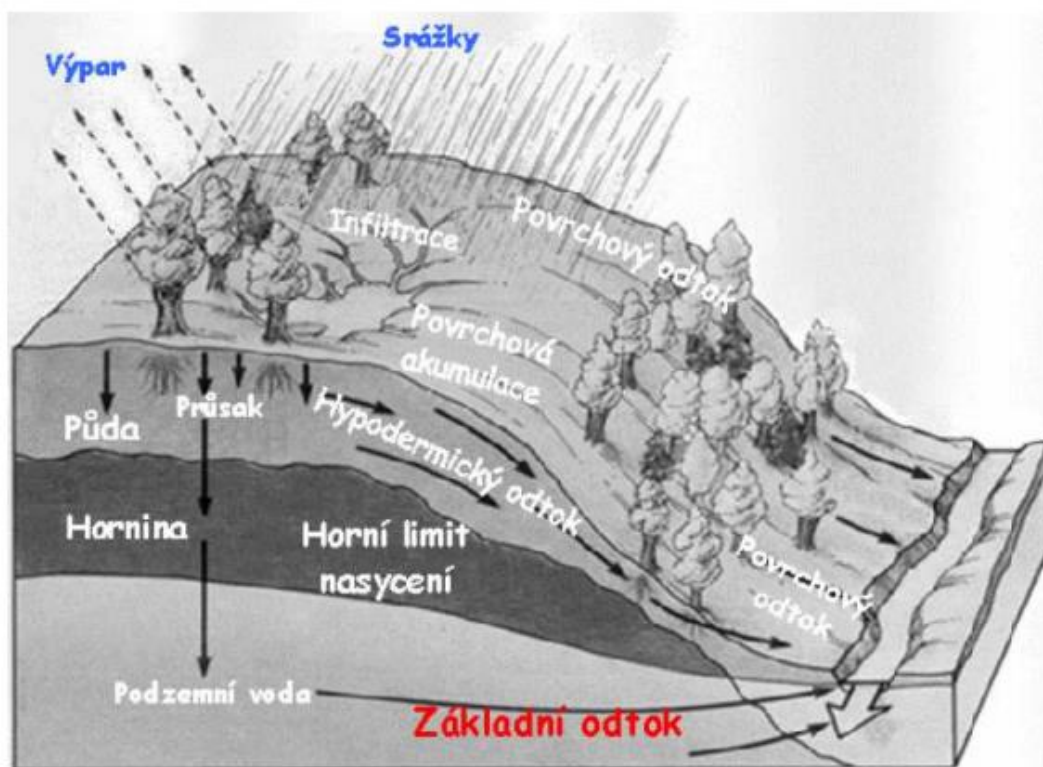


---

# 1 Literární přehled

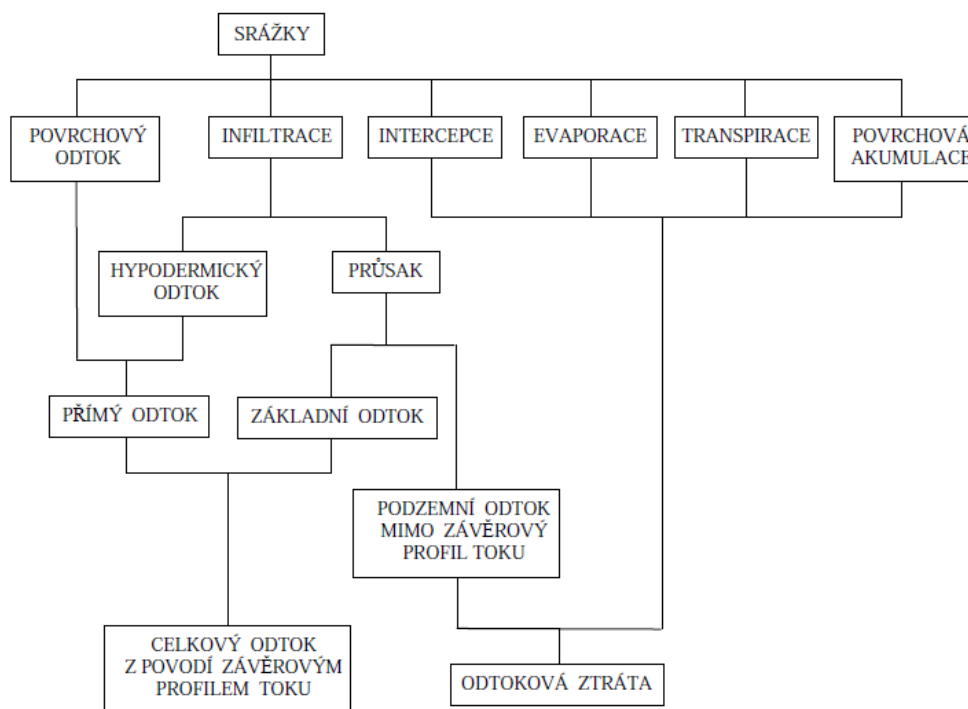
## 1.1 Srážko-odtokový proces

Obecně je možné říci, že se jedná o jakýkoli vztah mezi srážkou a odtokem. V užším smyslu se jedná o vztah mezi srážkou a odtokem v rámci povodí, tedy v rámci základní hydrologické územní jednotky. Srážko-odtokový proces může být posuzován v rámci jedné srážkové epizody, případně z dlouhodobého hlediska. Starý (2005) definuje srážko-odtokový proces jako postupnou transformaci atmosférických srážek dopadajících na povodí až na odtok vody závěrovým profilem daného povodí viz Obr. 1.1. Tento složitý proces je ovlivněn nejen klimatickými, ale také geografickými činiteli v povodí.



Obr. 1.1: Schéma srážko-odtokového procesu v povodí (Starý, 2005)

Průběh srážko-odtokového procesu závisí také na průběhu samotné srážky. Schéma toho, co se děje se srážkami po dopadu na povodí a jaké vlastně probíhají hydrologické procesy, je znázorněno na Obr. 1.2, přičemž si v této kapitole postupně představíme jednotlivé složky tohoto schématu.



**Obr. 1.2:** Schéma odtokového procesu (dle ČSN 73 6511)

Srážko-odtokový proces je možné vyjádřit také základní bilanční rovnicí oběhu vody, jak uvádějí Kulhavý a Kovář (2000) ve své metodické pomůcce:

$$P = AES + TQ \pm \Delta W \quad (mm)$$

kde:

$P$  výška srážek

$AES$  výška územního výparu

$TQ$  výška celkového odtoku

$\Delta W$  výška odtokové ztráty, tzn. snížení či zvýšení zásob povrchové a podpovrchové vody

## 1.2 Srážky a jejich rozdělení

Česká republika bývá mnohdy pro svou polohu označována za „střechu Evropy“. Je charakteristická hranicemi povodí významných evropských toků - Labe, Dunaje, Odry a také pramennými oblastmi. Voda, kterou lze na území České republiky využívat, pochází téměř výhradně ze srážek spadlých nad naším územím (Blažek a kol., 2006). Nejčastější atmosférickou a zároveň kapalnou srážkou je déšť. Pod pojmem déšť rozumíme kapalně vertikální srážky, tedy srážky vypadávající z oblaků a tvořící se na

---

kondenzačních jádrech. Déšť je tvořen kapkami vody o průměru větším než 0,5 mm. Pokud jsou vypadávající srážky menší než 0,5 mm, hovoříme o mrholení. Nezanedbatelný vliv na srážko-odtokový proces v povodí má rovněž množství a prostorové rozložení sněhových zásob.

Srážky obecně jsou charakterizovány jejich množstvím, intenzitou, dobou trvání a v neposlední řadě vydatností. Kopáček, Bednář a Žák (2019) uvádějí, že podmínkou, která je nezbytná pro vznik srážek podle tzv. koalescenční teorie, je vysoký obsah kapalné vody a vodní páry v oblaku. Teorii vzniku srážek koalescencí upřesňuje elektrotechnický meteorologický slovník jako „řetězovou reakci“, kdy v oblaku vznikne určitý počet objemných kapek, jež se ve výstupném proudu pohybují pomaleji a koalescencí, tedy splýváním částic, mohou růst s menšími kapkami. Při dosažení určité velikosti a za určitých podmínek se tyto kapky při pádu tříští, jsou opět unášeny oblakem vzhůru a celý proces se opakuje. Takto v oblaku narůstá počet velkých kapek, které mohou následně vypadnout z oblaku ve formě kapalných srážek. Například Pruppacher a Klett (1997) označují koalescenci za klíčový krok při tvorbě tzv. teplého deště.

Při srážkách a jejich dopadu na zemský povrch dochází k infiltraci neboli vsaku vody do půdy. Při intenzivních a prudkých srážkách je do půdy však infiltrováno méně vody než při srážkách méně intenzivních, ale dlouhotrvajících (Tarboton, 2003).

Blažek a kol. (2006) ve své publikaci uvádí, že z veškerých celkových srážek v České republice průměrně odečte jen 28,8 %, což tvoří průměrně cca 15,6 miliard m<sup>3</sup> ročně. Tento podíl srážek doplňuje zdroje podzemní vody ročně objemem v průměru 1,4 miliardy m<sup>3</sup>. Zbylá voda podléhá podle hydrologické bilance výparu, a to v podílu 71,2 %.

#### **Podle místa vzniku dělíme srážky na:**

- **atmosférické (vertikální, tzn. padající)** - déšť, mrznoucí déšť, zmrzlý déšť, mrholení, mrznoucí mrholení, sníh, sněhové krupky, sněhová zrna, ledové jehličky a také kroupy (Kopáček, Bednář, Žák, 2019),
- **horizontální (tzn. usazené)** - rosa, jinovatka, námraza, jíní a také mlha (Pavelková Chmelová, Frajer, 2013). Tento typ srážek vzniká tehdy, jestliže se tenká vrstva vzduchu těsně přiléhající k chladnému zemskému povrchu nebo povrchu různých předmětů, a která je zároveň nasycena vodní parou, ochladí dotykem s těmito povrchy až na teplotu rosného bodu (Soukupová, 2011).

---

### Podle skupenství dělíme srážky na:

- **kapalné** (déšť, mrholení),
- **tuhé** (sníh, kroupy, sněhová zrna),
- **smíšené** (déšť se sněhem) (Žalud, 2015).

### Podle doby trvání dělíme srážky na:

- **trvalé** - srážky charakteristické delší dobou výskytu a mírnější, s málo proměnlivou intenzitou (sníh, déšť atp.) v rámci většího prostoru,
- **občasné** - opakovaně se vyskytující srážky, přestávky mezi jednotlivými srážkovými událostmi jsou relativně dlouhé, řádově v délce hodin,
- **přeháňky** - časový úsek vypadávání srážek je poměrně krátký, řádově v délce minut, nejvíce však v desítkách minut. Intenzita srážek a množství oblačnosti poměrně rychle kolísá, mezi jednotlivými přeháňkami dochází nečastěji i k vyjasnění oblohy (Žalud, 2015). Dle Kopáčka, Bednáře a Žáka (2019) se při přeháňkách často vyskytují silné nárazy větru, v letním období dokonce bouřky s krupobitím.

## 1.3 Infiltrace

Znalost procesu infiltrace, tzn. za jakých půdních podmínek a jakou rychlostí se voda do půdy vsakuje, je velmi důležitá. Díky tomu je možné zjistit schopnost půdy hospodařit s vodou, čili tzv. hydrologický režim půd, na jehož základě lze např. zvolit výsadbu vhodných plodin či dřevin, které podporují infiltraci vody do půdy, zadržují vodu v půdě na delší dobu a zabrání tak působení vodní eroze.

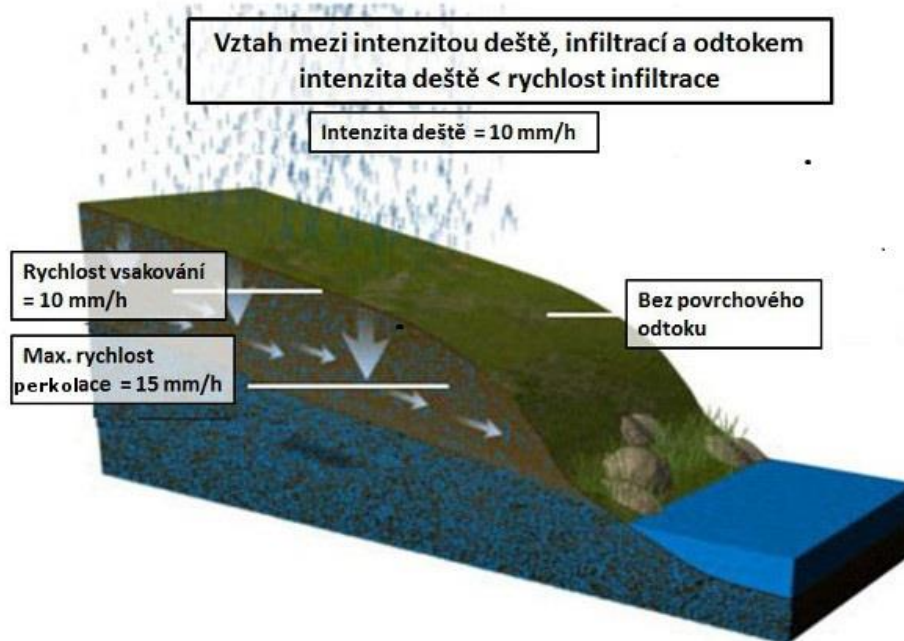
Infiltrace je komplexní proces probíhající ve svrchní části zemského povrchu, zpravidla půdy. Voda prostupuje půdními póry, využívá převážně takzvané preferenční cesty, což znamená různé mezery a pukliny v zemském povrchu (ČHMÚ, 2010).

Infiltrací tedy rozumíme přírodní jev ovlivňující srážko-odtokový proces, při kterém dochází ke vsaku vody do půdy. Infiltraci ovlivňuje nejen chemické složení vody i půdy, ale také půdní vlhkost, sklonitost terénu, pórovitost, teplota vody nebo aktivita mikrobů a půdních živočichů či hydraulická vodivost (Matoušek, 2010). Jak uvádí Tarboton (2003) a bylo již výše zmíněno, velmi záleží také na intenzitě srážek a délce jejich trvání, tzn., že při intenzivních a prudkých srážkách je do půdy infiltrováno méně

vody než při srážkách dlouhotrvajících a méně intenzivních. Infiltrace je nerovnoměrná a její intenzita s časem klesá do doby, dokud nenastane plné nasycení půdy. Po tomto plném nasycení půdy nastává povrchový odtok (Matoušek, 2010).

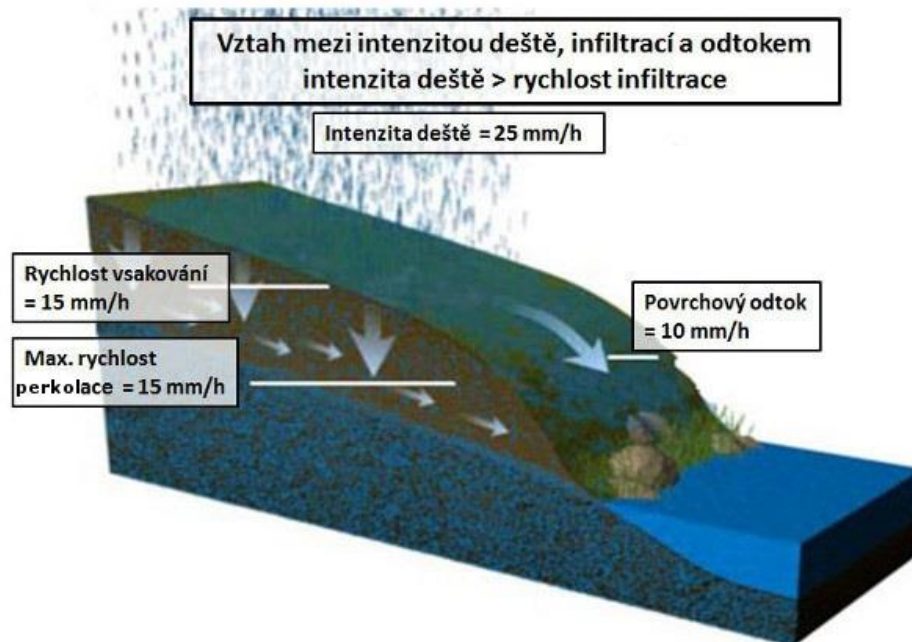
Jak již bylo nastíněno, zásadní při infiltraci je **intenzita vsakování**, což je množství vody, které se za určitý čas infiltruje z povrchu do půdy. Vyjadřuje se jako výška vodního sloupce za určitý čas, například 10 mm/hodinu (ČHMÚ, 2010).

Další velmi důležitou úlohu hraje **infiltrační kapacita**. Ta je dána maximální možnou intenzitou vsakování. Vyjadřuje se jako výška vodního sloupce za určitý časový úsek, například 15 mm/hodinu. Pokud je intenzita srážek menší nebo rovná infiltrační kapacitě, nedochází k povrchovému odtoku, viz Obr. 1.3 (ČHMÚ, 2010).



**Obr. 1.3:** Vztah mezi intenzitou deště, infiltrací a odtokem za podmínek, že je intenzita deště nižší či rovna rychlosti infiltrace (ČHMÚ, 2010)

Pokud je však intenzita srážek větší než infiltrační kapacita, vyskytne se povrchový odtok. Ten se rovná rozdílu mezi intenzitou deště či táním sněhu a infiltrační kapacitou. To znamená, že pokud se intenzita srážek zvýší nad 25 mm/hodinu při infiltrační kapacitě 15 mm/hodinu, tak vodní sloupec o výšce 10 mm se nevsákne a povrchově odtéká do toku, jak je graficky znázorněno na Obr. 1.4 (Zdroj: ČHMÚ, 2010).



**Obr. 1.4:** Vztah mezi intenzitou deště, infiltrací a odtokem za podmínek, že je intenzita deště vyšší než rychlost infiltrace (ČHMÚ, 2010)

Infiltraci lze také popsat dvěma základními měřitelnými faktory. Jedním z nich je rychlost infiltrace, tj. jak rychle voda proniká do nižších vrstev půdy, kterou označujeme  $v$  a kterou udáváme v jednotkách  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Celkové množství infiltrované vody se nazývá kumulativní infiltrace označované jako  $i$  a udávané v litrech. Infiltraci je dále možné dělit na stacionární a nestacionární (Salač, 2016).

#### 1.4 Odtok

Za odtok označujeme takové množství vody, které odeče z povodí korytem vodního toku ve vymezeném časovém období. Vyjadřuje se v  $\text{m}^3$  nebo  $\text{km}^3$  za den, měsíc, rok či jiný časový úsek. Vypočítá se vynásobením průměrného průtoku počtem sekund daného časového úseku. Vztah mezi srážkami a odtokem však není vždy pouze přímý. Projevuje se zde nejen vliv člověka, ale zejména odtok aktivně modifikují ostatní klimatické faktory jako například sluneční záření, teplota a vlhkost vzduchu, rychlost a pohyb větru a také dynamika jejich vývoje. Pasivně je také odtok modifikován ostatními fyzickogeografickými činiteli, které jsou v daném povodí stálé a neměnné (Starý, 2005). Odtok bývá nejvyšší na jaře při tání sněhu, nejnižší naopak v zimě, kdy voda zůstává na povrchu ve formě sněhu, případně pak na podzim po předchozí suché letní sezóně (Pačes, 1982).

---

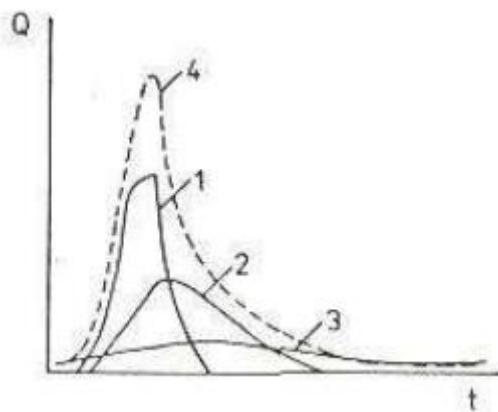
### 1.4.1 Celkový odtok

Celkový odtok ( $O_c$ ) z území je možné rozdělit do tří základních složek, viz také Obr. 1.5:

- **povrchový odtok ( $O_p$ )** - voda odtéká přímo po zemském povrchu,
- **hypodermický odtok ( $O_h$ )** - nastává, když voda odtéká ve vrstvě bezprostředně pod povrchem do vodních toků, avšak nedosáhne hladiny podzemní vody,
- **základní (podzemní) odtok ( $O_z$ )** - dochází k odtoku vody z pásma nasycení (Kříž, 1983).

Platí tedy, že:

$$O_c = O_p + O_h + O_z$$



Obr. 1.5: Složky celkového odtoku: 1- povrchový, 2- hypodermický, 3- podzemní, 4- celkový (Blažková, 1993)

---

Odtok vody z povodí je možné vyjádřit také jednoduchou bilanční rovnicí:

$$O = S - E \pm \Omega$$

kde platí, že:

O - odtok vody,

S - srážky,

E - evapotranspirace,

$\Omega$  - množství vody, které zvýšilo či snížilo zásoby povrchové a podzemní vody

#### **1.4.2 Povrchový odtok**

Povrchový odtok je zjednodušeně řečeno pohyb vody po zemském povrchu přímo do toku. Vznik povrchového odtoku je popsán v tzv. Hortonově teorii pojmenované podle Roberta E. Hortona z roku 1933. Tato teorie udává, že infiltrační přebytek, tedy voda nezainfiltrovaná do půdy, vytváří povrchový odtok. Ten vzniká tak, že intenzita deště překročí infiltrační kapacitu půdy. Do půdy nevsáknutá vrstva vody se začne pohybovat po svahu a následně hromadit v mělkých depresích terénu, které se vodou vyplní natolik, až voda začne přetékat. Následně se nevsáknutá voda soustředí do rýh a stružek, které se dále spojí do vodních toků (Davie, Quinn, 2019).

Při povrchovém odtoku je voda zachycována v terénních prohlubních. Pokud má krajina rovinný terén, je retenční schopnost krajiny větší než při teoreticky stejném krajinném a půdním pokryvu v příkrém a svažitém terénu. V prohlubních a terénních nerovnostech se zadrží kolem 1 až 5 l/m<sup>2</sup>. Při dlouhotrvajícím dešti se postupně retenční schopnost krajiny zmenšuje tak, jak se půda nasycuje vodou (Čamrová, 2007).

Vyšší povrchový odtok nastává zejména při prudkých a intenzivních srážkách, kdy probíhá nižší infiltrace vody do půdy. Poměrně často tímto způsobem mohou vznikat lokální povodně například na malých horských tocích (Tarboton, 2003).

