

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geografie a kartografie



**Jan Váňa**

**HODNOCENÍ EXTRÉMNÍCH SRÁŽKO-  
ODTOKOVÝCH SITUACÍ V EXPERIMENTÁLNÍCH  
POVODÍCH V JIZERSKÝCH HORÁCH**

EVALUATION OF EXTREME RAINFALL-RUNOFF SITUATIONS IN  
EXPERIMENTAL CATCHMENTS IN JIZERSKÉ MTS.

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce/Školitel: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Praha, 2011

## **Zadání bakalářské práce**

### **Název práce**

Hodnocení extrémních srážko-odtokových situací v experimentálních povodích v Jizerských horách

### **Cíle práce**

Cílem práce je zhodnotit extrémní srážko-odtokové situace ve vybraných experimentálních povodích ČHMÚ v Jizerských horách v hydrologickém roce 2009. Na detailních rozborech jednotlivých událostí zhodnotit vliv rozdílných geografických podmínek v jednotlivých povodích na průběh odtoku.

### **Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje**

Bude provedena rešerše literatury na dané téma.

Pomocí hydrologických statistických metod budou podrobně zpracovány vybrané hydrologické události v zájmovém území, důraz bude kladen na porovnání jednotlivých povodí mezi sebou a určení vlivů geografických podmínek na rozdíly ve srážko-odtokových vztazích na jednotlivých povodích.

Zájmovým územím je sedm experimentálních povodí ČHMÚ v Jizerských horách.

Jsou poskytnuta data z těchto povodí - průtoky v závěrových profilech a data ze srážek a teplot v zimním i letním období za hydrologický rok 2009.

Datum zadání: 16.11.2010

Jméno studenta: Jan Váňa

Podpis studenta: .....

Jméno vedoucího práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Podpis vedoucího práce: .....

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité informační zdroje a literaturu řádně citoval. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Jsem si vědom toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

Ve Svinčanech dne 20. srpna 2011

.....

Jan Váňa

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce RNDr. Miroslavu Šobrovi, Ph.D. za věnovaný čas, cenné rady a připomínky a za ochotnou pomoc při shánění dat. Děkuji také pracovišti ČHMÚ v Jablonci nad Nisou za zapůjčení dat pro účel zpracování v této BP. Dále pak bych chtěl poděkovat Martinovi Jankovskému za pomoc s překlady anglických textů. V neposlední řadě patří obrovský dík také mé přítelkyni Denise Hlínové za pomoc při tvoření formální úpravy práce a za psychickou podporu v průběhu celého jejího vytváření a všem členům mé rodiny za všestrannou podporu v průběhu celého studia.

# Hodnocení extrémních srážko-odtokových situací v experimentálních povodích v Jizerských horách

## Abstrakt

Cílem této práce je zhodnotit extrémní srážko-odtokové situace ve vybraných experimentálních povodích ČHMÚ v Jizerských horách v hydrologickém roce 2009. Na detailních rozbořech jednotlivých událostí zhodnotit vliv rozdílných geografických podmínek v jednotlivých povodích na průběh odtoku. V úvodu práce se věnuji vymezení zájmového území a základní charakterizaci jeho fyzicko-geografických podmínek. Podrobněji popisují poměry zájmové oblasti, které se zásadním způsobem podílejí na vzniku extrémních průtokových situací. Jádrem celé práce je její rešeršní část. Byla provedena rešerše literatury na dané téma. Zpracoval jsem v ní podmínky vzniku a průběhu extrémních srážko-odtokových situací. Tyto teoretické poznatky jsem použil v části praktické, kde jsem provedl podrobný rozbor třech vybraných hydrologických událostí. Jedná se o povodně vzniklé jarním táním sněhových srážek, o povodně bleskové způsobené přivalovými dešťovými srážkami a o povodně zapříčiněné dešti dlouhodobého charakteru. Na základě získaných výsledků popisují vliv rozdílných geografických podmínek v jednotlivých sedmi experimentálních povodích ČHMÚ v Jizerských horách na průběh odtoku. Čtenář této práce by měl být názorně a podrobně seznámen s územím zájmové oblasti po geografické stránce. Zároveň by měl snadno porozumět problematice extrémních srážko-odtokových situací. Získané teoretické poznatky pak může ihned aplikovat na vybrané skutečné modelové ukázky jednotlivých hydrologických událostí zpracovaných pro oblast zájmového území.