Soukup a Hrádek (1999) specifikují ve své publikaci 3 fáze povrchového odtoku:

1. fáze bezodtoková - intenzita deště je menší než intenzita infiltrace a zároveň také menší než retenční schopnost povodí,
2. fáze plošného (svahového) odtoku - intenzita deště je větší než intenzita infiltrace a větší než retenční schopnost povodí, případně je retenční kapacita povodí již naplněna,



- 
3. fáze soustředěného odtoku - nastane při postupném soustředování odtoku do hydrografické sítě v povodí.

#### **1.4.3 Hypodermický odtok**

Hypodermický či také podpovrchový odtok je složka odtoku, kdy gravitační voda stéká do koryta toku na níže položené území, ve vrchní podpovrchové vrstvě půdy nebo podloží, aniž by dosáhla k hladině podzemní vody (Kříž, 1983). Tento odtok probíhá v tzv. zóně aretace, kde nebývá půda plně nasycena. V našem prostředí probíhá tento odtok typicky v hloubce několika jednotek až desítek cm pod povrchem půdy. Typicky se většina této vody dostane do koryta toku do 72 hodin od konce srážkové události (ČHMÚ, 2010). Hypodermický odtok označujeme jako  $O_h$  [ $m^3$ ].

#### **1.4.4 Základní (podzemní) odtok**

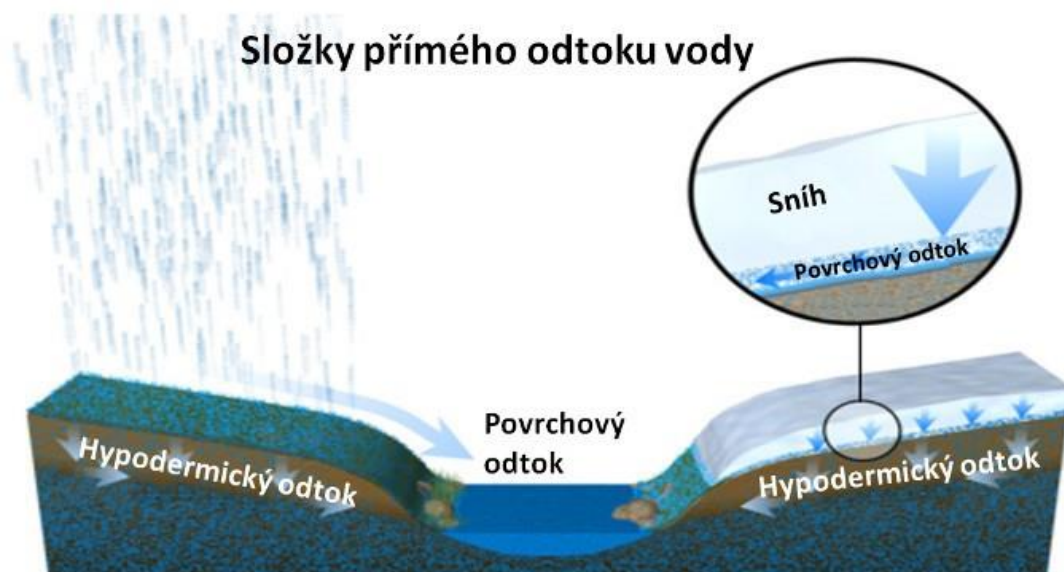
Základním, případně podzemním odtokem, se nazývá voda, která pochází z dlouhodobých zásob podzemní vody, z tzv. zón saturace, čili z nasycené vrstvy podloží (ČHMÚ, 2010). Základní odtok tedy pochází z uložených podzemních vod nebo jinak zadržovaných podzemních zdrojů vody a je důležitou vývojovou součástí celkového odtoku. Ve vlhčím období je průtok tvořen právě základním odtokem a okamžitým odtokem, který představuje přímou reakci povodí na srážkové události (Smakhtin, 2001), naopak v období sucha pochází většina vody v řekách ze základního odtoku (ČHMÚ, 2010).

Ward a Robinson (1990) se domnívají, že základní odtok je tvořen součtem podzemních odtoků a opožděných průtoků.

Zásadní je při tom to, že les vypařuje vodu, kterou nasává kořeny stromů z poměrně hlubokých půdních horizontů (Cudlín a kol., 1999).

#### **1.4.5 Přímý odtok**

Přímý odtok je souhrnné označení povrchového a hypodermického odtoku (Obr. 1.6). Spolu se základním odtokem tvoří celkový odtok vody z krajiny a bývá definován jako ta část srážek či tání sněhu odtékající do toku relativně rychle (ČHMÚ, 2010). Přímý odtok se při rozčleňování čáry průtoků používá častěji, jelikož stanovení samostatných složek povrchového a hypodermického odtoku bývá zpravidla dosti obtížné (Kříž, 1983). Označuje se  $O_{ph}$  [ $m^3$ ].



Obr. 1.6: Složky přímého odtoku vody (ČHMÚ, 2010)

#### 1.4.6 Specifický odtok

Specifickým (někdy také poměrným) odtokem nazýváme množství vody odtékající z 1 km<sup>2</sup> povodí vyjádřené v litrech za vteřinu (l. s<sup>-1</sup>. km<sup>-2</sup>), při vysokém odtoku v m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>. km<sup>-2</sup> a značíme jej jako  $q$ . Ten se vypočítá jako podíl průtoku  $Q$  a plochy povodí nad měrným profilem  $P$  (Ruda, 2014).

$$q \text{ (l.s}^{-1}\text{km}^{-2}\text{)} = \frac{1000Q \text{ (m}^3\text{.s}^{-1}\text{)}}{P \text{ (km}^2\text{)}}$$

Zdroj: Ruda, 2014

### 1.5 Faktory ovlivňující odtok vody z povodí

Odtok a složky odtoku jsou ovlivněny mnoha faktory, ať již přirozenými či pozměněnými člověkem či přímo člověkem utvářenými.

#### 1.5.1 Pedologické poměry

Mezi pedologické poměry ovlivňující odtok vody z povodí lze dle Tlapáka (1992) a Čamrové (2007) zařadit zejména fyzikální vlastnosti půd, tj. zrnitost, struktura, pórovitost a humóznost, dále stav a míra zhutnění svrchních vrstev půdy, vlhkostní poměry půd, jako je půdní vlhkost, sací tlak, hydraulická vodivost či výška hladiny podzemní vody. Dále odtok ovlivňuje také kořenový systém rostlin a dřevin a podpovrchové systémy chodbiček půdních živočichů. Veškeré tyto faktory ovlivňují průběh a intenzitu infiltrace vody do půdy. Čamrová (2007) dále uvádí, že například vlhká jílovitá

---

půda zadrží i v hloubce jednoho metru až 150 litrů vody na 1 m<sup>2</sup>. Dobrou plošnou vypovídající schopnost přináší mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), které jsou zpracovány pro území celé České republiky (Soukup, Hrádek, 1999).

V zemědělské krajině je možné se setkat s již zmíněným zhutněním čili utužením půd. Jedná se často buď o půdy s vysokým obsahem jílu, či tzv. technogenní degradaci způsobenou pojezdy těžké techniky, případně nevhodným způsobem hospodaření. Tím se snižuje infiltrace do půdy, urychluje povrchový odtok, tzn., že se voda hromadí na povrchu, následně z velké části odtéká.

### **1.5.2 Geologické poměry**

Geologické poměry povodí především pak druh matečné horniny mají na odtok zásadní vliv. Žuly a jiné druhy krystalických hornin jsou v nezvětralém stavu nepropustné a urychlují povrchový odtok. V případě jejich zvětrávání vytvářejí hrubozrnný zvětralinový plášť, který zintenzivňuje infiltraci. Vysokou propustnost vykazují také písky a písčité půdy, porézni pískovce, šterky či hluboko mechanicky zvětralé nebo tektonicky narušené tvrdé horniny (Ruda, 2014). Digitální geologické mapy jsou zpřístupněny Českou geologickou službou pracující na základě pověření Ministerstva životního prostředí ([www.geology.cz](http://www.geology.cz)).

### **1.5.3 Geomorfologické poměry**

Geomorfologie popisuje reliéf povrchu Země, jeho tvary a způsoby jejich vzniku včetně nadmořské výšky. Tvar reliéfu hraje významnou roli u některých degračních forem působících na půdu a vodní režim krajiny. Území České republiky je členěno do geomorfologických provincií, soustav, podsoustav (oblastí), celků, podcelků a okrsků. Geologické podloží spolu s dalšími faktory, jako je sklon reliéfu, expozice svahů, výška hladiny podzemní vody, množství a frekvence srážek apod. ovlivňuje vznik půdního profilu. Geomorfologické poměry dobře vystihují digitální modely terénu, např. Digitální model reliéfu ČR DRM 5G od ČÚZK.

### **1.5.4 Klimatické vlivy**

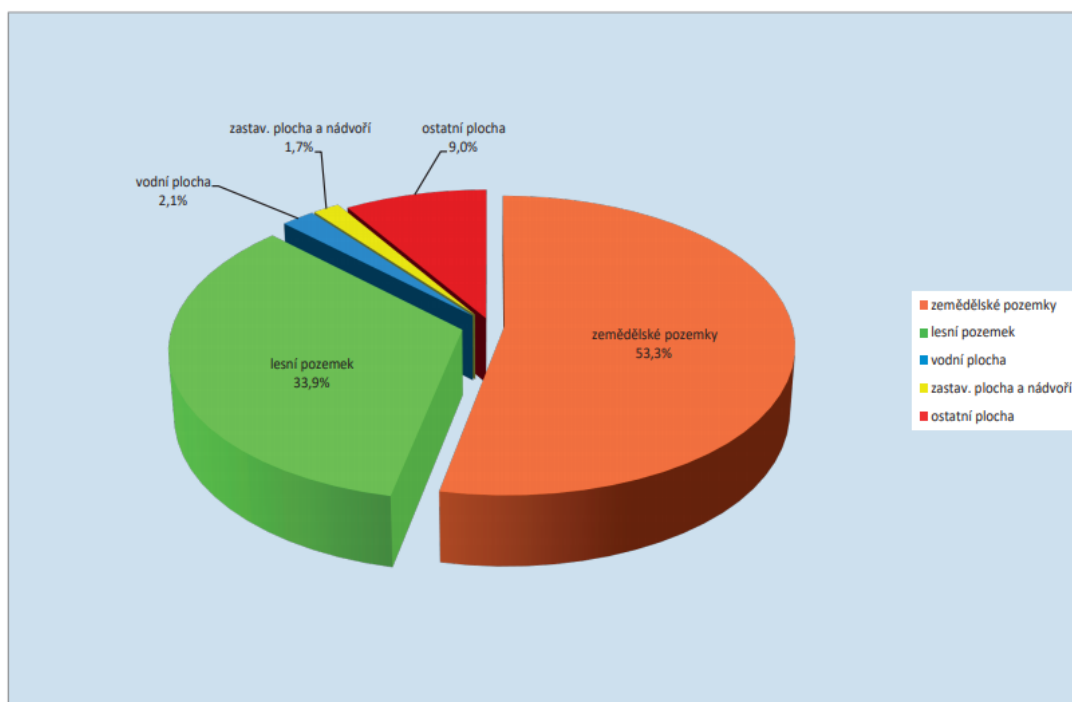
Pod pojmem klimatické vlivy rozumíme v dané oblasti typické hodnoty pro intenzitu, množství a časové rozložení srážek, teplotní poměry a roční dobu. Mezi podrobné klimatické údaje patří zejména průměrná roční teplota vzduchu, průměrný roční úhrn srážek

---

a průměrné měsíční úhrny srážek, případně směr proudění větru. Zařazení lokality do klimatických oblastí a podoblastí je možné podle tzv. Quittova rozdělení z roku 1971 umožňujícího prvotní odhad klimatických charakteristik. Český geograf a klimatolog E. Quitt zpracoval klimaticko-geografické členění tehdejšího Československa, ve kterém vymezil na tomto území celkem 3 základní klimatické oblasti - teplou, mírně teplou a chladnou. Toto členění určil na základě chodu a intenzity 14 klimatických charakteristik - počty letních dnů, dnů s teplotou vyšší jak 10 °C, mrazových dnů, ledových dnů, průměrnou teplotu v lednu, v červenci, v dubnu a v říjnu, počet dnů se srážkami vyššími nebo rovnými 1 mm, úhrn srážek ve vegetačním a v zimním období, počet dnů se sněhovou pokrývkou, počet zamračených a jasných dnů (Klimatické poměry ČR, 2009). Vzhledem k vysokému podílu zemědělské půdy v krajině je také významná klimatická klasifikace pro účely bonitace zemědělského půdního fondu.

### **1.6 Vliv využití území a krajinného pokryvu na odtok vody z povodí**

Celková výměra České republiky je 7 887 101 ha, z čehož v současné době, tj. ke dni 31.12.2020, zaujímají zemědělské pozemky celkem 4 200 204 ha (53,3 %), nezemědělské pozemky (včetně lesních pozemků) zaujímají výměru 3 686 898 ha (46,7 %), jak je znázorněno na Obr. 1.7 (ČUZK, 2021). Využití půdy a různé způsoby obhospodařování, resp. vegetační kryt území ovlivňuje především retenci, případně akumulaci, infiltraci a změnu rychlosti odtoku vody z povodí. Intravilán obcí a měst a zpevněné plochy mají minimální infiltrační schopnost, na rozdíl od lesních porostů či zatravněných ploch. Čamrová (2007) uvádí, že největší podíl infiltrace je u letitých lesních porostů. Na rovinaté lesní půdě se vsákne za hodinu cca 60 až 70 litrů vody na 1 m<sup>2</sup>. Řídce porostlá pastvina infiltuje asi 20 litrů vody na 1 m<sup>2</sup>. Nejmenší podíl infiltrace je v tomto kontextu u zemědělské orné půdy.



**Obr. 1.7: Podíl zemědělských pozemků a nezemědělských pozemků v ČR k 31.12.2020**

Vliv využití území a krajinného pokryvu může být pozitivní i negativní, záleží, jaký druh vegetace v povodí převládá či jak jsou jednotlivé druhy v povodí zastoupeny a rozmístěny. Lillesand a Kiefer (2000) upozorňují, že právě znalosti využití země (land use) a také krajinného pokryvu (land cover) jsou důležité pro řízení a plánování lidských činností. Bezespору jsou také nezbytným elementem pro modelování a porozumění Zemi jako systému.

Ve volné přírodě dopadá déšť na stromy, keře a rostliny bylinného patra. Nejprve stromy a rostliny téměř nepropouští vodu k zemskému povrchu. Teprve pozvolna začíná voda prosakovat a déšť postupně proniká k půdě (Čamrová, 2007). Zatímco les, louky, pastviny či sady poskytují kryt půdy trvale, naopak na orné půdě je vegetační kryt vzhledem k nejčastěji jednoletému vývoji plodin proměnlivý (Soukup, Hrádek, 1999). Kupříkladu na louce se v podobě kapek zachytí asi 2 mm srážek, v lese na trávě či listech stromů až 5 mm srážek. Po dešti se voda z méně intenzivních srážek odpaří, část vsáklé vody v půdě spotřebuje také vegetace. Půda tak při méně vydatných srážkách zůstává poměrně suchá a je připravena zadržet vodu. Při přívalových či dlouhotrvajících srážkách působí porost jako tlumivý povodňový faktor. Porost tedy nejen vodu zadržuje, ale zlepšuje také propustnost povrchu. Voda se díky vegetaci rychleji a hlouběji infiltruje do půdy (Čamrová, 2007).

---

Z hlediska účinnosti vegetačního pokryvu na zvýšení retence vody v povodí lze dle Soukupa a Hrádka (1999) uvést následující pořadí:

- lesní porosty,
- trvalé travní porosty,
- dočasné travní porosty,
- úzkořádkové polní plodiny,
- širokořádkové polní plodiny.

### 1.6.1 Lesní porosty

Vliv lesa na srážko-odtokový proces je předmětem zkoumání mnohých vědeckých výzkumů. V současné době lesní pozemky pokrývají rozlohu 2 677 329 ha, což je 33,9 % celkové rozlohy České republiky (Obr. 1.7), zcela jistě to není zanedbatelný podíl (ČZUK, 2021). Primárním faktorem srážko-odtokových procesů v lesích pro vznik odtoku jsou atmosférické srážky a jejich intenzita, dále doba trvání, skupenství a plošný rozsah srážek. Ve vodní bilanci lesních ekosystémů hraje významnou roli několik procesů. Jedním z těchto procesů je intercepce, což znamená zachycení srážek vegetací. Srážky se na rostliny poutají povrchovými silami, takže voda nemůže ani stékat, ani odkapávat na půdní povrch a podléhá tak výparu. Část vody je v korunách a listovní stromů zadržena pouze krátkodobě, může odkapávat, být setřesena porывy větru, případně stékat po kmenech stromů k půdnímu povrchu (Kantor, 2003). Záleží vždy také na druhu porostu, například v jehličnatých lesích je intercepce vyšší než v lesích listnatých (Ruda, 2014). Zejména smrkové porosty hrají nezastupitelnou roli také v zachycování horizontálních srážek především v zimním období (Unucka a kol., 2008). V povodích s lesním vegetačním krytem se infiltruje v roční bilanci až 50 % objemu dešťové vody dopadající na povrch území (Obr. 1.9), z toho přibližně polovina dotuje podzemní vody. Pouhých 10 % reprezentuje povrchový odtok (Paul a Meyer, 2001).

Od zemědělských půd se lesní půda liší zejména svrchní vrstvou humusového horizontu. Nachází se zde především lesní hrabanka a rostlinné opady v různém stupni rozkladu. Pod hrabankou se nachází vrstva humusu. V průměru lze počítat s tím, že každý 1 centimetr opadu z lesního porostu je schopen zadržet při srážce 2 až 3 mm vody. To znamená, že tyto vrstvy mají mnohem vyšší infiltrační schopnost než zemědělská půda. Je to dáno především velkou pórovitostí těchto půd, avšak i při malém

---

úbytku nadložního humusu ztrácí půdní profil retenční schopnosti (Kantor, 2003). Výjimky mohou případně nastat po delších sušších obdobích, kdy za prudkých letních dešťů přeschlý povrch hrabanky zpočátku nepřijímá srážkovou vodu, ta následně odtéká po povrchu.

Dle Rudy (2014) mohou tedy lesy ovlivňovat odtok vody v krajině následovně:

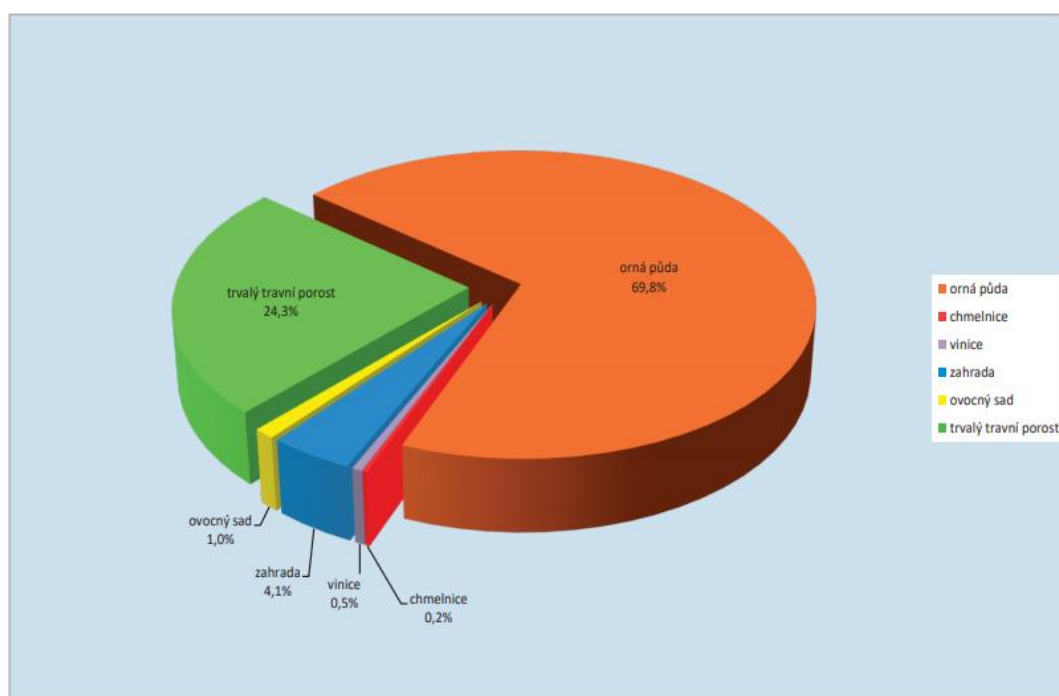
- zvyšují intercepci,
- zvětšují akumulaci vody v povodí - vyčnívající kořeny vytváří prohlubně, a tak zvyšují drsnost povrchu,
- v důsledku vzniku lesního humusu rozkladem opadu zvyšují intenzitu infiltrace,
- zvětšují retenční schopnost povrchu - kořeny, lesní hrabanka, větve na zemi a spodní vegetační patra snižují rychlost povrchového stékání vody,
- udržují vyšší vlhkost vzduchu při nižší vzdušné teplotě - vyšší evapotranspirace je kompenzována menším výparem a menší transpirací nižších vegetačních pater,
- prodlužují období infiltrace - v zimě a v noci se snižuje vyzařování tepla, jelikož hrabanka brání hlubšímu promrzání a zároveň tlení hrabanky vytváří teplo, které se spotřebuje na roztání půdy pod sněhovou pokrývkou, která v důsledku zastínění korunami stromů vydrží déle.

Kantor (2003) s tímto tvrzením souhlasí a uvádí, že celkově je v lesní půdě snazší retence srážkové vody a tvorba mělkého hypodermického (podpovrchového) odtoku vody aerační vrstvou půdy. Tento podpovrchový odtok tvoří u lesních půd významnou složku celkového odtoku z lesního povodí. Vodohospodářská funkce lesních porostů tedy spočívá především v zabezpečení vydatnosti a trvalosti vodních zdrojů a ve snižování rozkolísanosti průtoků z důvodu dotace vodou při sušších obdobích (Cudlín a kol., 1999). Vliv lesa na vodní bilanci krajiny je v podstatě nezastupitelný (Unucka a kol., 2008).

Z výše uvedeného vyplývá, že při případné plošné těžbě dřevní hmoty a následném odlesnění dojde ke zvýšení odtoku, otázkou však zůstává, o kolik. To záleží na mnoha faktorech, zejména na klimatických a přírodních podmínkách. Minimálně dojde ke zvýšení odtoku odstraněním intercepce povrchem stromového patra především také odstraněním transpirace samotných stromů. Postupným zarůstáním holin však dochází k obnově, vliv odlesnění se postupně vytrácí.

## 1.6.2 Travní porosty

Trvalé travní porosty (TTP) využívané jako louky a pastviny jsou důležitou a neodmyslitelnou součástí zemědělské krajiny. V posledních dvou desetiletích dochází k nárůstu výměry travních porostů, která v roce 2018 činila 1 011 095 ha (ČUZK, 2019), v roce 2020 již 1 022 686 ha, což je téměř 13 % celkové rozlohy ČR a 24,3 % ze všech zemědělských pozemků (Obr. 1.8). V Jihočeském kraji v roce 2020 tvořila výměra trvalých travních porostů 169 314 ha (ČUZK, 2021).



**Obr. 1.8: Rozčlenění zemědělských pozemků v ČR k 31.12.2020 (ČUZK, 2021)**

Travní biomasa snižuje kinetickou energii dopadajících dešťových kapek, tím také zároveň snižuje účinek deště na půdní částice a zamezuje vzniku málo propustné půdní vrstvy. Nadzemní biomasa totiž zachytí na svém povrchu velké množství vody, snižuje tak rychlost povrchového odtoku, čímž jej omezuje. V porovnání s okopaninami nebo kukuřicí je u travních porostů tato schopnost dvojnásobná. Zachycením vody se také prodlužuje časový interval infiltrace srážkové vody pod půdní povrch (Fiala, 2001). Rychnovská (1985) k trvalým travním porostům uvádí, že zapojený drnový porost luk a pastvin má průměrně o 10 % vyšší pórovitost než orná půda, což se projevuje lepší retenční a infiltrační schopností. Tyto schopnosti se však různí podle druhu lučních porostů a obsahu organické hmoty v půdě. Trvalé travní porosty rovněž vytváří jakousi



---

izolační vrstvu, která reguluje výpar vody při extrémních klimatických situacích. Neutužené, strukturní a humózní půdy travních porostů mají proto vysokou infiltrační schopnost (Fiala, 2001). Retenční schopnost půdy zvyšují TTP také na svažitéch pozemcích, zejména při přívalových deštích. Zadržetí a prosakování povrchových vod může ovlivnit z velké části kvalitní údržba travního porostu, a tím také přispívat ke správnému využití vody rostlinami (Kollárová a kol., 2007). Fiala (2001) také poukazuje na nutnost údržby travních porostů, jelikož retenční a infiltrační schopnosti TTP jsou ovlivňovány obhospodařováním zcela nepochybně. Na porostech, na nichž dochází k akumulaci velkého množství odumřelé travní hmoty, tedy zejména na neobhospodařovaných porostech, se může projevit opačný jev, tj. že vrstva polozetlelého materiálu brání průniku vody do půdy a povrchový odtok se zvyšuje. Přiměřené obhospodařování TTP je tedy nutností (Fiala, 2001).

### **1.6.3 Orná půda**

Orná půda se vyznačuje největší variabilitou změn hydrologických vlastností. Ovlivňuje to sezónní pórovitost, druh pěstovaných plodin, agrotechnické obhospodařování jako podmítka, orba, setí, střídání plodin, různé způsoby hnojení apod. Tyto operace obecně zlepšují propustnost půdy pro vodu.

V České republice zaujímá orná půda aktuálně rozlohu 2 931 713 ha, to se rovná 37,17 % celkové rozlohy ČR, z veškerých zemědělských pozemků je to dokonce 69,8 % (Obr. 1.8), (ČUZK, 2021).

Rizikem, které má vliv na rychlost infiltrace, může však být jednak nadměrné zhutňování půdy, ale také již méně zmiňované provádění agrotechnických operací stále ve stejné hloubce. Tím tak dochází k vytvoření zhutnělé vrstvy pod povrchem půdy. Pokud na tuto zhutnělou vrstvu narazí infiltrované srážky, dochází ke zpomalení rychlosti vsaku. Řešením může být rozrušení této vrstvy podrýváním nebo změnou hloubky orby (Kutílek, 2012). Orná půda je na mnoha místech nejen nevhodně obdělávána, ale také cíleně odvodněna pomocí postranních příkopů, kanálů a melioračních zásahů, které odvádějí srážkovou vodu do vodních toků rychleji. V důsledku scelování menších polí byly malé zemědělské pozemky spojeny do velkých obdělávaných ploch (Čamrová, 2007).

Z plodin pěstovaných na orné půdě mají poměrně vysokou infiltrační schopnost plochy s obilovinami a také ručně obdělávaná políčka. Nejmenší infiltrační schopnost

---

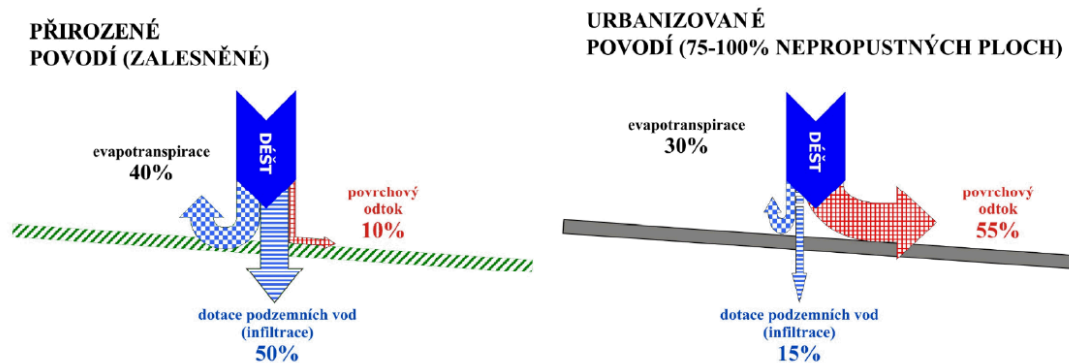
vykazují mechanicky obhospodařované plochy kukuřice a vojtěšky, dále také holé půdy s kůrou vzniklou po intenzivním dešti (Kasprzak a kol., 1998).

#### **1.6.4 Urbanizované plochy**

Intenzivní urbanizace obvykle zásadně mění přírodní povrch země, a dokonce říčních sítí. Především vytváří trvale nepropustné plochy, pozměňuje velikost povodí, zmenšuje hustotu a charakter říční sítě. Tyto změny výrazně zmenšují retenční kapacitu krajiny, zvyšují odtok vody a vyvolávají větší a rychleji přicházející povodňové průtoky (ČHMÚ, 2010). Jak již bylo výše zmíněno, v povodích s lesním vegetačním krytem se dle Paula a Meyera (2001) infiltuje v roční bilanci až 50 % objemu dešťové vody dopadající na povrch území (z toho přibližně polovina dotuje podzemní vody), pouze 10 % reprezentuje povrchový odtok. V centrálních, tzn. v extrémně zpevněných částech městských aglomerací tvoří povrchový odtok až 55 % objemu dešťové srážky (Obr. 1.9).

V České republice přesto dopadá více jak 90 % veškerých srážek na nezastavěná území, která se vyznačují různou mírou propustnosti půdy a podloží (Čamrová, 2007). Na zastavěné plochy a nádvoří připadá v současné době 1,7 % rozlohy ČR (Obr. 1.7), avšak je potřeba k tomuto podílu připočítat i jiné plochy, jako jsou například zpevněné komunikace atp. Tyto zastavěné plochy mají za cíl odvést co nejrychleji srážkovou vodu (střechy, kanalizace). Jedná se tak logicky o území s minimální akumulací, retenční a infiltrační schopností.

Jak již bylo zmíněno, v urbanizovaných územích se nachází množství asfaltovaných a dlážděných cest, budov a okolních zpevněných ploch, které prakticky zamezují infiltraci vody do půdy a zvyšují odtokový koeficient povodí a vůbec hodnotu maximálního odtoku vody. Některé stavby jako například silniční a železniční násypy rozdělují přirozené povodí na několik menších sub-povodí ukončených odvodňovacími kanály. Odtok z těchto malých ploch je mnohem rychlejší než z přirozených, neurbanizovaných povodí (ČHMÚ, 2010).



Obr. 1.9: Porovnání odtoku a infiltrace v zalesněném a urbanizovaném povodí (SFŽP, 2009)

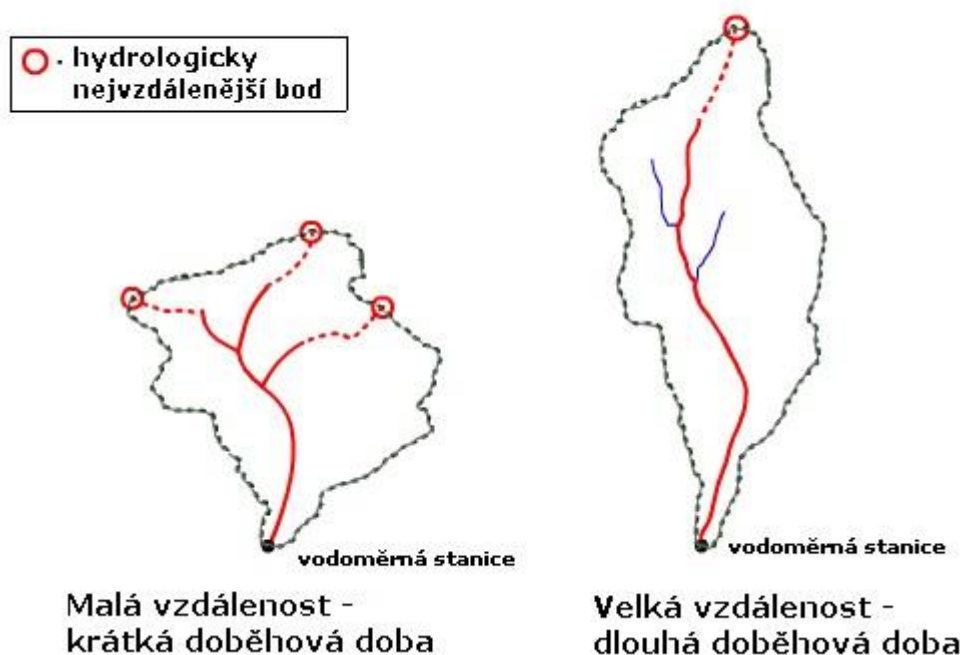
## 1.7 Geografie povodí

Základními geografickými charakteristikami povodí, které mají vliv na odtokový proces, jsou plocha, tvar povodí, průměrný sklon povodí, délka údolnice, délka a podélný sklon hlavního toku, délka všech toků, hustota říční sítě, míra křivolakosti toku a další (Soukup, Hrádek, 1999).

**Velikost plochy povodí** má nepochybně na tvorbě odtoku také svůj podíl. Vzdálenost, kterou musí překonat voda z hydrologicky nejvzdálenějšího bodu povodí, bude u většího povodí logicky delší, a proto bude delší i doběhová doba než u povodí menšího rozsahu. Kromě toho má velikost povodí vliv na jeho citlivost na odtok při bouřkách, kdy intenzivní srážky zasahují pouze omezené území. U malého povodí hrozí větší riziko, že déšť pokryje celé povodí a vyvolá v závěrovém profilu povoděň (ČHMÚ, 2010).

**Tvar povodí** ovlivňuje dobu koncentrace a velikost kulminace průtokové vlny v závěrovém profilu povodí (Soukup, Hrádek, 1999). Pokud je například jedno povodí dlouhé a úzké a druhé spíše kulaté, je zřejmé, že obě povodí budou mít rozdílnou doběhovou dobu, za kterou voda doteče z hydrologicky nejvzdálenějšího bodu povodí do závěrového profilu. Odtok z kulatého povodí bude zřejmě rychlejší. Mimo to u povodí s kulatým tvarem hrozí větší riziko, že voda z vějířovitě uspořádaných přítoků dorazí do závěrového profilu ve stejný čas a zvýší tím kulminaci povodně. Naopak u tvarově úzkého povodí bude pravděpodobně průtok v závěrovém profilu rozložen v čase více rovnoměrně (Obr. 1.10), (ČHMÚ, 2010).

## Vliv tvaru povodí na odtok



Obr. 1.10: Vliv tvaru povodí na odtok (ČHMÚ, 2010)

**Hustota říční sítě** je délka říčních koryt přepočtena na plochu povodí. Je jedním z nejdůležitějších ukazatelů pro odhad potenciálního odtoku. Povodí s vysokou hustotou říční sítě má kromě hlavního toku velké množství malých přítoků. Vyšší hustota říční sítě umožňuje krajinně efektivněji odvádět vodu z přímého odtoku. Vyšší efektivita v tomto případě znamená, že voda se rychleji dostane do nejbližšího koryta, ve kterém je odtok vody výrazně rychlejší než mimo něj. Při přívalových povodních způsobí vysoká hustota říční sítě to, že kulminace nastane rychleji a s větším vrcholem.

Povodí s nízkou hustotou říční sítě obvykle znamená, že půdní profil je hluboký a dobře rozvinutý. Voda do něj snadněji infiltruje, než by se přímým odtokem dostávala do vzdáleného koryta říční sítě (ČHMÚ, 2010).

**Svažitost povodí** ovlivňuje velikost a rychlost odtoku. Se zvyšujícím se sklonem svahů v povodí se začíná více uplatňovat několik faktorů. Voda nedopadá na povrch kolmo, nepůsobí na ni tak velká gravitační síla jako na rovině, a proto větší část vody má tendenci namísto vsakování se přecházet do povrchového odtoku. Dále čím je svah prudší, tím se voda pohybuje po povrchu rychleji a zkracuje se doba, během které se voda může vsáknout. Než se voda stihne do půdy infiltrovat, doběhne do nejbližšího koryta toku (ČHMÚ, 2010).

---

## 1.8 Antropogenní ovlivnění odtoku

Antropogenní vliv na odtok vody v krajině je velmi různorodý a může získat mnoho podob. Jedná se zejména o plošné odvodnění krajiny, zkrácení říční sítě narovnáním toků, úpravu říčních koryt a další.

Do roku 1985 bylo na území České republiky odvodněno 958 tisíc hektarů pomocí drenáží a meliorací. V současné době je odvodněno zhruba 1,1 milionu hektarů, což tvoří zhruba 25 % zemědělské půdy v ČR (Fučík, Zajíček, 2017). Napřímením toků se zkrátí dráha, kterou musí voda urazit v původním neupraveném korytu. Při stejném rozdílu hladin na horní a dolní části toku se napřímením také zvětší sklon koryta. Výsledkem je opět rychlejší odtok (ČHMÚ, 2010).

## 1.9 Evaporace

Výpar vody čili evaporace se uskutečňuje z vodních povrchů, tzn. z jezer, moří, řek a rybníků, ale také z povrchu pevné půdy, sněhu, ledu a z vegetace (Kopáček, Bednář, Žák, 2019). Jak již bylo zmíněno v jedné z předchozích kapitol, celkový výpar srážek, jež dopadnou na území České republiky, tvoří průměrně 71,2 % (Blažek a kol., 2006).

Při výparu z volné vodní hladiny závisí velikost evaporace jen na meteorologických faktorech, jako je teplota, záření, vlhkost vzduchu a rychlost větru.

Se stoupající teplotou roste rychlost vypařování. Z toho plyne, že denní i roční chod výparu probíhá přímo úměrně s chodem teploty. Minimum výparu nastává v noci, kdy se vzduch nad zemí blíží stavu nasycení, případně se v noci výpar úplně zastaví. Dokonce naopak díky kondenzaci voda na povrchu může přibývat tím více, čím větší je plocha povrchu. Maxima dosahuje výpar naopak v období nejvyšší teploty zemského povrchu, což bývá rovněž dáno i zvýšením rychlosti větru. V ročním chodu připadá minimum výparu na zimu, nejvíce pak na léto (Kopáček, Bednář, Žák, 2019).

### 1.9.1 Transpirace

Transpirací rozumíme aktivní proces vypařování vody z listů rostlin. Při transpiraci rostliny a stromy ochlazují nejen sebe, ale i okolní prostředí (Brázdil a kol., 2015).

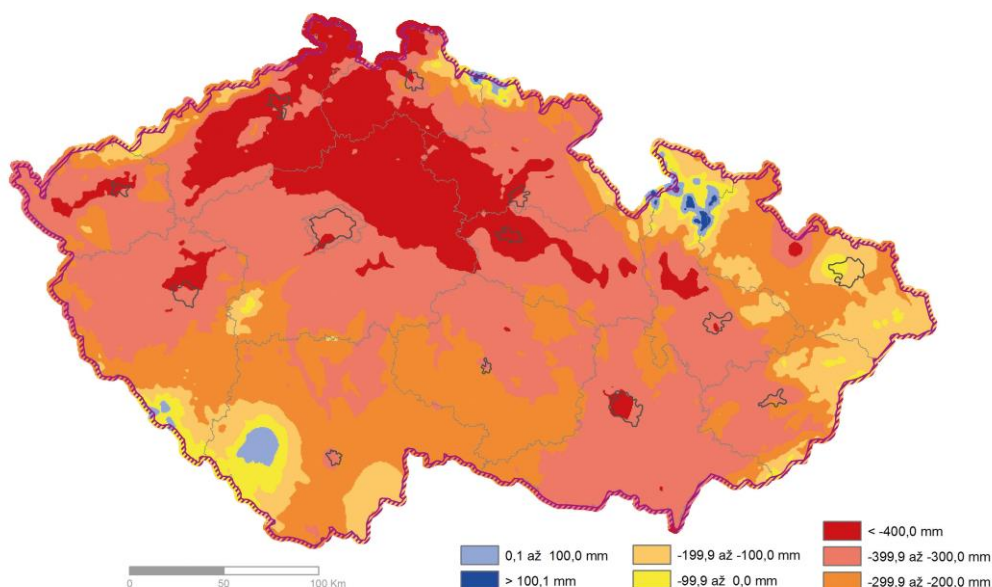
Transpiraci ovlivňuje velké množství faktorů, a to vlhkost půdy, vlhkost vzduchu, teplota, sluneční záření, vítr, obsah vody v rostlinách, jejich druh a fáze životního cyklu (Kolařík, 2005). Záleží také na velikosti koruny, druhu, stáří, zdravotním stavu stromu a na struktuře porostu (Brázdil a kol., 2015).

## 1.9.2 Evapotranspirace

Souhrn transpirace a evaporace označujeme jako evapotranspiraci. Ta označuje celkový výpar z krajiny. Je důležitou součástí hydrologického cyklu a podílí se také na hydrologické bilanci území. Macounová (2007) uvádí, že čím rychleji se vyměňuje vzduch nad povrchem, ze kterého probíhá výpar, tím rychleji se vymění nasycený vzduch za nenасыcený, a tím se také zvyšuje míra evapotranspirace. Zjednodušeně řečeno, čím je větší pohyb větru, tím rychleji a ve větší míře evapotranspirace probíhá. Dle Brázdila a kolektivu (2015) například v hustých porostech s nepravidelným rozmístěním stromů dochází prouděním vzduchu k menším ztrátám vody evapotranspirací než v řídkých porostech a naopak.

Je možné se setkat také s pojmem potenciální evapotranspirace. Potencionální evapotranspirace je teoretická hodnota sloužící k porovnání hodnot se skutečnou evapotranspirací (Gebauer a kol., 2010). Pro určení potenciální evapotranspirace existuje řada empirických vzorců, například Thornthwaitův, Penmannův a Turcův.

Obr. 1.11 ukazuje rozdíl úhrnu srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu za duben až září 2018. Oblasti s nejnižšími hodnotami mají zhoršené vláhové podmínky a zároveň vyšší pravděpodobnost výskytu sucha (ČHMÚ, 2019).



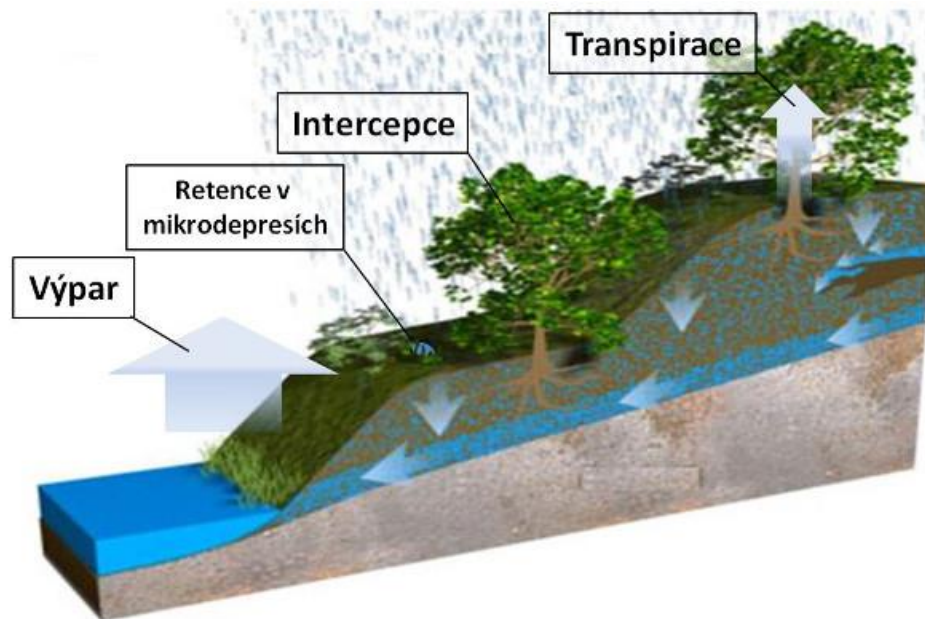
**Obr. 1.11: Rozdíl sumy srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu v mm za duben až září 2018 (ČHMÚ, 2019)**

---

## 1.10 Intercepce

Výraz intercepce pochází z latinského *Interceptum est* - zachyceno jest. Intercepční nazýváme proces, při němž je nezanedbatelná část atmosférických srážek během srážkových událostí zachycena na zemském povrchu. Zemským povrchem je v této souvislosti myšleno vše, co po dešti zůstane mokré, především tím rozumíme vegetaci (Obr. 1.12). Brutsaert (2005) upřesňuje, že se jedná o zmíněnou vegetaci, půdní povrch, pozemní komunikace a silnice, střechy domů atp. Tato část srážek ani neodteče ve formě povrchového odtoku, ani se nezainfiltruje do půdy, ale je naopak odpařena zpět do atmosféry, a proto je nazývána jako intercepční ztráta. Hodnoty intercepční ztráty mohou dosahovat až překvapivých 60 % srážek (Černý, 2016). Vlivem atmosférických srážek se mohou také vytvářet stojaté vody jako například dešťové louže, tůňe, tůňky v prohlubních skal, ve vykotlaných kmenech a pařezech (Brutsaert, 2005).