**Klíčová slova:** extrémní srážko-odtokové situace, povodňové události, malá experimentální povodí, geografické podmínky

## Title of Thesis

### Abstract

One of the aims of my dissertation is to evaluate extreme rainfall – runoff conditions in elected experimental basins of Czech Hydrometeorological Institute in region of Jizerské hory in hydrometeorological period 2009. I would like to evaluate effect of different geographical conditions in particular basins in the course of one year in details analysis of individual events. I pay attention to define model territory and basic description of his physical – geographical condition in introduction of my dissertation. I describe conditions of model area detailed, because this conditions are involved in formation of extreme flowing situations. Summary of this dissertation build up base of my dissertation. Summarization of bibliography was exetuted assigned subject. I composed generate and rainfall - runoff conditions of rainfall – runoff situations in my dissertation. This teoretical knowledges were used in practical section where I showed detailed analysis of three chosen hydrological events. It regards floods, which include spring snow melting, flash flood rised to rainfall downfalls and generated rainfalls long-range character. I describe impact of different geographical conditions at base of obtained results in each of seven experimental basins of Czech Hydrometeorological Institute in the course of runoff in Jizerské hory. Reader of this dissertation should be introduced model area in geographical point of wiew. He should be also able to made sense of issue extreme rainfall – runoff conditions. He can apply obtained teoretical knowledges to demonstrate real models of individual hydrological events, which were adapted in case of model area.

**Keywords:** extreme rainfall-runoff situation, flood events, small experimental basin, geographic condition

## OBSAH

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>8</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Vymezení a popis zájmového území .....</b>	<b>11</b>
<b>2 FYZICKO-GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Geografická poloha .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Geologické poměry .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Geomorfologické poměry .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Klimatické poměry .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Hydrologické poměry.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6 Pedologické poměry .....</b>	<b>25</b>
<b>2.7 Biogeografie a zoogeografie.....</b>	<b>27</b>
<b>2.8 Ochrana přírody .....</b>	<b>28</b>
<b>3 EXTRÉMNI SRÁŽKO-ODTOKOVÉ SITUACE .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Povodí jako území vzniku extrémních srážko-odtokových situací.....</b>	<b>32</b>
3.1.1 Definice povodí.....	32
3.1.2 Charakteristiky povodí ovlivňující extrémní srážko-odtokové situace .....	32
3.1.2.1 Tvar povodí .....	32
3.1.2.2 Uspořádání říční sítě povodí .....	32
3.1.2.3 Velikost povodí .....	33
3.1.2.4 Geografická poloha povodí .....	33
<b>3.2 Atmosférické srážky jako hlavní tvůrce extrémních srážko-odtokových situací.....</b>	<b>34</b>
3.2.1 Vznik a definice atmosférických srážek.....	34
3.2.2 Dělení atmosférických srážek s ohledem na extrémní srážko-odtokové situace .....	34
3.2.2.1 Dělení atmosférických srážek dle původu .....	34
3.2.2.2 Dělení atmosférických srážek dle formy a intenzity .....	34
<b>3.3 Povodeň jako výsledek extrémních srážko-odtokových situací .....</b>	<b>36</b>
3.3.1 Definice povodně .....	36
3.3.2 Vznik povodně .....	36
3.3.3 Průběh povodně.....	37
3.3.4 Dělení povodní.....	37
3.3.5 Datování povodní.....	37