U každého druhu vegetace lze určit i jeho intercepční kapacitu, tedy schopnost vegetace zachytit na svém povrchu srážky (Klimo, 2011). Kapacitu intercepce ovlivňuje druhová skladba porostu na zemském povrchu, podnebí, roční období, samotný druh a intenzita srážek, dále pak doba jejich trvání a také další, zejména meteorologické faktory (Simon a Sucharda, 2004). Velikost intercepce při srážkové epizodě kolísá od desetin milimetrů na porostu sečené trávy až po jednotky milimetrů na stromech. V hustém listnatém lese se silnou vrstvou lesní hrabanky to může být až 20 milimetrů, při sněžení může intercepce v korunách stromů dosáhnout dokonce až 30 milimetrů. Pod lesní klenbou se celková ztráta intercepční v dlouhodobém úhrnu pohybuje většinou mezi 20 až 40 %. To je hlavní příčinou, proč zalesněná území mají zpravidla menší odtokové výšky než louky a pole. Avšak v horských oblastech, zejména na návětrné straně hor, bývají ztráty intercepční vyrovnávány tím, že lesy zachytávají horizontální srážky (ČHMÚ, 2010). U dešťových srážek záleží na jejich intenzitě a délce trvání, což znamená, že při menší intenzitě deště se voda udrží na vegetaci snáz než při prudkých deštích (Klimo, 2001). Simon a Sucharda (2004) uvádějí, že v případě přívalových dešťů není význam intercepce nijak zásadní.



Obr. 1.12: Znázornění intercepce (ČHMÚ, 2010)

### 1.11 Retence vody v krajině

Retenci vody je možné dle ČSN 750110 definovat jako dočasné buď přirozené, nebo umělé zadržení vody na povrchu nebo pod povrchem reliéfu, či jako rozdíl přítoku do uvažovaného prostoru a odtoku z něho za jednotku času. Tato voda může být dočasně zadržena na povrchu lesních či travních porostů a křovin, na povrchu půdy, v půdním profilu, v korytě toku, případně v umělých retenčních prostorech. Retence vody v povodí je důležitým faktorem pro zachycení srážek a jejich transformaci. Podle Matouška (2010) retencí také rozumíme schopnost půdy zadržet určité množství vody v závislosti na charakteru a fyzikálních vlastnostech půdy. Retence půdy tedy vyjadřuje, při jak velkém srážkovém úhrnu dojde k úplnému nasycení půdy v povodí. Se samotnou retencí souvisí pojem retenční vodní kapacita (RVK) udávající množství vody, které je půda schopna pojmout. Čím je hodnota RVK půdy vyšší, tím je vyšší také její jímací schopnost, která vždy závisí na infiltrační schopnosti půdy. Pro lepší představu si lze retenční vodní kapacitu představit jako maximální množství vody, které je půda po nadměrném zavlažení schopna zadržet v pórech a pro potřeby rostlin ji uvolňovat (Vopravil a kol., 2011).

Retence srážkové vody v povodí má významný vliv na celkový odtok vody z povodí. Špatná schopnost zadržení vody může způsobit výskyt sucha v krajině (Matoušek, 2010). Snahou člověka je tedy zvyšovat retenční kapacitu půd. Retence vody v



---

půdě je považována za jednu ze základních podmínek pro úspěšnou revitalizaci krajiny (Vopravil a kol, 2011).

Stanovení RVK je důležité zejména při bilancování půdní vody. Celková retenční vodní kapacita ( $RVK_c$ ) je dána vzorcem:

$$RVK_c = RVK_1 + RVK_2 + RVK_3 + RVK_4$$

Kde platí, že:

$RVK_1$  připadá orniční vrstvě,

$RVK_2$  připadá podorniční části aktivní vrstvě půdy,

$RVK_3$  připadá přechodné vrstvě,

$RVK_4$  připadá pásmu kapilárního vztlínání (Soukup, Hrádek, 1999).

### **Půdní vláha**

Půdní vláha či také půdní vlhkost je jednou ze dvou složek podpovrchové vody. Představuje matematické vyčíslení obsahu vody v půdě, které může být vyjádřeno buď v poměru hmotnostním, nebo objemovém. Z těchto zjištěných hodnot můžeme následně zjistit vlhkost relativní a zásobní (Jandák a kol., 2010).

### **Podzemní voda**

Podzemní voda je druhou složkou podpovrchové vody. Podzemní voda je na rozdíl od vody v povrchových tocích a nádržích většinou skrytá pod zemským povrchem a ve srovnání s povrchovou vodou je méně viditelná. Objevuje se kromě pramenů pod povrchem země v dutinách jako kavernózní jezera a řeky a jako podzemní voda v puklinách ve skalách a v porézních prostorech sedimentů. Naplňuje prostory a praskliny ve skalách, velké komory ve skalách a také malé a nejjemnější póry v úložištích šterku a písku, v depresích v říčních údolích a na březích jezer a moří (Krásný, 2012).

### **1.12 Průtok**

Průtok vodního toku je objemový průtok vody v daném profilu vodního toku. Vyjadřuje objem vody, který proteče daným profilem vodního toku za jednotku času. Obvykle se udává v  $m^3 \cdot s^{-1}$  nebo v  $l \cdot s^{-1}$ . Obecně se průtok  $Q$  spočítá jako součin průtočné plochy  $S$  a střední průřezové rychlosti proudění  $v$ , tedy:  $Q = S \cdot v$

Graficky znázorněná závislost průtoku na čase se označuje jako tzv. hydrogram. Časové řady průtoku, resp. hydrogramy, jsou podkladem k vyhodnocení hydrologických vlastností příslušných povodí. Dále jednak slouží k sestavování vodní bilance,

---

jednak také jako pozorovaná výstupní veličina pro hydrologické modelování (Hrádek, Kuřík, 2002).

---

## **2 Cíle práce**

Tato diplomová práce si klade za cíl seznámit se s problematikou vlivu hospodaření a krajinného pokryvu na odtok vody z vytyčených malých povodí a také s metodikou měření průtoku povrchových vod ve vodním toku. Bude posouzeno množství odtékající vody povrchovým odtokem z vytyčeného malého povodí v závislosti na srážkových úhrnech a druhu krajinného pokryvu. Bude tak popsán a analyzován srážko-odtokový proces na území povodí Bedřichovského potoka, konkrétně v období dubna až října roku 2018. Jednotlivé srážkové události budou představeny a převedeny do grafické podoby.

### **Dílčí cíl práce**

- návrh úprav ke zlepšení poměrů povrchového odtoku v malém povodí

### 3 Materiál a metodika

Pro analýzu srážko-odtokových poměrů v zájmovém území povodí Bedřichovského potoka byla použita data získaná od Katedry aplikované ekologie Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

#### 3.1 Základní informace o sledovaném povodí

Zájmové území se nachází v Jihočeském kraji, v okrese České Budějovice, na úpatí Novohradských hor. Bedřichovský potok je malý tok protékající obcí Chlupatá Ves, která katastrálně spadá pod obec Horní Stropnice. Je součástí revíru Stropnice 3P a hospodařením je pověřena místní organizace Českého rybářského svazu Nové Hrady. Je levostranným přítokem řeky Stropnice, která je pravostranným přítokem řeky Malše. Bedřichovský potok ústí do Stropnice severně od obce Horní Stropnice na počátku vzdušného vodního díla Humenice. Samotný Bedřichovský potok pramení v Novohradských horách, konkrétně v sedle mezi Kraví a Kuní horou. Pramen se nachází ve výšce 840 metrů nad mořem. Po počátečním severozápadním směru toku se potok stáčí k severovýchodu. Celková plocha povodí Bedřichovského potoka se rozkládá na 8,69 km<sup>2</sup> a má střední délku 5,7 km. Sledované území (Obr. 3.3) je pouze většinou částí celého povodí Bedřichovského potoka. Sledovaná rozloha činí 669,6 hektarů. Ostatní údaje jako například průměrná výška, průměrný sklon a další jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1: Údaje o zájmovém území Bedřichovského potoka

	<b>povodí Bedřich. potoka</b>	<b>horní povodí</b>	<b>dolní povodí</b>
zájmová rozloha (ha)	669,6	306,8	362,8
prům. výška n. m. (m)	679	735	631
max. výška n. m. (m)	952	952	935
min. výška n. m. (m)	580	608	580
prům. sklon (stupně)	6,9	8,9	5,2
max. sklon (stupně)	31	31	27
min. sklon (stupně)	0	0	0
délka hlavního toku (m)	4634	2549	2085
prům. sklon toku (%)	4,74	7,65	1,19
délka sítě toků (m)	16191	8540	7651
hustota sítě toků (m/ha)	24,2	27,8	21,1

---

## 3.2 Ochrana přírody a krajiny

V zájmovém území se nachází přírodní památka Bedřichovský potok. Jedná se o přírodní památku, evidenční číslo 5865, v okrese České Budějovice, na území přírodního parku Novohradské hory. Rozkládá se na březích Bedřichovského potoka mezi osadou Meziluží a Filkovým vrchem u města Horní Stropnice v nadmořské výšce 561 až 605 m, a to v katastrálních územích obcí Meziluží, Bedřichov u Horní Stropnice a Svěbohy. Chráněné území s rozlohou 20,13 ha bylo vyhlášeno 2. ledna 2014 Krajským úřadem Jihočeského kraje. Tato přírodní památka je součástí stejnojmenné evropsky významné lokality (kód lokality: CZ0313092) o rozloze 119,4 ha vyhlášené k ochraně rostlin a živočichů žijících v prostředí přirozeného oligotrofního toku (AOPK, 2014).

## 3.3 Geomorfologické a geologické poměry

Novohradské hory se nachází jak na české, tak na rakouské straně státní hranice. V Rakousku jsou nazývány Freiwald. V České republice mají rozlohu 162 km<sup>2</sup>. Novohradské hory se řadí mezi geomorfologické celky, jejichž vrcholy dosahují nadmořské výšky vyšší než 1 000 m n. m. Nejvyšším vrcholem Novohradských hor je Viehberg (1112 m n. m.) ležící v Rakousku, nejvyšším vrcholem na české straně Novohradských hor je Kamenec (1072 m n. m.). Z více než dvaceti novohradských vrcholů přesahujících tisíc metrů nad mořem se jich na českém území nachází pět.

Jak uvádí Boháč a Kolář (1996) ve své publikaci, území Bedřichovského potoka spadá do:

- systém Hercynský
  - subsystém Hercynské pohoří
    - provincie Česká vysočina
      - soustava Šumavská
        - podsoustava Šumavská hornatina
          - celky Novohradské hory a Novohradské podhůří

Geologický vývoj Novohradských hor sahá do období konce prvohor, kdy mělo na hory vliv tzv. varijské vrásnění. Masiv Novohradských hor byl nejdříve ovlivněn orogenezí dunajskou, poté kadonskou, zakončen byl orogenezí hercynskou. Vzhled dnešních Novohradských hor byl vytvořen zhruba na konci třetihor. Na přelomu druhohor a třetihor došlo k vyklenutí ze zarovnaného povrchu České vysočiny. Před zdvihem se

---

nadmořská výška pohybovala okolo 300 až 500 m n. m. Následně vlivem saxonských tektonických pohybů došlo k rozlámání reliéfu na jednotlivé kry (Chábera, 1972).

### **3.4 Pedologické poměry**

Vznik půd v této oblasti je možné zařadit do období čtvrtohor. Pouze vyšší partie hor lze zahrnout do období mladších čtvrtohor, tzv. holocénu, jelikož chladné mrazivé podnebí způsobilo přerušení pedogeneze. Na celém území Novohradských hor převládají lesní půdy nad půdami zemědělskými (Šefrna, 2004). Skalní podklad je zde tvořen granitoidy různých typů, zejména granitem weinsberským, mrákotínským a granitoidem freistadským. Tomášek (2014) ve své publikaci Půdy České republiky specifikuje, že v Novohradských horách dominují kambizemě v různé formě subtypu. Ve vrcholových oblastech jsou nejvíce zastoupeny kryptopodzoly, které jsou v severní části střídány podzoly s malými ostrovními plochami rankeru.

Podél menších vodních toků vznikly plochy glejové půdy přecházející při státní hranici s Rakouskem do formy rašelinišť, blat a slatin (Šefrna, 2004).

### **3.5 Klimatické poměry**

Klimatické poměry sledovaného území jsou důležitým podkladem pro návrh opatření zlepšujících vodní režim krajiny a snižujících degradaci půd. Jak uvádí Kubeš (2004), na tvorbě klimatu Novohradských hor se vedle obecných faktorů, jako je např. zeměpisná šířka, podílejí také faktory specifické. Významnou roli hraje zejména orografie ovlivňující Novohradské hory a jejich okolí. Velký význam zde má poloha Novohradských hor vůči Šumavě, jelikož ta tvoří jakousi bariéru pro převládající západní proudění, čímž se tato oblast v podstatě dostává do závětrí Šumavy. Šumava tedy vytváří tzv. srážkový stín, důsledkem čehož jsou právě nižší srážkové úhrny.

Novohradské hory se řadí do chladné oblasti CH7, která je charakterizována chladným, vlhkým a také velmi krátkým létem. Přejídné období je dlouhé, s mírně chladným jarem a mírným podzimem. Zima je dlouhá, vlhká s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Stejně jako v ostatních pohraničních horách dochází v chladné části roku v Novohradských horách ke vzniku velkoplošných a déletrvajících inverzí teploty vzduchu.

---

### 3.5.1 Srážkové poměry v povodí

Množství srážek vyjadřujeme formou srážkové výšky v milimetrech. Ta odpovídá vrstvě vody, jež by se vytvořila z objemu spadlých srážek na ploše 1 m<sup>2</sup>. Znamená to tedy, že 1 mm srážkové výšky na ploše 1 m<sup>2</sup> odpovídá 1 litru spadlých srážek.

Použité údaje o srážkách byly získány z nejbližší srážkoměrné stanice - člunkového srážkoměru s rozlišením 0,1 mm, který se nachází v 2,5 kilometrové kolmé vzdálenosti jihovýchodně od osy toku sledovaného povodí. V Atlasu podnebí Česka (Tolasz, 2007) je uveden dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek 750 mm (300 mm v létě), jak je uvedeno v tabulce 3.2.

### 3.5.2 Teplotní a větrné poměry v povodí

Jak uvádí Tolasz (2007) v již zmíněné publikaci Atlas podnebí Česka, dlouhodobá průměrná roční teplota vzduchu v této oblasti činí 6,5 °C, v létě 14,5 °C (Tab. 3.2).

**Tabulka 3.2: Údaje o klimatických poměrech zájmového území**

průměrná roční teplota vzduchu (°C):	6,5 (14,5 v létě)
průměrný roční úhrn srážek (mm):	750 (300 v létě)

V oblasti Novohradských hor a přilehlého podhůří všeobecně převládá západní až jihozápadní směr větru. Na podzim a v zimě převládají větry s jižní složkou, na jaře a v létě se severní složkou. Rozdíly ale nejsou nijak markantní. Výrazněji se projevuje denní chod, což znamená, že ve dne proudí vzduch po svazích směrem vzhůru, v noci naopak stéká chladný vzduch zpět do údolí (Kubeš, 2004).

## 3.6 Hydrologické poměry

Jak již bylo v této kapitole uvedeno, Bedřichovský potok je drobný vodní tok pramenící v Novohradských horách v sedle mezi Kraví a Kuní horou ve výšce 840 metrů nad mořem.

V horních partiích (tj. nad horním závěrovým profilem, dále jen jako „profil H“, viz Obr. 3.3) protéká potok souvislým smrkovým lesem, přírodní koryto zde má šířku do 1 metru a relativně velký sklon. Do potoka zde ústí celá řada dalších menších přítoků a ojediněle se v korytě vyskytují větší kameny, jak můžeme vidět na Obr. 3.1. Pod profilem H má Bedřichovský potok několik menších pravostranných přítoků. V obci Chlupatá Ves má tok stále převážně přírodní charakter a meandrující koryto s

vysokou diverzitou šířky, proudu i hloubky. Následuje regulovaný úsek toku v délce cca 1 km, koryto je napřímené, zpevněné betonovými deskami jak v březích, tak na dně a zahloubené zhruba 1,5 metru pod úroveň okolního terénu. V této partii má potok dva levostranné přítoky, které jsou však zatrubněny. Tyto meliorační zásahy provedené v minulosti mají zcela jistě vliv na rychlost odtoku srážkové vody těmito drobnými toky. Následuje partie nad dolním závěrovým profilem (dále jen jako „profil D“, viz Obr. 3.3), kde je koryto opět přírodního charakteru, široké až 3 metry, s písčítým dnem a množstvím tůňek a rozlivů, to vše v porostu potočních olšin (Obr. 3.2). Těsně před profilem D se do Bedřichovského potoka pravostranně vlévá malý přítok.

Tabulka č. 3.3 ukazuje dobu toku mezi profilem H a profilem D při různých stavech vody, tzn., že v případě, kdy byl naměřen stav vody na profilu H 42 mm, tak současně na profilu D byl naměřen stav vody 114 mm. Při těchto stavech (průtocích) má proudící voda v horním profilu rychlost 0,27 m/s a v dolním profilu 0,1 m/s. Trvá tak průměrně 3 hodiny a 8 minut, než se voda z bodu měrného profilu H dostane do bodu měrného profilu D.

V dalších dvou řádcích Tabulky č. 3.3 je ukázáno, jak se při vyšších stavech (průtocích) zvyšuje rychlost proudění vody, a tedy zkracuje doba, za kterou voda daný úsek absolvuje. Tyto hodnoty jsou však v čase a podmínkách proměnlivé, mohou se měnit a lišit při různých stavech vody.

**Tabulka 3.3: Porovnání rychlosti vody na závěrových profilech při různé výšce odtoků**

max rychlost vody na profilech při:	profil H	profil D	doba toku Be-H - Be-D
42 mm profil H, 114 mm profil D	0,27 m/s	0,1 m/s	3 h 8 m
58 mm profil H, 149 mm profil D	0,37 m/s	0,21 m/s	2 h
181 mm profil H, 352 mm profil D	0,93 m/s	0,74 m/s	42 m





**Obr. 3.1: Bedřichovský potok nad profilem H (Fischer a kol., 2011)**



**Obr. 3.2: Bedřichovský potok nad profilem D (Fischer a kol., 2011)**

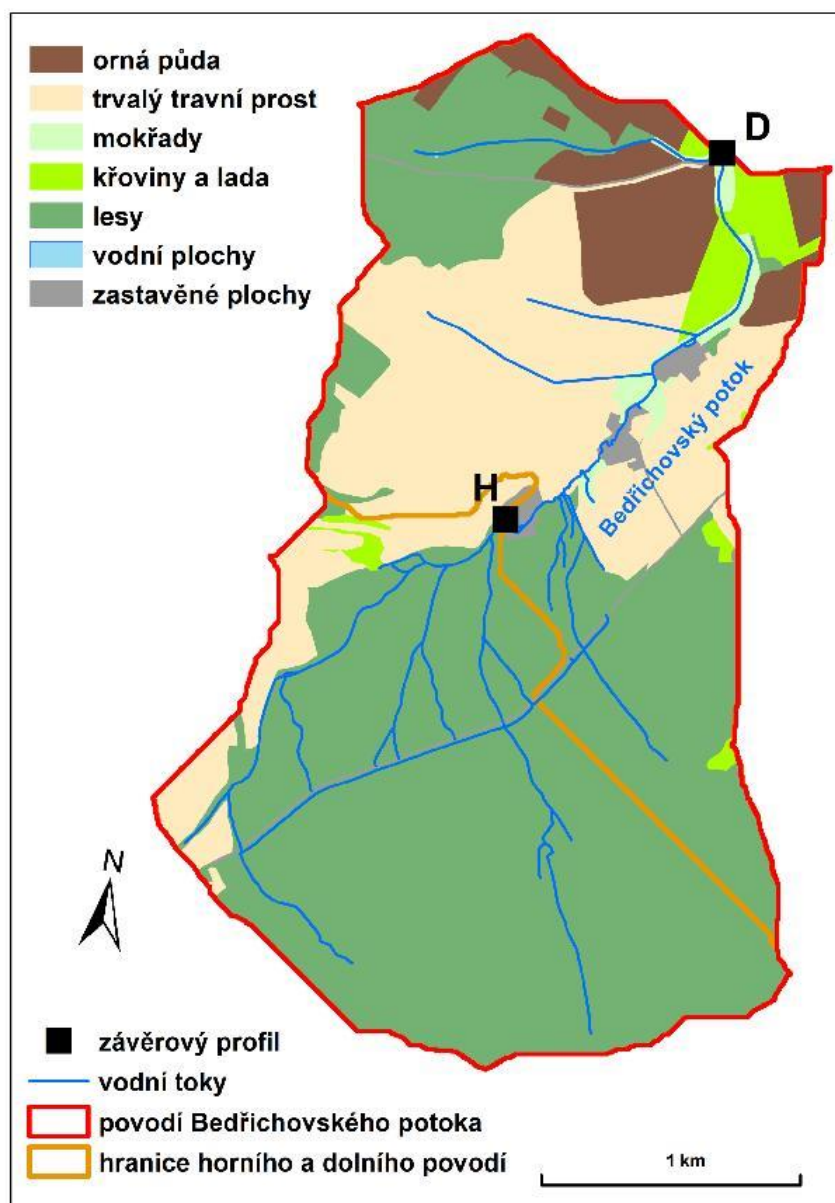
### 3.7 Hospodářské využití území

Hydrologické poměry malých povodí jsou ovlivněny mimo jiné právě způsobem hospodaření na zemědělských plochách a krajinným pokryvem povodí.

V celém povodí Bedřichovského potoka převažují sice dřeviny jehličnaté, avšak krajinný pokryv horního a dolního subpovodí se značně liší (Tabulka 3.4). Jak již bylo zmíněno, v horním subpovodí, tzn. nad horním závěrovým profilem (profil H), protéká potok lesem s absolutní převahou smrku ztepilého, les zde tvoří dokonce 88,43 % krajinného pokryvu, následují travní porosty s 10,2 %. Pod profilem H protéká potok obcí Chlupatá Ves, kde přiléhá k jednotlivým zahradám. Subpovodí nad dolním závěrovým profilem (profil D) tvoří zejména trvalý travní porost (38,52 %), lesy (38,44 %) a orná půda (13,2 %) (Tabulka 3.4, Obrázek 3.3). Na orné půdě se dle osevního postupu střídají kukuřice, pšenice, ječmen a řepka. Těsně před profilem D protéká tok křovinami a ladou, kde nalezneme porosty olší, dubů, javorů a dalších.

Tabulka 3.4: Rozlohy krajinných prvků ve sledovaném povodí

	povodí nad profilem H		povodí nad profilem D	
	rozloha (ha)	plošné zastoupení (%)	rozloha (ha)	plošné zastoupení (%)
orná půda	0	0	47,9	13,2
travní porost	31,3	10,2	139,8	38,52
mokřady	0	0	9,2	2,54
křoviny a lada	2,3	0,75	17	4,68
lesy	271,3	88,43	139,5	38,44
vodní plochy	0	0	0	0
zastavěné plochy	1,9	0,62	9,5	2,62
<b>celkem</b>	<b>306,8</b>	<b>100%</b>	<b>362,9</b>	<b>100%</b>



Obr. 3.3: Krajinný pokryv v povodí Bedřichovského potoka (Katedra aplikované ekologie ZF JČU, 2020)

### 3.8 Metody zjištění průtoku a spec. odtoku z obou sledovaných povodí

V obou závěrových profilech H a D (Obr. 3.3) byly instalovány automatické ultrazvukové měřiče výšky hladiny vody (tzv. vodního stavu) v profilu vodního toku s automatickým záznamem po 10 minutách. Byly tak získány hodnoty o vodním stavu ve sledovaných profilech v celém zkoumaném období od dubna až do října roku 2018, a to v desetiminutových intervalech.

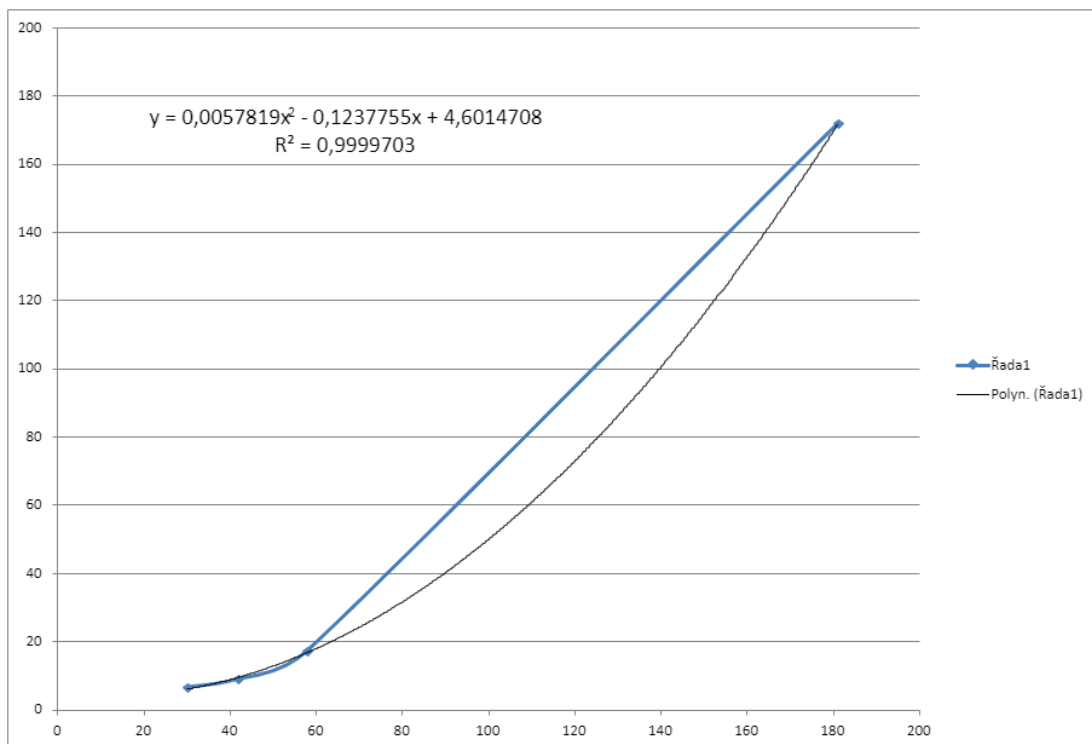
Při čtyřech různých stavech vody byla hydrometrickou vrtulí změřena rychlost proudění vody v obou profilech. Po vynásobení těchto rychlostí plochou průřezu omezené části profilu tak byl získán průtok odpovídající vždy danému vodnímu stavu.

---

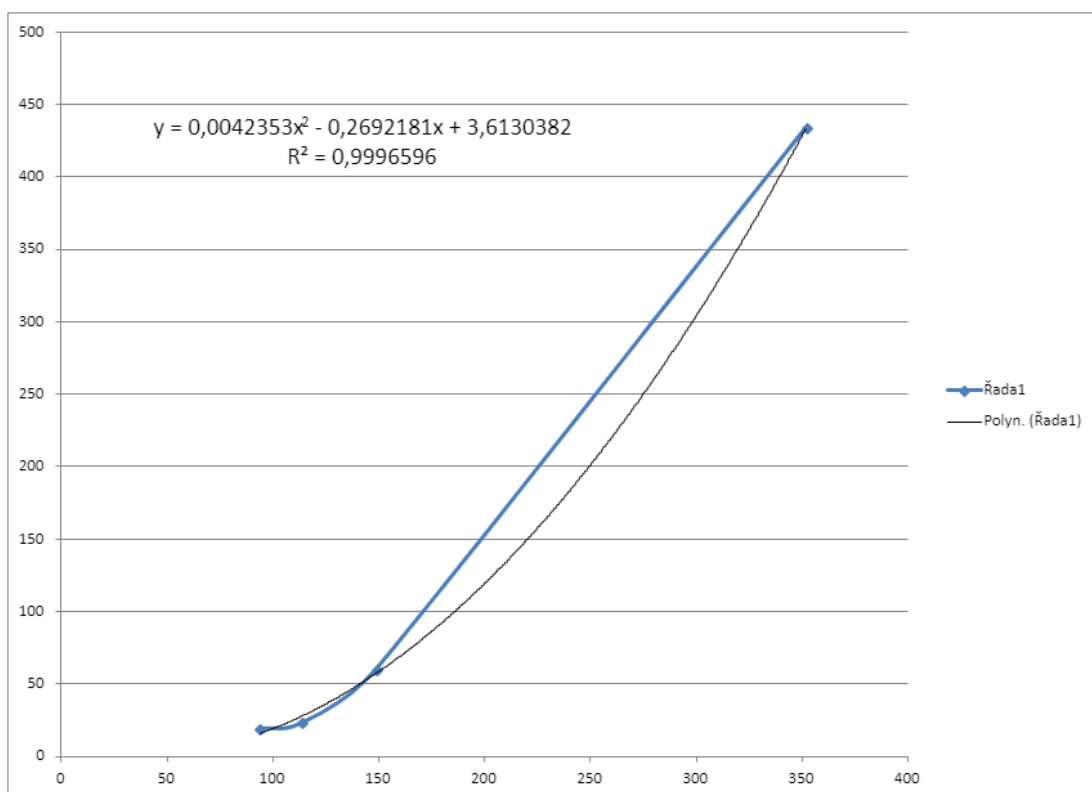
Vynesením těchto spárovaných hodnot do grafu, při znalosti vodních stavů v celém sledovaném období, tak mohla být sestrojena konsumpční křivka závislosti průtoku vody na stavu vody (Obr. 3.4 a Obr. 3.5) a zjištěny tak průtoky pro obě subpovodí v celém sledovaném období v desetiminutových intervalech.

Vzhledem k tomu, že voda ve vodním toku proudí z horního subpovodí do dolního, byly od průtoků v dolním profilu odečteny průtoky horního profilu. Je tak zajištěno, že obě sady hodnot průtoků odpovídají vždy pouze příslušnému subpovodí.

Průtoky byly děleny plochou příslušného subpovodí, čímž byly získány hodnoty specifických odtoků dobře charakterizující odtokové poměry obou subpovodí. Tyto hodnoty specifických odtoků byly vyneseny do grafů spolu s hodnotami srážek a ve výsledkové části této práce porovnány.



**Obr. 3.4: Konsumpční křivka horní spec. odtok**



**Obr. 3.5: Konsumpční křivka dolní spec. Odtok**

---

## 4 Výsledky

V této kapitole jsou představena a do grafické podoby převedena data získaná v rámci měření v povodí Bedřichovského potoka, a to ve sledovaném období od dubna do října 2018.

### 4.1 Přehled a porovnání srážek specifického odtoku z horního a dolního subpovodí a dlouhodobý normál srážek v období duben až říjen 2018

V tabulce 4.1 je uveden souhrnný přehled srážek v  $\text{m}^3/\text{ha}/\text{měsíc}$  a  $\text{mm}/\text{měsíc}$  za období duben až říjen 2018, dále přehled specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v  $\text{m}^3/\text{ha}/\text{měsíc}$  z téhož období a také dlouhodobý normál srážek.

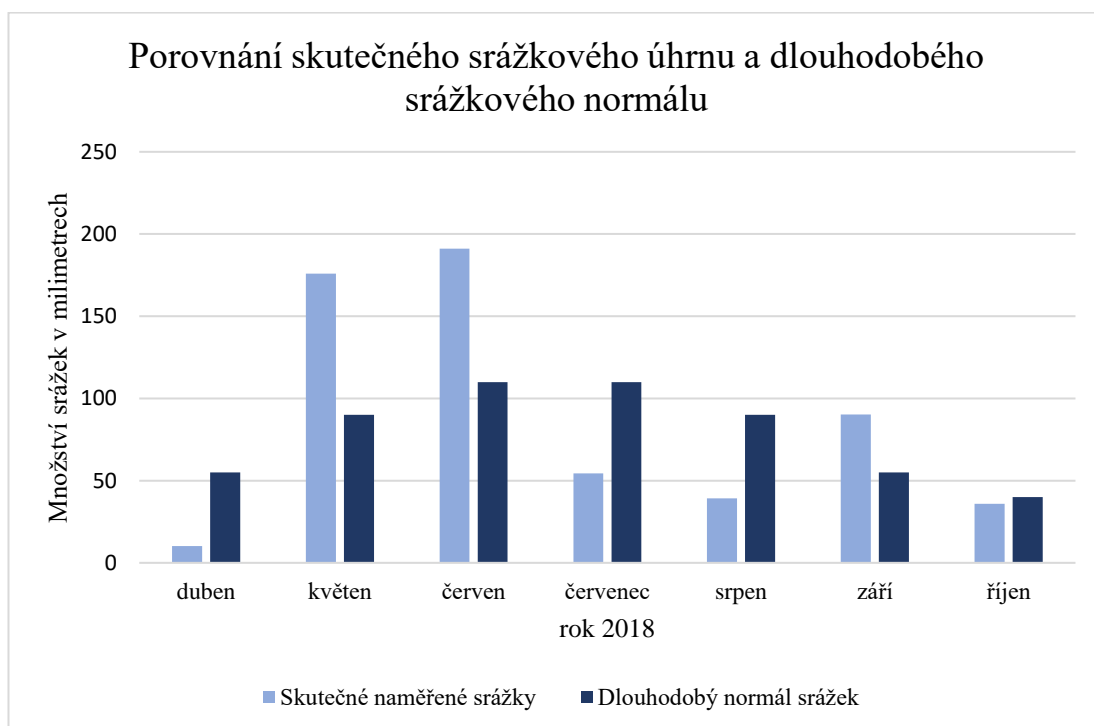
Pro lepší znázornění a porovnání je skutečný srážkový úhrn za jednotlivé měsíce zobrazen na Obr. 4.1 a porovnán s dlouhodobým srážkovým normálem.

Ze zjištěných údajů vyplývá, že skutečný úhrn srážek za jednotlivé měsíce překonal dlouhodobý normál srážek v měsících květnu, červnu a září sledovaného roku 2018. Zcela nejvyšší úhrn srážek byl zaznamenán v měsíci červnu, a to  $191,1 \text{ mm}/\text{měsíc}$ , což je o  $81,1 \text{ mm}/\text{měsíc}$  více, než je dlouhodobý normál srážek za měsíc červen. S druhou nejvyšší hodnotou následuje měsíc květen, kdy byl zaznamenán celkový úhrn srážek  $176 \text{ mm}/\text{měsíc}$ , což je také o  $86 \text{ mm}/\text{měsíc}$  více, než je dlouhodobý normál srážek v měsíci květnu. Třetí nejvyšší srážkový úhrn vykazuje měsíc září, a to s celkem  $90,3 \text{ mm}/\text{měsíc}$ . I zde se jedná o nadprůměrný úhrn srážek oproti dlouhodobému srážkovému normálu, a to o  $45,3 \text{ mm}/\text{měsíc}$ .

O poznání menší úhrn srážek byl zaznamenán v ostatních sledovaných měsících, kdy například v měsíci dubnu (Obr. 4.1) byla výše srážkového úhrnu s hodnotou  $10,3 \text{ mm}/\text{měsíc}$  nižší oproti dlouhodobému srážkovému normálu o téměř  $45 \text{ mm}/\text{měsíc}$ .

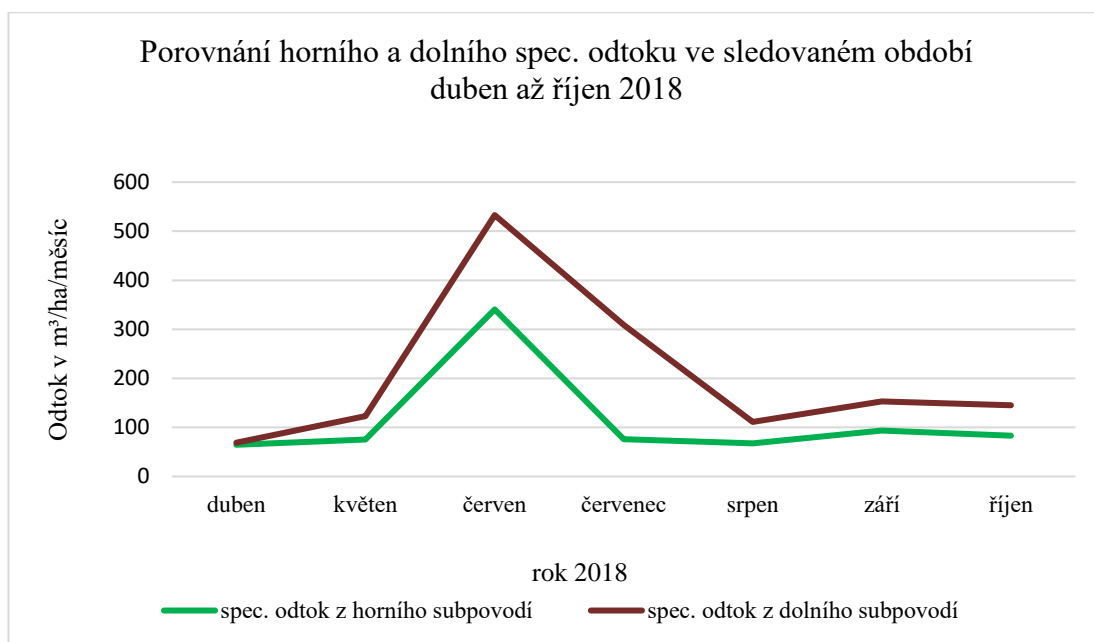
**Tabulka 4.1: Souhrnný přehled srážek, specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v období duben až říjen 2018 a dlouhodobý normál srážek**

měsíc roku 2018	srážky m <sup>3</sup> /ha/měsíc	srážky mm/měsíc	spec. odtok z horního subpovodí m <sup>3</sup> /ha/měsíc	spec. odtok z dolního subpovodí m <sup>3</sup> /ha/měsíc	srážky dlouhodobý normál mm/měsíc
duben	103	10,3	64,618	68,931	55
květen	1760	176	75,607	122,88	90
červen	1911	191,1	340,585	532,83	110
červenec	545	54,5	75,897	309,208	110
srpen	392	39,2	67,352	111,437	90
září	903	90,3	93,657	153,212	55
říjen	360	36	83,098	144,992	40



**Obr. 4.1: Porovnání skutečných srážek (mm) v období od 01.04.2018 do 30.04.2018 a dlouhodobého srážkového normálu ve sledované lokalitě Bedřichovského potoka**

K přehlednému porovnání specifického odtoku z horního a dolního subpovodí ve sledovaném povodí Bedřichovského potoka byl sestaven graf (Obr. 4.2), který názorným a přehledným způsobem ukazuje rozdíl mezi oběma specifickými odtoky za celé sledované období.

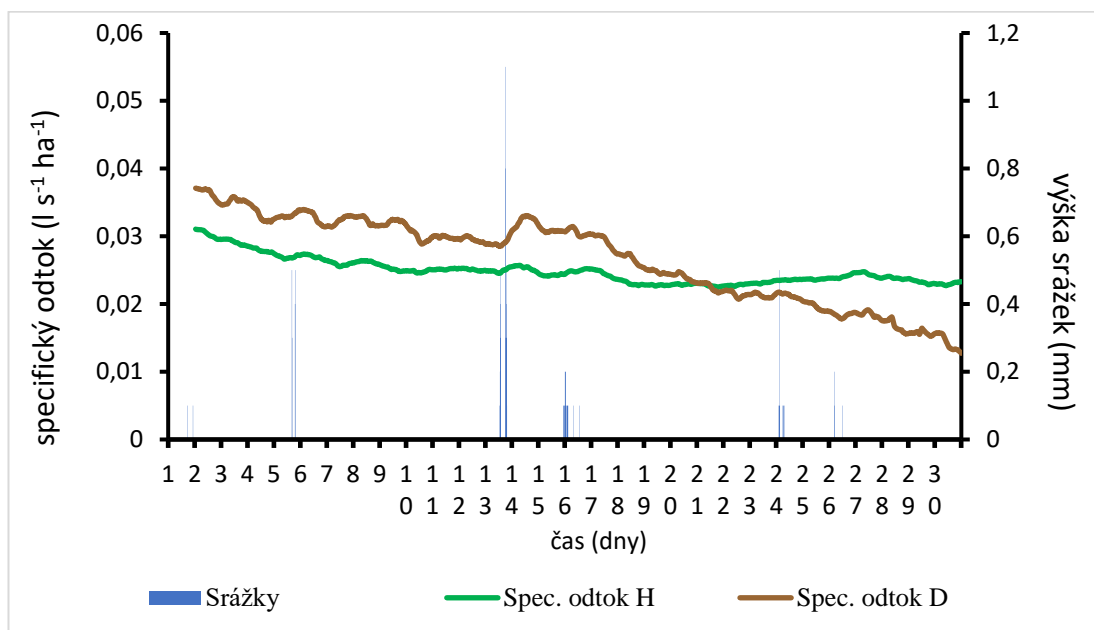


**Obr. 4.2: Porovnání horního a dolního spec. odtoku v období od 01.04.2018 do 31.10.2018**



## 4.2 Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v období duben 2018

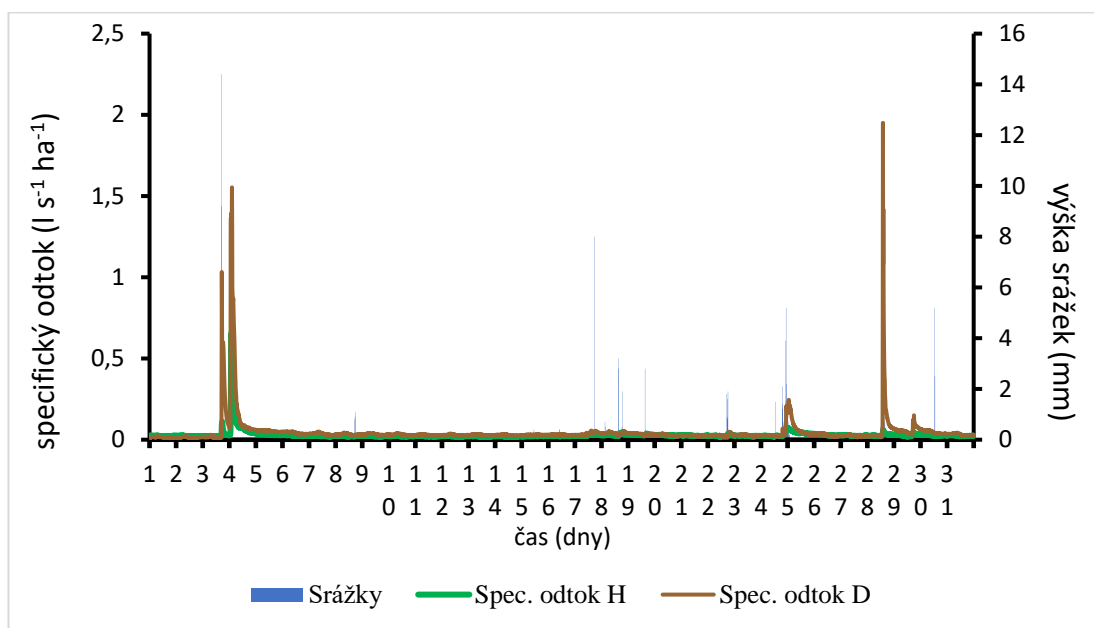
Na srážky nejchudší byl ve sledovaném období měsíc duben, kdy maximální intenzita srážek dosáhla pouhých 1,1 mm (Obr. 4.3). Horní ani dolní specifický odtok nezaznamenaly větších rozdílů či výkyvů.



Obr. 4.3: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.04.2018 do 30.04.2018.

### 4.3 Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci květnu 2018

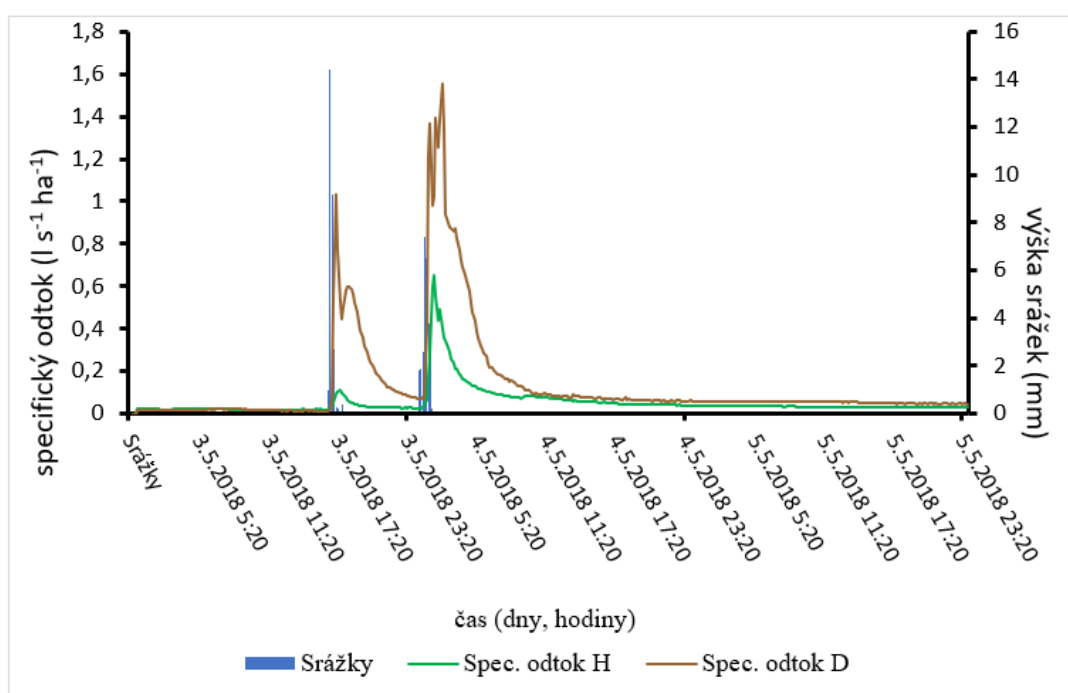
Měsíc květen byl oproti dlouhodobému srážkovému normálu nadprůměrně deštivý, na srážkové epizody reagoval především dolní specifický odtok (Obr. 4.4).



Obr. 4.4: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.05.2018 do 31.05.2018.

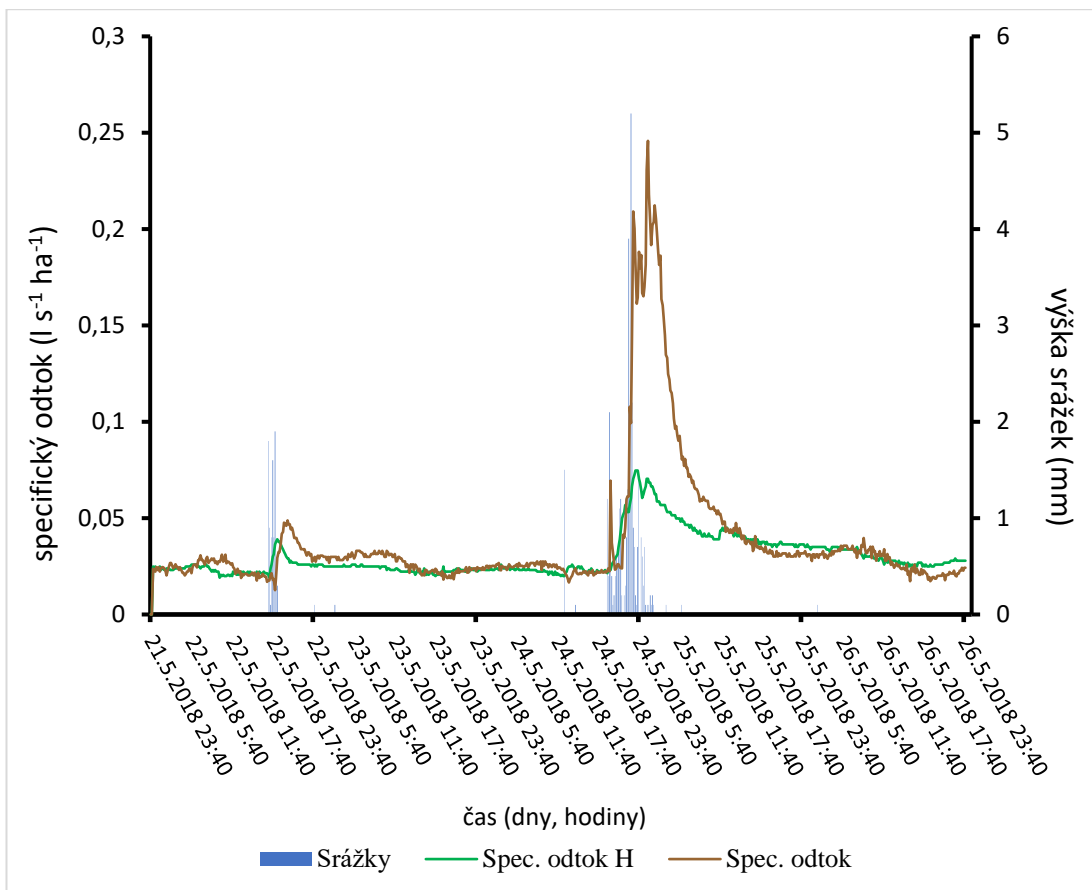
#### 4.4 Významné srážkové epizody v měsíci květnu 2018

Nejvýznamnější srážková epizoda měsíce května byla zaznamenána dne 03.05.2018, přičemž okamžitý specifický odtok z dolního subpovodí ve špičce srážkové epizody přesáhl desetinásobek specifického odtoku z horního subpovodí (Obr. 4.5). Následná srážková událost z ranních hodin dne 04.05.2018 již takto dramatický rozdíl nepřinesla, avšak specifický odtok z dolního subpovodí prakticky okamžitě přesáhl specifický odtok ze subpovodí horního, a to více než dvojnásobně.



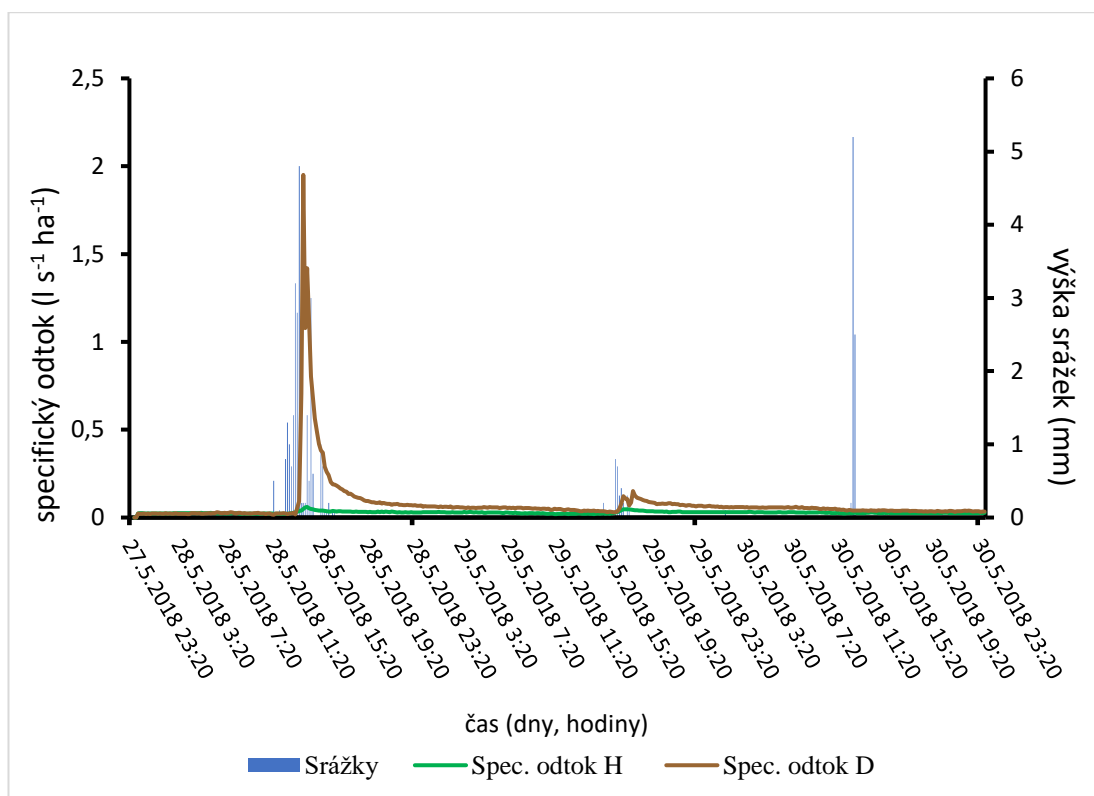
Obr. 4.5: Srážky (mm) a specifické odtoky ( $l s^{-1} ha^{-1}$ ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 02.05.2018, 23:20 hodin do 05.05.2018, 23:20 hodin.

Srážková epizoda ze dne 24.05.2018 (Obr. 4.6) již nedosahovala srážkové intenzity jako srážkové události předchozí (Obr. 4.5), avšak hodnoty specifického odtoku z dolního subpovodí opětovně dosahovaly více než trojnásobku hodnot specifického odtoku ze subpovodí horního.



**Obr. 4.6:** Srážky (mm) a specifické odtoky ( $l\ s^{-1}\ ha^{-1}$ ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 21.05.2018, 23:40 hodin do 26.05.2018, 23:40 hodin.

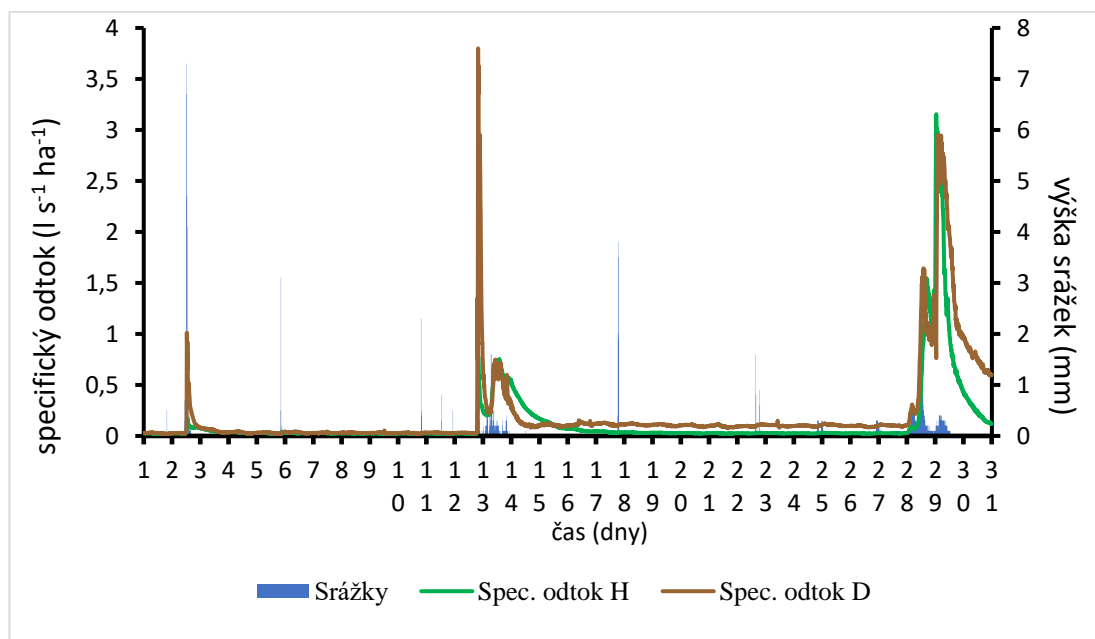
Za povšimnutí na Obr. 4.7 stojí nejen srážková událost ze dne 28.05.2018, kdy v průběhu srážky opět razantně vzrostl spec. odtok D, ale také srážka ze dne 30.05.2018, kdy byla zaznamenána srážková událost tentokrát s hodnotou 5,2 mm. Ke zvýšení horního ani dolního specifického odtoku však nedošlo (Obr. 4.7).



**Obr. 4.7:** Srážky (mm) a specifické odtoky ( $l\ s^{-1}\ ha^{-1}$ ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 27.05.2018, 23:20 hodin do 30.05.2018, 23:20 hodin.

#### 4.5 Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci červnu 2018

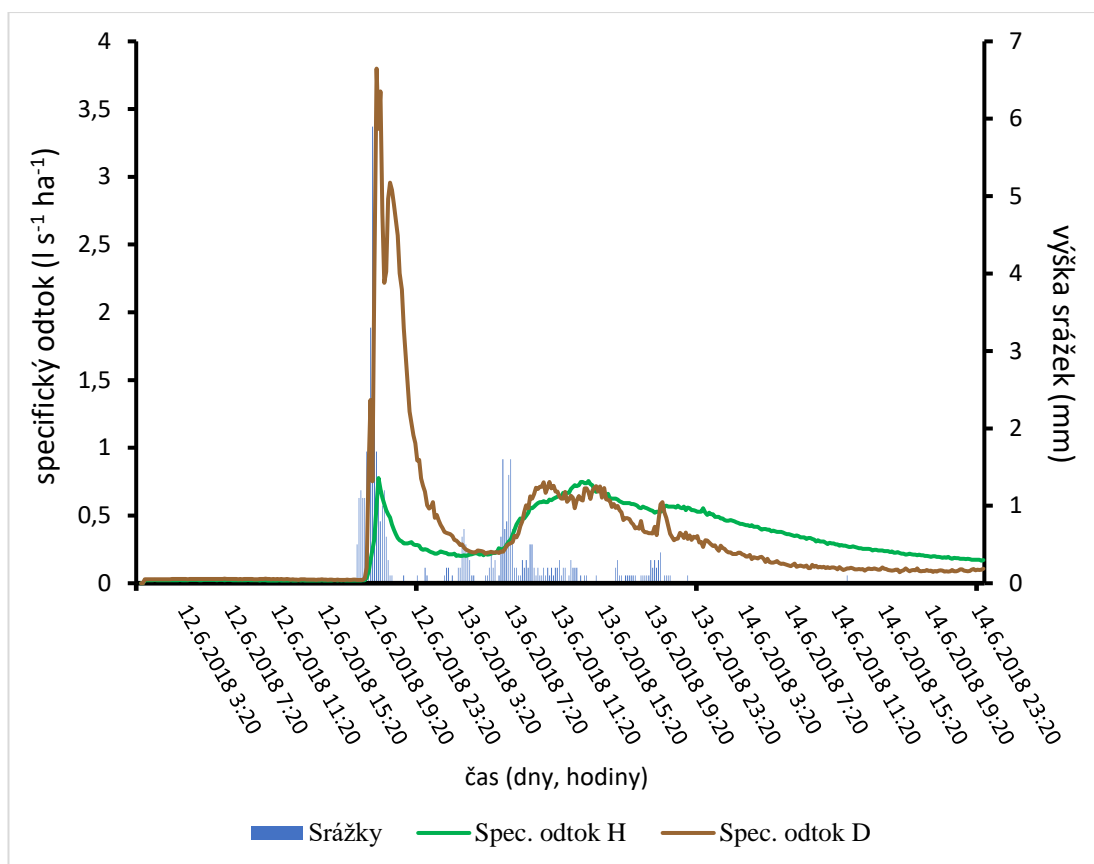
Červen 2018 byl při porovnání s dlouhodobým srážkovým normálem srážkově nadprůměrný. Bylo zaznamenáno několik srážkových epizod a výkyvů obou specifických odtoků (Obr. 4.8).



Obr. 4.8: Srážky (mm) a specifické odtoky ( $l\ s^{-1}\ ha^{-1}$ ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.06.2018 do 30.06.2018.

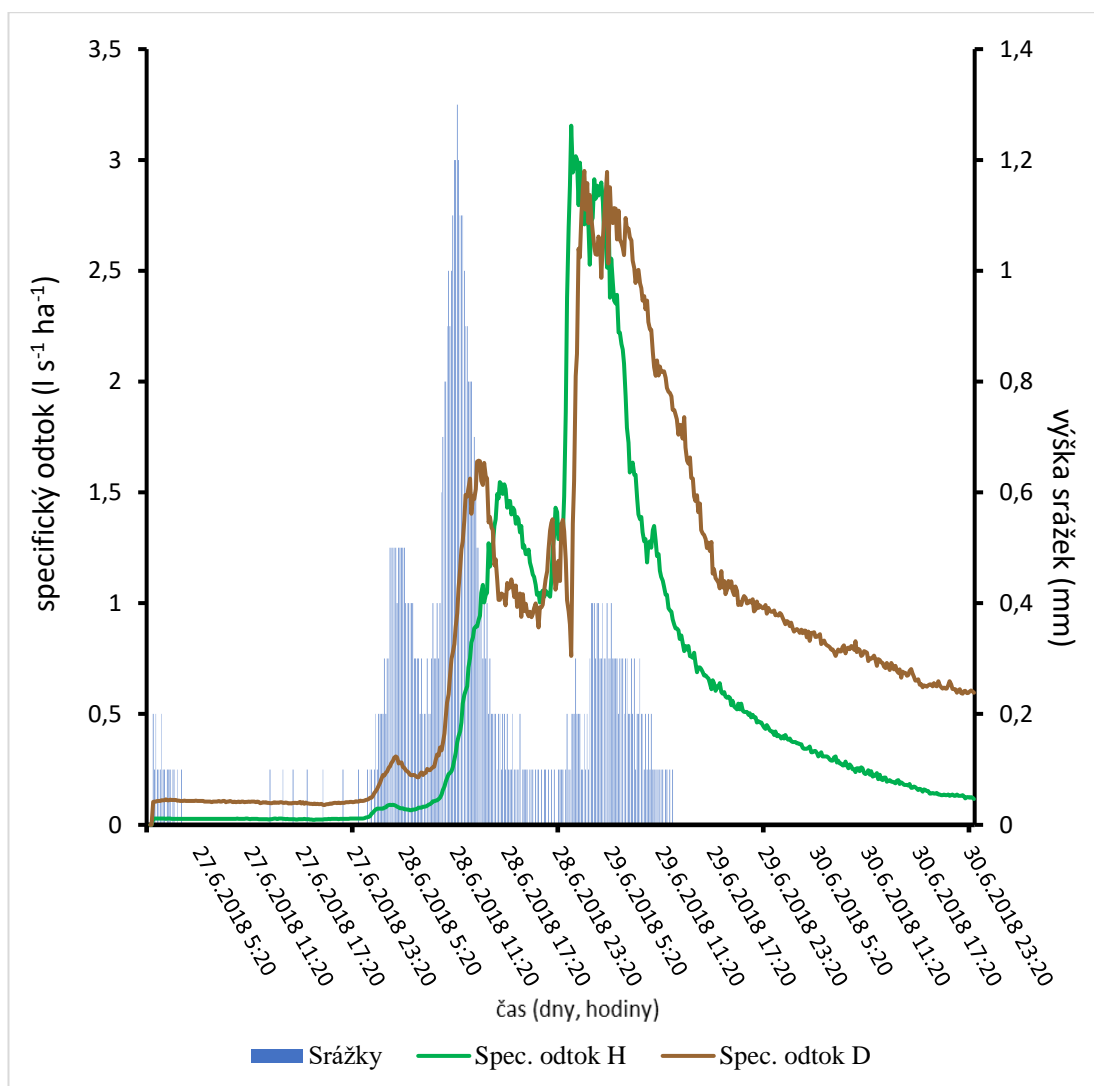
#### 4.6 Významné srážkové epizody v měsíci červnu 2018

K intenzivním dešťovým srážkám došlo také dne 12.06.2018, přičemž na vrcholu srážkové epizody dosahovala intenzita srážek více než 5 mm. Ve velmi krátkém čase dosáhl specifický dolní odtok zhruba pětinasobku hodnoty dolního specifického odtoku (Obr. 4.9).



Obr. 4.9: Srážky (mm) a specifické odtoky ( $l s^{-1} ha^{-1}$ ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 11.06.2018, 23:20 hodin do 14.06.2018, 23:20 hodin.

Na obrázku (Obr. 4.10) je znázorněna srážková epizoda v délce trvání více než 24 hodin. I přestože tyto vytrvalé srážky dosahovaly maximální intenzity pouze 1,3 mm, dostačovaly k vzestupu horního i dolního specifického odtoku, a to v téměř srovnatelné výši.

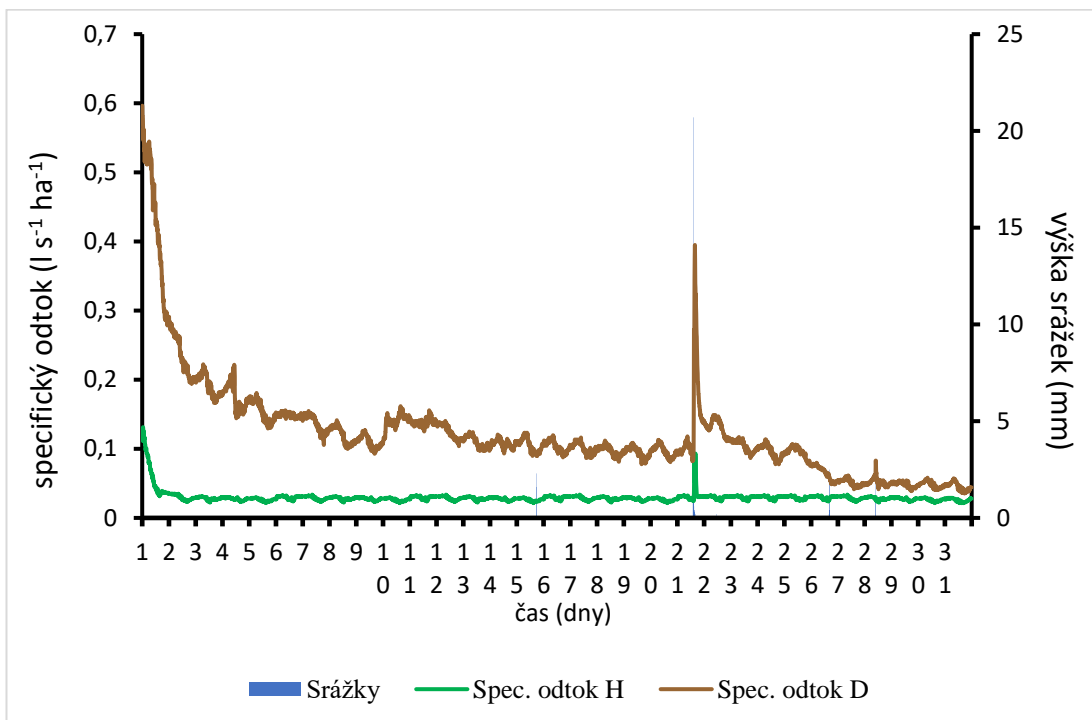


**Obr. 4.10: Srážky (mm) a specifické odtoky ( $l\ s^{-1}\ ha^{-1}$ ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 26.06.2018, 23:20 hodin do 30.06.2018, 23:20 hodin.**



#### 4.7 Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci červenci 2018

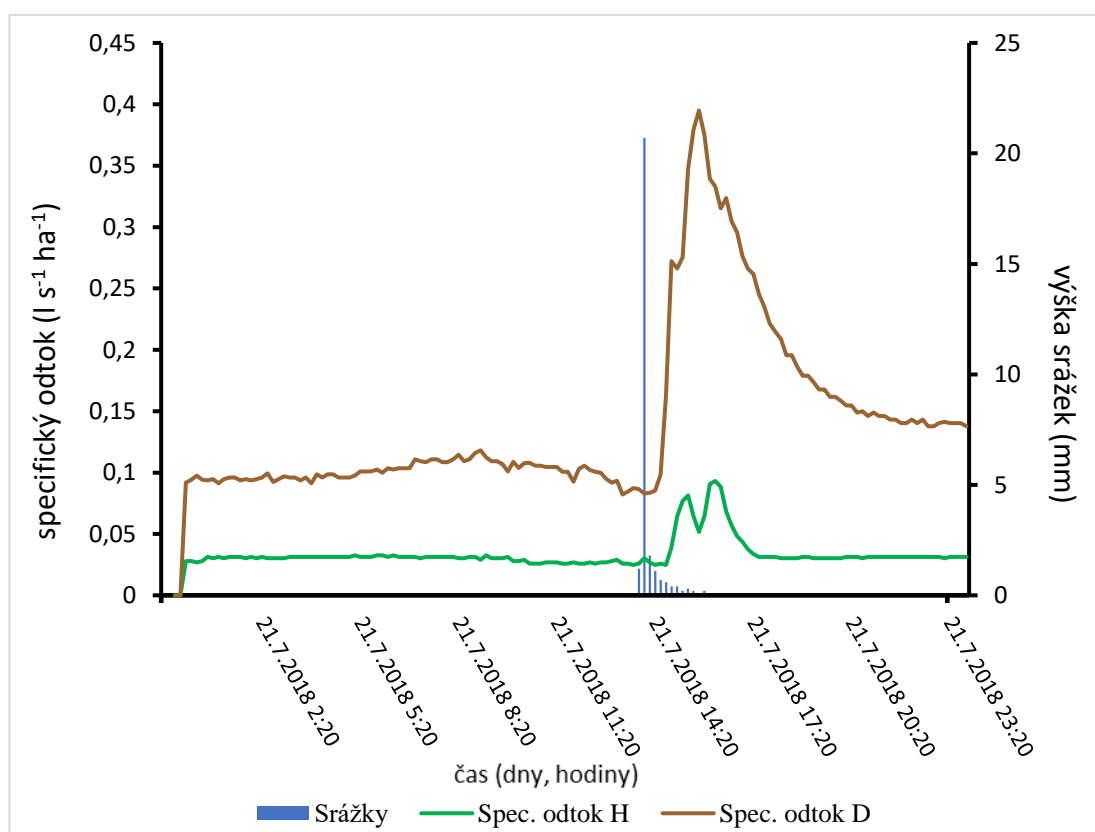
Sledované ukazatele v měsíci červenci 2018 zachycují klesající křivku specifického dolního odtoku. Horní specifický odtok byl během celého měsíce července vyjma jedné srážkové události takřka stabilní (Obr. 4.11).



Obr. 4.11: Srážky (mm) a specifické odtoky ( $l s^{-1} ha^{-1}$ ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.07.2018 do 31.07.2018.

#### 4.8 Významné srážkové epizody v měsíci červenci 2018

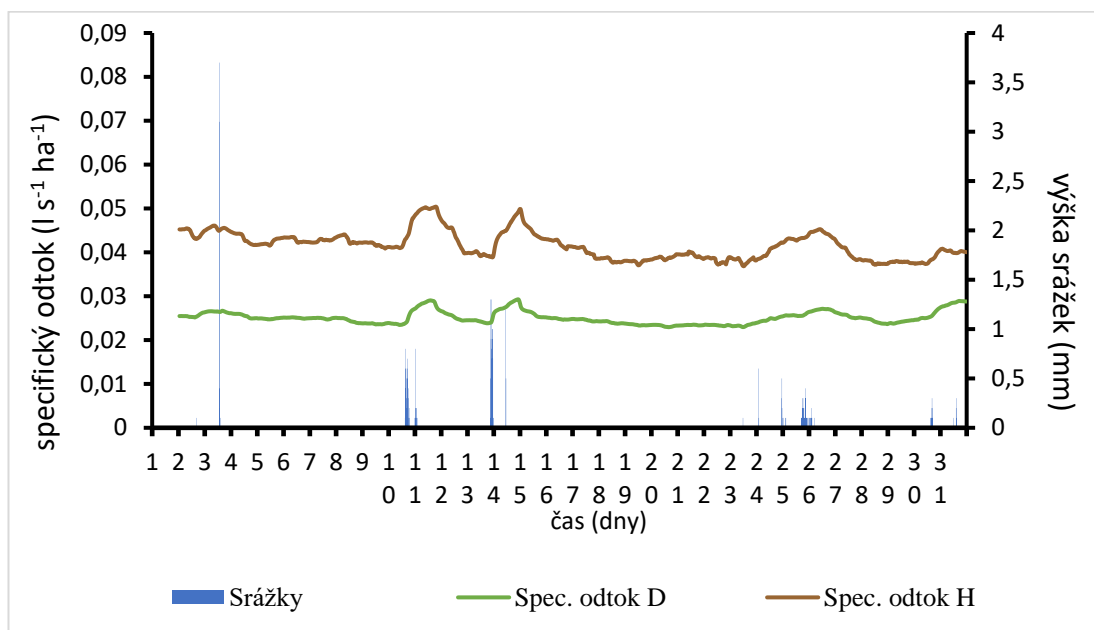
Srážková událost dne 21.07.2018 (Obr. 4.12) vedla ke zvýšení horního i dolního specifického odtoku, přičemž specifický odtok z dolního subpovodí až čtyřnásobně přesáhl specifický odtok ze subpovodí horního.



Obr. 4.12: Srážky (mm) a specifické odtoky ( $l s^{-1} ha^{-1}$ ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 20.07.2018, 23:20 hodin do 21.07.2018, 23:20 hodin.

#### 4.9 Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci srpnu 2018

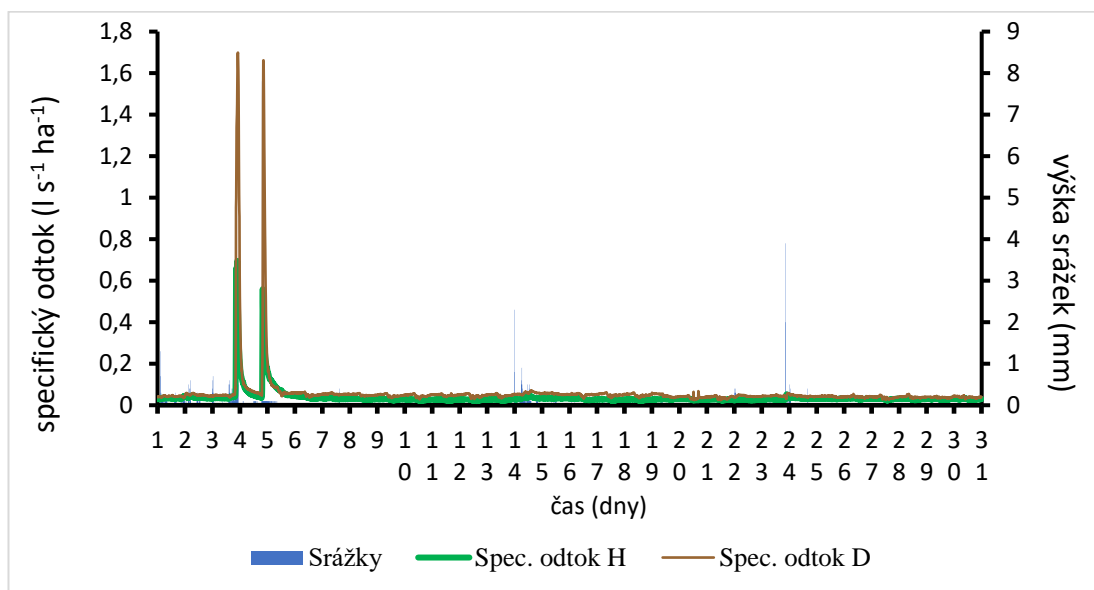
Srpen 2018 byl proti dlouhodobému srážkovému normálu srážkově podprůměrným měsícem. Bylo zaevidováno pouze několik srážkových epizod malé intenzity (Obr. 4.13).



Obr. 4.13: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.08.2018 do 31.08.2018.

#### 4.10 Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci září 2018

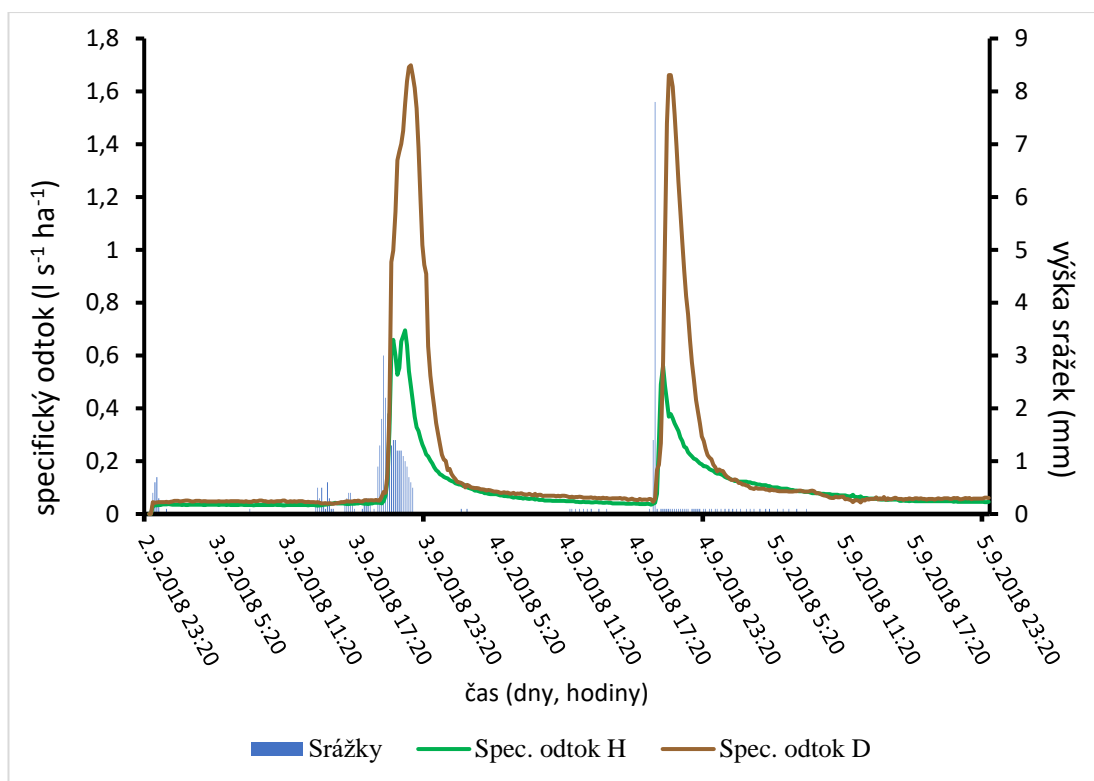
U obou sledovaných specifických odtoků Bedřichovského potoka byla v měsíci září zaznamenána převážně stabilita (Obr. 4.13). Ke dvěma výkyvům specifických odtoků došlo pouze při srážkových epizodách ve dnech 03.09.2018 a 04.09.2018 (Obr. 4.14).



Obr. 4.14: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.09.2018 do 30.09.2018.

#### 4.11 Významné srážkové epizody v měsíci září 2018

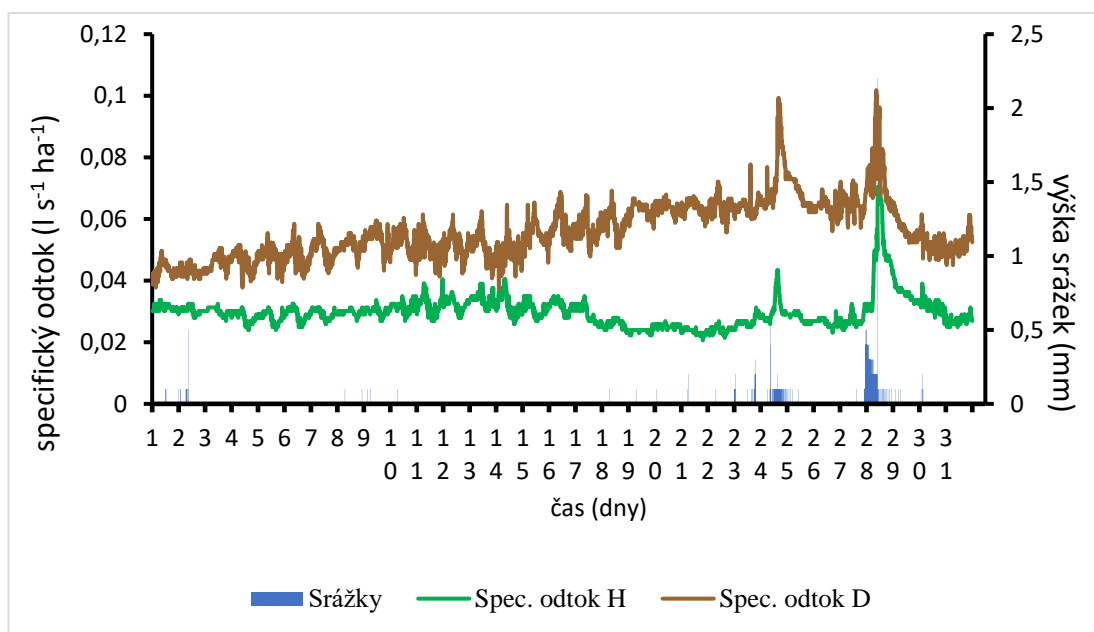
Znázorněné srážkové epizody (Obr. 4.15) v prvním týdnu měsíce září 2018 zachycují zvýšení obou sledovaných specifických odtoků během srážkových epizod ve dnech 03.09.2018 a 04.09.2018, přičemž u obou srážkových událostí překonal dolní specifický odtok specifický odtok horní více než dvojnásobně.



Obr. 4.15: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 02.09.2018, 23:20 hodin do 05.09.2018, 23:20 hodin.

#### 4.12 Přehled srážek a specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v měsíci říjnu 2018

V měsíci říjnu 2018 byly zaznamenány jen sporadické srážky s celkovým úhrnem 36 mm/m<sup>2</sup>/měsíc, což je o něco málo méně než dlouhodobý srážkový normál. Byly evidovány nepatrné rozdíly v naměřených hodnotách horního a dolního specifického odtoku (Obr. 4.16).



Obr. 4.16: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.10.2018 do 31.10.2018.

---

## 5 Diskuse

V této kapitole jsou rozebrány a diskutovány nejdůležitější výsledky a porovnány jednotlivé srážkové události za sledované období a jejich vliv na odtok v závislosti na krajinném pokryvu obou sledovaných subpovodí.

### 5.1 Porovnání průběhů vybraných srážkových epizod

Zmapováním zájmového území bylo zjištěno, že se obě sledovaná subpovodí svým krajinným pokryvem značně liší (Tab. 3.4). Nejvíce zastoupeným druhem krajinného pokryvu v subpovodí nad závěrovým profilem H je lesní porost (88,43 %) a travní porost (10,2 %), u nichž je vliv na zachycení vody v povodí patrný. Relativně malé zastoupení pak mají křoviny a lada (0,75 %) a zastavěné plochy (0,62 %). Naproti tomu v subpovodí nad závěrovým profilem D významné zastoupení krajinného pokryvu zaujímá travní porost (38,52 %) a lesy (38,44 %), následuje orná půda (13,2 %), která přispívá povrchovému odtoku vody z povodí a napomáhá tvorbě vodní eroze. Dále jsou zde zastoupeny křoviny a lada (4,68 %), zastavěné plochy (2,62 %) a mokřady (2,54 %). Lze tedy s poměrnou jistotou konstatovat, že rozdílnost krajinného pokryvu u obou sledovaných subpovodí zapříčiňuje také rozdílnou reakci povodí na srážkové události, a tím rozdílnou výši obou specifických odtoků při stejných srážkových úhrnech (Obr. 4.2).

Tento rozdíl je možné pozorovat již na Obr. 4.3, jenž znázorňuje měsíc duben 2018. Ačkoliv srážky byly v tomto měsíci pouze sporadické, pod dlouhodobým normálem a prakticky nezapříčinily zvýšení hladiny odtoků, spec. odtok D z důvodu sucha postupně klesal, zatímco spec. odtok H byl víceméně i přes období sucha konstantní. Prakticky stejná situace nastává na Obr. 4.11, kdy spec. odtok D vlivem suchého letního období zvolna klesá, avšak spec. odtok H si i přes absenci srážek udržuje konstantní výši. Například Budík a Budíková (2001) upozorňují na skutečnost, že závislost odtoku na srážkách není obecně lineární, což se právě v těchto případech potvrzuje. Jako vysvětlení reakce obou odtoků na suché epizody se nabízí právě rozdílnost vegetačního krytu obou povodí. Kemel (1996) uvádí, že zdravý a vzrostlý les má dostatečně tlustou vrstvu hrabanky a humusu a je tím pádem schopen pojmout a zachytit poměrně značné množství vody ze srážek, vodu vsáknout a s časovým zpožděním postupně dotovat vodní tok, a to i v období sucha. Také Kantor (2003) uvádí, že vrstvy lesní půdy mají mnohem vyšší infiltrační a retenční schopnost než zemědělská

---

půda, a to především díky velké pórovitosti těchto půd. S tímto tvrzením je možné se ztotožnit, jelikož retenční schopnost lesa je zřejmá a nezanedbatelná. Dále lze uvažovat, že zde svou roli hraje také kondenzace vzdušné vlhkosti především v nočních chladnějších hodinách, kdy na vegetaci a půdním povrchu vzdušná vlhkost kondenzuje a znovu se tak částečně infiltruje do půdy. Tento jev bude mnohem výraznější právě v lesních porostech, jelikož je zde mnohem větší vegetační povrch a menší výpar, zatímco na orné půdě a travních porostech k této kondenzaci dochází jen velmi málo, či dokonce vůbec.

Na Obr. 4.5 jsou znázorněny dvě srážkové epizody v měsíci květnu 2018, kdy první krátká, ale intenzivní srážka dosáhla výšky 14,4 mm. Prakticky ihned došlo k vzestupu obou specifických odtoků, avšak spec. odtok D se zvýšil skokově a podstatně více než spec. odtok H. S přihlédnutím k odlišnostem obou subpovodí lze odvodit, že razantní zvýšení spec. odtoku D je možné přičítat opět rozdílnosti vegetačního krytu a využití území. Zatímco v povodí před dolním závěrovým profilem voda rychle odtekla do vodního toku a infiltrovala se jen částečně, v povodí před horním závěrovým profilem byly vlivem lesního porostu srážky zachyceny vegetací a infiltrovány půdním povrchem mnohem účinněji. Následná krátká srážková událost znázorněna na témže obrázku dosáhla výšky jen cca 7 mm, ale i tentokrát následovalo skokové zvýšení obou specifických odtoků a u obou v podstatně větší míře než při předešlé srážce. Jak uvádí Matoušek (2010), infiltrace srážek do půdy je nerovnoměrná a její intenzita s časem klesá do okamžiku, dokud nenastane plné nasycení půdy. Po tomto plném nasycení půdy nastává povrchový odtok. Vzhledem k tomu, že již předešlá srážka značně snížila infiltrační kapacitu půdy v obou povodích, lze se patrně správně domnívat, že vyšší odtok po druhé srážkové události nastal z důvodu v té chvíli již značně vyššího nasycení půdy a snížené retenční schopnosti povodí.

Červen 2018 byl stejně jako květen srážkově nadprůměrný. Obr. 4.10 zachycuje vytrvalý déšť s délkou trvání více než 24 hodin, avšak malou intenzitou. Lidově řečeno se jedná o tzv. „zahradnický déšť“, kdy obecně dochází k vyšší a lepší infiltraci srážek do půdy. Již během trvání srážky došlo ke zvýšení obou specifických odtoků zhruba ve srovnatelné výši, následoval mírný pokles odtoků a opětovné zvýšení. Z této skutečnosti lze odvodit, že pokud srážky trvají delší časový úsek, rozdíl ve výši obou specifických odtoků se stírá a je tak minimální. Důvodem může být také jako v předešlém případě vysoká půdní vlhkost a následně vysoké, nebo i plné nasycení půdy v obou povodích, a to bez ohledu na krajinný pokryv. Také Čamrová (2007) uvádí, že při



---

dlouhotrvajícím dešti se postupně retenční schopnost krajiny zmenšuje tak, jak se půda nasycuje vodou. Pokud je tedy retenční kapacita v povodí nasycena, nastává povrchový odtok.

Vliv rozdílného krajinného pokryvu u obou povodí lze sledovat také kupříkladu ze situace na Obr. 4.12, kdy krátká srážková událost s hodnotou desetiminutového úhrnu celých 20,7 mm sice zapříčinila rychlé zvýšení obou specifických odtoků, avšak spec. odtok D se oproti spec. odtoku H zvýšil mnohem razantněji. Logicky lze odvodit, že v povodí před závěrovým profilem H má na tento jev vliv především rozdílnost krajinného pokryvu a využití území a s tím spojená intercepce lesního porostu čili zachytávání srážek vegetací. Ruda (2014) upřesňuje, že však vždy záleží na druhu porostu. V jehličnatých lesích je intercepce vyšší než v lesích listnatých a zároveň z lesního porostu probíhá nižší výpar než z travních porostů a orné půdy. Bíba a kol. (2010) uvádějí, že obecně lesní porosty významným způsobem zvyšují retenci srážek a přispívají k retardaci (zpoždění) odtoku. Retenční schopnost lesa je oproti jiným typům prostředí (např. travní porosty, pole) vyšší. Tato tvrzení se monitorováním obou specifických odtoků potvrzují. Dále se lze domnívat, že nejvíce negativní vliv na infiltraci srážek do půdy bude mít orná půda v povodí před závěrovým profilem D, zejména v období, kdy je bez porostu, porost není zapojený, či je po sklizni. Na holé půdě bez zapojeného porostu dochází při prudkých srážkách relativně rychle k povrchovému odtoku. Zimmermann a kol. (2010) uvádějí, že zapojený travní porost má průměrně o 10 % vyšší pórovitost než orná půda a má tak lepší půdní strukturu, což umožňuje plynulý vsak srážek.

## **5.2 Antropogenní vlivy**

Odtok může být ovlivněn celou řadou faktorů, mezi které patří změna land use, plocha a tvar povodí, geologická charakteristika, nadmořská výška a poloha povodí, klima, odvodnění, reliéf a v neposlední řadě také člověk. V povodí Bedřichovského potoka stejně jako v jiných oblastech byla v minulosti zaznamenána zejména změna druhové skladby lesa, změna způsobu hospodaření, meliorační zásahy do zemědělské krajiny a jiné. Převážně ve sledovaném subpovodí před závěrovým profilem D došlo v minulém století k nejrůznějším antropogenním úpravám nezanedbatelného rozsahu. Jedná se úpravy koryta toku, zejména jeho zpevnění a zkrácení říční sítě narovnáním, ale také o odvodnění zemědělských ploch. Otázkou tedy zůstává, do jaké míry a zda vůbec tyto úpravy pozitivně, či negativně ovlivnily odtokový režim ve sledovaném povodí. Lze

---

se domnívat, že právě výše zmíněné úpravy potočního koryta jsou jedním z důvodů vedoucích ke zvýšení specifického odtoku na závěrovém profilu D při srážkových událostech. Napřímené koryto znamená narušení výměny vody s krajinou, je zvyšován sklon částí toku a zkrácena dráha, kterou voda musí urazit. Výsledkem je tedy rychlejší odtok, což je možné pozorovat také v tabulce 3.3, ve které je porovnávána rychlost proudění vody při různé výšce odtoků v závěrových profilech. Lze tedy konstatovat, že čím je vyšší stav vody a rychlost jejího proudění, tím je zároveň vyšší unášecí schopnost vody, mechanické působení na morfologii koryta, přeneseně i na plochu povodí, pokud si uvědomíme, že stejný efekt musí působit i v ploše povodí, dokud se voda ještě nedostala do koryta. Svůj, i když mnohem méně významný podíl, mají jistě také zastavěné a zpevněné plochy v povodí. Ačkoliv se jedná o velmi malé procento z celkové rozlohy povodí (ze střech domů, silnic atp.), je dešťová voda rychle odvedena do vodního toku bez možnosti infiltrace do půdy, a tím je opět zvyšován odtok a jeho rychlost.

### **5.3 Návrh úprav ke zlepšení poměrů povrchového odtoku v malém povodí**

Povrchový odtok, jak již bylo uvedeno, vzniká, pokud je intenzita deště větší než infiltrační kapacita půdy. Vegetační kryt povodí ovlivňuje povrchový odtok pozitivně i negativně, vždy záleží na konkrétním druhu vegetace. Jako nejvhodnější krajinný pokryv se z dosažených výsledků z hlediska povrchového odtoku jeví lesní porost. Oproti tomu zemědělsky využívané plochy orné půdy bez dostatečného zapojení pěstovaných plodin chránících půdní povrch jsou považovány za velmi nepříznivé. Jinak je tomu u travního porostu. Ten je pokládán z hlediska snížení rychlosti odtoku vody v povodí za velmi vhodný, jelikož má značnou drsnost, čímž dochází ke zmenšení rychlosti odtoku a zvýšení infiltrace a zároveň ke snížení okamžitého povrchového odtoku. Nelze však veškerou ornou půdu proměnit na trvalé travní porosty či lesy. Například Vopravil a kol. (2011) radí, že k předcházení tvorby povrchového odtoku na orné půdě by měla být dodržována protierozní opatření, rovněž zásady správné zemědělské praxe. Jedná se zejména o vyloučení pěstování širokořádkových plodin na svazích se sklonem 7° a vyšším. K tomuto návrhu se lze přiklonit z důvodu, že negativní vliv širokořádkových plodin na tvorbu povrchového odtoku je obecně znám. Z pěstovaných plodin se v zájmovém území proto jako nejméně vhodná plodina jeví kukuřice. Jako agrotechnické opatření omezující povrchový odtok je možné mezi řádky plodiny vytvořit za pomoci zemědělské techniky hluboké rýhy, hrázky atp. s

---

cílem zabránit odtoku vody ze svahu. Případně se jeví jako vhodná alternativa využití podsevu krycí plodinou, a tím povrchový odtok omezit. Obecně by také bylo vhodné v osevním postupu využití ozimých plodin, dvou a víceletých plodin a píce, jetelovin a luskovin, aby byla půda co nejkratší časový úsek holá. Dalším dílčím postupem k omezení povrchového odtoku jsou vhodná agrotechnická opatření směřující ke zlepšení retenční schopnosti zemědělské půdy, například zvýšení obsahu organické hmoty v půdě, snížení použití pesticidů, insekticidů a herbicidů, snížení utužení půdy atd.

Dále se jako vhodná opatření jeví v podobě zasakovacích pásů, jamek, mezí či zatravnění údolnice. Zajímavým opatřením jsou i tzv. průlehy přímo v ploše pole. Jsou to velmi mělká a široká údolíčka orientovaná po vrstevnicích, kde se voda zadrží, dokud se nevsákne. Nabízí se také případné zvažování revitalizace toku nad závěrovým profilem D, resp. jeho zpevnění a narovnané části, dále návrat k co nejpřirozenějšímu stavu koryta toku. Vhodné je také přehodnotit rozsah odvodňovacích systémů a odstranit nepotřebná a nefunkční zařízení.

---

## Závěr

Tato diplomová práce se zabývala problematikou vlivu rozdílného hospodaření a krajinného pokryvu na odtok vody z vytyčeného malého povodí. V kapitole Metodika byla představena jedna z možností měření průtoku povrchových vod ve vodním toku. Bylo posouzeno množství odtékající vody povrchovým odtokem z vytyčených malých povodí v závislosti na srážkových úhrnech a druhu krajinného pokryvu. Byl tak popsán i analyzován srážko-odtokový proces v těchto povodích v období od dubna do října roku 2018.

Pokud bychom měli zhodnotit data, která jsou dispozici, tak největší úhrn srážek ve sledovaném území byl zaznamenán v měsíci červnu. Oba sledované specifické odtoky kulminovaly shodně také v měsíci červnu, kdy na povodí Bedřichovského potoka dopadlo 191,1 mm srážek. Celkově byl rok 2018 srážkově nadprůměrný, avšak rozdíly úhrnu srážek v jednotlivých měsících markantní.

Z celkových výsledků této diplomové práce vyplývá, že specifický odtok z povodí s lesním pokryvem je obecně nižší a pomalejší než odtok vody z povodí s mozaikou ploch orné půdy, lesů, luk a zastavěného území. Je to dáno především intercepčí a zvýšenou drsností povrchu lesního pokryvu povodí. Vegetační kryt povodí hraje významnou roli při zadržování, změně rychlosti povrchového odtoku a množství odpařené vody (podstatnou roli hraje evapotranspirace korun stromů). Zásadní v tomto ději je, že les vypařuje vodu, kterou nasává kořeny stromů z poměrně hlubokých půdních horizontů. Lesní pokryv povodí snižuje a zpomaluje odtok především při krátkodobých výrazných srážkových epizodách a zároveň pomáhá udržet stabilní odtok vody z krajiny i při epizodách sucha. Naopak zejména orná půda vykazuje nižší infiltrační kapacitu spojenou se zvýšením rychlosti a objemu povrchového odtoku.

Obecně výsledky ukazují na důležitost vegetace v krajině pro její hydrologické vlastnosti.

---

## Seznam použité literatury

BÍBA, M., K. VÍCHA, M. JANOVÁ a JARABÁČ, 2010. Obnova lesa v experimentálním povodí Červík a její vliv na odtokový proces. Zprávy lesnického výzkumu = Reports of forestry research.

BLAŽEK, Vladimír, NĚMEC, Jan a Josef HLADNÝ, ed., 2006. Voda v České republice. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult. ISBN 80-903482-1-1.

BLAŽKOVÁ, Šárka. Srážkoodtokové modelování založené na principu jednotkového hydrogramu. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 1993. Práce a studie. ISBN 80-901181-3-5.

BOHÁČ, Pavel a Jaroslav KOLÁŘ. Vyšší geomorfologické jednotky České republiky. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 1996. Geografické názvoslovné seznamy OSN. ISBN 80-901212-7-6.

BRÁZDIL, R., TRNKA, M. a kol., 2015: Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Brno. Centrum výzkumu globální změny, Akademie věd České republiky. Historie počasí a podnebí v českých zemích, svazek XI. 400 s.

BRUTSAERT, W.: Hydrology: An introduction. 1st ed. New York: Cambridge University Press, 2005, 618 s. ISBN 052-153-186-1.

BUDÍK L., BUDÍKOVÁ M., 2001: Statistické zpracování měsíčních a ročních srážkových a odtokových charakteristik povodí řeky Moravy. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 118 s. ISBN 80-85813-81-5.

CUDLÍN, P. a kol.: Příčiny snížení vodohospodářské funkce lesa v krajině. Závěrečná zpráva úkolu VaV 610/2/98, DÚ 01/07. České Budějovice, Ústav ekologie krajiny AV ČR, 1999, 84 s.

ČAMROVÁ, Lenka. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku, 2007. ISBN 978-80-86684-48-2.

ČERNÝ, Tomáš. Model intercepce dešťových srážek smrkového porostu na Šumavě.

---

DAVIE, Tim and QUINN, Nevil. Fundamentals of Hydrology, 3rd edition. Taylor & Francis Ltd, 2019. ISBN: 9780415858700.

DUMBROVSKÝ, Miroslav. Pozemkové úpravy. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 8021426683.

FISCHER, D., SVOBODA, A., SVOBODOVÁ, J. Podklady pro plán péče EVL Bedřichovský potok. Implementace a péče o území soustavy Natura 2000 v Jihočeském kraji 2009-2013. Litvínov. Sdružení Jižní Čechy NATURA 2000, 2011. Inventarizační průzkum hydrologie.

GEBAUER, Roman. Metodika sledování vitality lesních ekosystémů vystavených suchu k podpoře trvale udržitelného lesnictví: recenzovaná metodika. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-469-3.

HRÁDEK, František; KUŘÍK, Petr. Hydrologie. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 80-213-0950-4.

CHÁBERA, Stanislav, ed. Přírodní poměry Novohradských hor a jejich podhůří. České Budějovice: Pedagogická fakulta, 1972.

JANDÁK, Jiří, Eduard POKORNÝ a Alois PRAX. Půdoznalství. Vyd. 3., přeprac. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-445-7.

KANTOR, Petr. Lesy a povodně: souhrnná studie. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. ISBN 80-7212-255-x.

KASPRZAK, K a kol.: Vliv některých zemědělských plodin na povrchový odtok z deště. In: Hydrologická bilance a možnosti zvyšování složek retence a akumulace vody. Sborník přednášek. Praha, ČZU – VÚMOP, 1998.

KEMEL, M. Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996. 289 s. ISBN 80-01-01456-8.

KLIMO, Emil. Lesnická ekologie. Vyd. 2. nezměn. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-499-6.

---

KOLAŘÍK, Jaroslav. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. Vlašim: ČSOP Vlašim, 2005. Metodika (Český svaz ochránců přírody). ISBN 80-86327-44-2.

KOLLÁROVÁ, Maria. Zásady pro obhospodařování trvalých travních porostů. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2007. ISBN 978-80-86884-20-2.

KOPÁČEK, Jaroslav, Jan BEDNÁŘ a Michal ŽÁK. Jak vzniká počasí. Vydání druhé, rozšířené a upravené. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4423-3.

KRÁSNÝ, Jiří. Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. Praha: Česká geologická služba, 2012. ISBN 978-80-7075-797-0.

KŘÍŽ, Hubert. Hydrologie podzemních vod: vysokoškolská učebnice pro studenty přírodovědeckých fakult vysokých škol. Praha: Academia, 1983.

KUBEŠ, Jan, ed. Krajina Novohradských hor: fyzicko-geografické složky krajiny. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2004. ISBN 80-7040-757-3.

KUTÍLEK, Miroslav. Půda planety Země. Praha: Dokořán, 2012. Bod (Dokořán). ISBN 978-80-7363-212-0.

LILLESAND, Thomas M. a Ralph W. KIEFER. Remote sensing and image interpretation. 4th ed. New York: John Wiley, c2000. ISBN 0-471-25515-7.

MACOUNOVÁ, A. (2007): Problematika určení evapotranspirace. Bakalářská práce. PřF UK, Praha, 53 s.

MATOUŠEK, Václav. Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2010. ISBN 978-80-87402-08-5.

Metodická příručka: Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. Státní fond životního prostředí. Asociace čistírenských expertů České republiky, 2009.

PAČES, Tomáš. Voda a Země. Praha: Academia, 1982. Cesta k vědě (Academia), 174 s.

---

PAUL, M.J., MEYER, J.L. (2001). Streams in the urban landscape. Annual Review of Ecology and Systematics, Institute of Ecology, University of Georgia.

PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, Renata a Jindřich FRAJER. Základy fyzické geografie 1: Hydrologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3843-6.

Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. Diplomová práce.

PRUPPACHER, H. R., and J. D. Klett, 1997: Microphysics of Clouds and Precipitation. 2nd ed. Kluwer Academic, 954 pp.

RYCHNOVSKÁ, M. a kol.: Ekologie lučních porostů. Praha, Academia, 1985, 292 s.

SALAČ, Jan. Infiltrace - elementární hydrologický proces. Brno, 2016. 70 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.

SIMON, Ondřej a Martin SUCHARDA. Vliv hospodaření v krajině na průběh a účinek povodní: přehled problémů a doporučená opatření. Brno: Hnutí Duha, 2004. ISBN 80-868-3404-2.

SMAKHTIN, V. U.: Low flow hydrology: a review. Journal of Hydrology 240, 2001, s. 147-186.

SOUKUP, Mojmír, HRÁDEK, František. Optimální regulace povrchového odtoku z povodí. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. 1999. ISSN 1211-3972, 98 s.

SOUKUPOVÁ, J. (2011). Atmosférické procesy: (základy meteorologie a klimatologie). Vyd. 6. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2234-9.

STARÝ, M. Hydrologie. Studijní opora M01. Brno: VUT. 2005, 213 s.

ŠEFRNA, L. Půdy Novohradských hor.- in.: Kubeš, J. Krajina novohradských hor. Fyzicko-geografické složky krajiny. Jihočeská univerzita. Pedagogická fakulta, 2004.

TLAPÁK, V. a kol.: Voda v zemědělské krajině. Praha, Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992, 320 s.



---

TOLASZ, Radim. Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.

TOMÁŠEK, Milan. Půdy České republiky. 5., upr. a dopl. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2014. ISBN 978-80-7075-861-8.

VOPRAVIL, Jan a kolektiv autorů. Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině: (metodický postup). Praha: VÚMOP, 2011. ISBN 978-80-87361-06-1.

VYSOUDIL, M. (2013): Základy fyzické geografie 1, Meteorologie a klimatologie. Palackého Univerzita v Olomouci, 110 s.

WARD, R.C., ROBINSON, M.: Principles of hydrology, 3rd ed. McGrawHill, New York, 1990. In: LACEY, G.C., GRAYSON, R.B.: Relating baseflow to catchment properties in south-eastern Australia. Journal of Hydrology 204, 1998, s. 231-250.

ZIMMERMANN, P., TASSER, E., LEITINGER, G. and TAPPEINER, U. (2010): Effects of land-use and landcover pattern on landscape-scale biodiversity in the European Alps. Agriculture, Ecosystems and Environment, No 139, (1-2) pp13-2.

ŽALUD, Zdeněk. Bioklimatologie. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-189-5.

---

## Seznam internetových zdrojů

AOPK ČR. PP Bedřichovský potok. Maloplošná zvláště chráněná území. [online]. 2014. [cit. 01.03.2021] Dostupné z: [https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW\\_ONE=1&ID=14267](https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW_ONE=1&ID=14267)

Český hydrometeorologický ústav. Monitoring půdního a klimatického sucha. Portál ČHMÚ: Home [online]. Copyright © 2019 [cit. 11.03.2021]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/prezentace\\_a\\_vyuka/METEOROLOGIE/18\\_monitoring\\_sucha\\_v1.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/prezentace_a_vyuka/METEOROLOGIE/18_monitoring_sucha_v1.pdf)

Český hydrometeorologický ústav. Runoff Processes: International Edition. Portál ČHMÚ: Home [online]. Copyright © 2010 [cit. 26.02.2021]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff\\_cz/index.htm](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/index.htm)

Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický. Meteorologický slovník [online]. Copyright © 2017 [cit. 09.03.2021]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/3560>

FIALA, Josef. Hospodářský a ekologický význam travních porostů | Úroda | Aktuality z rostlinné produkce a zemědělského výzkumu [online]. 2001 [cit. 02.02.2021]. Dostupné z: <https://www.uroda.cz/hospodarsky-a-ekologicky-vyznam-travnich-porostu/>

FUČÍK, Petr, ZAJÍČEK, Antonín. Srážko-odtokový režim jako hlavní faktor pro vyplavování pesticidních látek zemědělskými drenážemi. SZÚ [online]. Copyright © 2017 [cit. 18.03.2021]. Dostupné z: [http://www.szu.cz/uploads/documents/szu/akce/materialy/10.10.2017/Fucik\\_srazko\\_odtokovy\\_rezim.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/szu/akce/materialy/10.10.2017/Fucik_srazko_odtokovy_rezim.pdf)

Quittova klasifikace podnebí. Klimatické poměry ČR [online]. 2009, č. 5 [cit. 11.02.2021]. Dostupné z: [http://www.herber.kvalitne.cz/FG\\_CR/klima.html](http://www.herber.kvalitne.cz/FG_CR/klima.html)

Ruda, A. 2014. Klimatologie a hydrogeografie pro učitele | Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity [online]. Copyright © 2014 Masarykova univerzita [cit. 01.03.2021]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz\\_geogr/web/index.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/index.html)

---

Smolka Václav (2013): Jak vzniká a vypadá rosa, jíní nebo jinovatka | In-počasí. Počasí - předpověď počasí, aktuální informace | In-počasí [online]. Copyright © 2021 [cit. 05.03.2021]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/rosa-jini-jinovatka/>

Tarboton, D. G. (2003): Rainfall – runoff processes. A workbook to accompany the Rainfall – Runoff Processes Web module. [online]. Copyright © [cit. 01.03.2021]. Dostupné z: <https://hydrology.usu.edu/rrp/pdfs/RainfallRunoffProcesses.pdf>

UNUCKA, J. a kol., (2008): Modelování vlivu lesa na srážkoodtokové vztahy a vodní erozi s pomocí GIS. Vodní hospodářství, 08, č. 7, GISAK [online]. Copyright © [cit. 05.03.2021]. Dostupné z: [http://gisak.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2008/sbornik/Lists/Papers/069.pdf](http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2008/sbornik/Lists/Papers/069.pdf)

---

## **Předpisy a normy**

ČSN 736530 Vodní hospodářství. Názvosloví hydrologie. Československá státní norma. Schválena 8. 11. 1983. Praha, 2000, č. 11, s. 5-27.

---

## Seznam obrázků

Obr. 1.1: Schéma srážko-odtokového procesu v povodí (Starý, 2005) .....	9
Obr. 1.2: Schéma odtokového procesu (dle ČSN 73 6511) .....	10
Obr. 1.3: Vztah mezi intenzitou deště, infiltrací a odtokem za podmínek, že je intenzita deště nižší či rovna rychlosti infiltrace (ČHMÚ, 2010) .....	13
Obr. 1.4: Vztah mezi intenzitou deště, infiltrací a odtokem za podmínek, že je intenzita deště vyšší než rychlost infiltrace (ČHMÚ, 2010) .....	14
Obr. 1.5: Složky celkového odtoku: 1- povrchový, 2- hypodermický, 3- podzemní, 4- celkový (Blažková, 1993) .....	15
Obr. 1.6: Složky přímého odtoku vody (ČHMÚ, 2010) .....	18
Obr. 1.7: Podíl zemědělských pozemků a nezemědělských pozemků v ČR k 31.12.2020 .....	21
Obr. 1.8: Rozčlenění zemědělských pozemků v ČR k 31.12.2020 (ČUZK, 2021) ...	24
Obr. 1.9: Porovnání odtoku a infiltrace v zalesněném a urbanizovaném povodí (SFŽP, 2009) .....	27
Obr. 1.10: Vliv tvaru povodí na odtok (ČHMÚ, 2010) .....	28
Obr. 1.11: Rozdíl sumy srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu v mm za duben až září 2018 (ČHMÚ, 2019) .....	30
Obr. 1.12: Znázornění intercepce (ČHMÚ, 2010) .....	32
Obr. 3.1: Bedřichovský potok nad profilem H (Fischer a kol., 2011) .....	41
Obr. 3.2: Bedřichovský potok nad profilem D (Fischer a kol., 2011) .....	41
Obr. 3.3: Krajinový pokryv v povodí Bedřichovského potoka (Katedra aplikované ekologie ZF JČU, 2020) .....	43
Obr. 3.4: Konsumpční křivka horní spec. odtok .....	45
Obr. 3.5: Konsumpční křivka dolní spec. Odtok .....	45
Obr. 4.1: Porovnání skutečných srážek (mm) v období od 01.04.2018 do 30.04.2018 a dlouhodobého srážkového normálu ve sledované lokalitě Bedřichovského potoka	47
Obr. 4.2: Porovnání horního a dolního spec. odtoku v období od 01.04.2018 do 31.10.2018 .....	48
Obr. 4.3: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> ) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.04.2018 do 30.04.2018. ....	49

---

---

Obr. 4.4: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledova-né lokality Bedřichovského potoka v období od 01.05.2018 do 31.05.2018. .....	50
Obr. 4.5: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledova-né lokality Bedřichovského potoka v období od 02.05.2018, 23:20 hodin do 05.05.2018, 23:20 hodin. ....	51
Obr. 4.6: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledova-né lokality Bedřichovského potoka v období od 21.05.2018, 23:40 hodin do 26.05.2018, 23:40 hodin. ....	52
Obr. 4.7: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledova-né lokality Bedřichovského potoka v období od 27.05.2018, 23:20 hodin do 30.05.2018, 23:20 hodin. ....	53
Obr. 4.8: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledova-né lokality Bedřichovského potoka v období od 01.06.2018 do 30.06.2018. .....	54
Obr. 4.9: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledova-né lokality Bedřichovského potoka v období od 11.06.2018, 23:20 hodin do 14.06.2018, 23:20 hodin. ....	55
Obr. 4.10: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledo-vané lokality Bedřichovského potoka v období od 26.06.2018, 23:20 hodin do 30.06.2018, 23:20 hodin. ....	56
Obr. 4.11: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledo-vané lokality Bedřichovského potoka v období od 01.07.2018 do 31.07.2018. .....	57
Obr. 4.12: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledo-vané lokality Bedřichovského potoka v období od 20.07.2018, 23:20 hodin do 21.07.2018, 23:20 hodin. ....	58
Obr. 4.13: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledo-vané lokality Bedřichovského potoka v období od 01.08.2018 do 31.08.2018. .....	59
Obr. 4.14: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledo-vané lokality Bedřichovského potoka v období od 01.09.2018 do 30.09.2018. .....	60

---

---

Obr. 4.15: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 02.09.2018, 23:20 hodin do 05.09.2018, 23:20 hodin. ....	61
Obr. 4.16: Srážky (mm) a specifické odtoky (l s-1 ha-1) z horního a dolního subpovodí sledované lokality Bedřichovského potoka v období od 01.10.2018 do 31.10.2018. ....	62

---

---

## Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Údaje o zájmovém území Bedřichovského potoka.....	36
Tabulka 3.2: Údaje o klimatických poměrech zájmového území .....	39
Tabulka 3.3: Porovnání rychlosti vody na závěrových profilech při různé výšce odtoků .....	40
Tabulka 3.4: Rozlohy krajinných prvků ve sledovaném povodí.....	42
Tabulka 4.1: Souhrnný přehled srážek, specifického odtoku z horního a dolního subpovodí v období duben až říjen 2018 a dlouhodobý normál srážek.....	47

---