3.3.6 Předpověď povodní .....	38
<b>3.4 Činitelé ovlivňující odtok s ohledem na vznik extrémních srážko-odtokových situací a následných povodní.....</b>	<b>39</b>
3.4.1 Geografická poloha .....	39
3.4.2 Orografické poměry .....	39
3.4.3 Geologické poměry .....	40
3.4.4 Pedologické poměry .....	40
3.4.5 Klimatické poměry .....	41
3.4.6 Vegetační pokryv .....	42
3.4.6.1 Lesní porosty – regulátor povodní .....	42
3.4.7 Retenční schopnost vodních nádrží, bažin, rašelinišť a mokřadů .....	43
3.4.7.1 Vodní nádrže .....	43
3.4.7.2 Bažiny, rašeliniště, mokřady .....	43
3.4.8 Antropogenní ovlivnění krajiny .....	44
<b>3.5 Shrnutí.....</b>	<b>45</b>
<b>4 ROZBOR A ZPRACOVÁNÍ VYBRANÝCH HYDROLOGICKÝCH UDÁLOSTÍ ROKU 2009 PRO ÚZEMÍ ZÁJMOVÉ OBLASTI VE VAZBĚ NA EXTRÉMNI SRÁŽKO-ODTOKOVÉ SITUACE .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 Metodika práce a zdroje dat .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2 Zpracování a dosažené výsledky.....</b>	<b>48</b>
4.2.1 Povodně sněhové.....	48
4.2.2 Povodně bleskové – z bouřek a přivalových srážek.....	53
4.2.3 Povodně z dešťů dlouhodobého charakteru .....	58
<b>5 DISKUSE A ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>67</b>
<b>6 ZÁVĚR.....</b>	<b>70</b>
<b>SEZNAM ZDROJŮ INFORMACÍ .....</b>	<b>71</b>
<b>Literatura.....</b>	<b>71</b>
<b>Internetové zdroje .....</b>	<b>73</b>
<b>Datové a mapové podklady .....</b>	<b>73</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>74</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vymezení zájmového území.....	11
Obr. 2 Geografická poloha zájmového území.....	13
Obr. 3 Geologické poměry zájmového území.....	15
Obr. 4 Klimatické poměry zájmového území .....	19
Obr. 5 Klimadiagram zájmového území – stanice Souš .....	20
Obr. 6 Hydrologické poměry zájmového území .....	23
Obr. 7 Pedologické poměry zájmového území .....	26
Obr. 8 Fytogeografické členění zájmového území.....	27
Obr. 9 Ochrana přírody v prostoru zájmového území.....	28
Obr. 10 Zóny ochrany přírody CHKO Jizerské hory v zájmovém území.....	29
Obr. 11: Oblasti zájmového území chráněné Naturou 2000 .....	30
Obr. 12 Teplota vzduchu na stanici Souš 10.4.2009 18:00 – 12.4.2009 12:00.....	48
Obr. 13 Průtok Černé Nisy 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00.....	49
Obr. 14 Průtok Blatného potoka 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00 .....	49
Obr. 15 Průtok Kamenice 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00.....	50
Obr. 16 Průtok Bílé Smědé 11.4.2009 0:00 –12.4.2009 12:00 .....	50
Obr. 17 Průtok Černé Smědé 11.4.2009 0:00 –12.4.2009 12:00 .....	51
Obr. 18 Průtok Černé Desné 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00 .....	51
Obr. 19 Průtok Jizerky 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00 .....	52
Obr. 20 Průtok Černé Nisy a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 3:00.....	53
Obr. 21 Průtok Blatného potoka a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 ..	54
Obr. 22 Průtok Kamenice a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 .....	54
Obr. 23 Průtok Bílé Smědé a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 .....	55
Obr. 24 Průtok Černé Smědé a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 .....	55
Obr. 25 Průtok Černé Desné a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 .....	56
Obr. 26 Průtok Jizerky a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 .....	56
Obr. 27 Průtoky vodních toků zájmového území v období 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00.....	57
Obr. 28 Průtok Černé Nisy a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00.....	59
Obr. 29 Průtok Blatného potoka a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00	60
Obr. 30 Průtok Kamenice a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 .....	61
Obr. 31 Průtok Bílé Smědé a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 .....	62
Obr. 32 Průtok Černé Smědé a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 .....	63
Obr. 33 Průtok Černé Desné a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 .....	64



Obr. 34 Průtok Jizerky a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 ..... 65  
Obr. 35 Průtoky vodních toků zájmového území v období 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00... 66

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Měřicí limnigrafické stanice zájmového území ..... 12  
Tab. 2 Zařazení zájmového území do geomorfologického členění ČR ..... 16  
Tab. 3 Srážkové úhrny na povodí zájmového území 28.5.2009 10:00 - 29.5.2009 19:00 ..... 58

# KAPITOLA 1

## ÚVOD

V současné době jsou jedním z nejdůležitějších a lidstvem nejžádanějších společných úkolů meteorologů a hydrologů předpovědi povrchových srážko-odtokových extrémů. Meteorologické a hydrologické extremity totiž způsobují každým rokem mnohé ztráty na lidských životech a značné materiální škody (Brázdil ... [et al.], 2005).

Fyzicko-geografické podmínky zásadním způsobem ovlivňují srážko-odtokové poměry dané oblasti. Jejich charakter předurčuje vznik a nastiňuje průběh průtokových extremit. Proto je pro každou oblast, ve které se monitorují a hodnotí povodňové události, nutná dobrá znalost těchto podmínek. V tomto kontextu uvádím fyzicko-geografický přehled zájmového území v této práci hned na začátku, v návaznosti na vymezení oblasti. Důraz je kladen především na ty FG faktory, které bezprostředně souvisí a hlavní měrou ovlivňují průtokové extrémy.

Detailní rozbor a rekonstrukce povodňových událostí proběhlých v minulosti jsou velice důležité. Na jejich základě je možné odhadovat a předpovídat budoucí výskyt hydrologických katastrof. Včasné varování před povodněmi společně se správně vybudovanou protipovodňovou ochranou můžou zachránit nemalé množství lidských životů a zabránit velkým hospodářským škodám. Z tohoto hlediska jsou povodně a protipovodňová ochrana, zpracovávané v různých hydrologických, ale i ostatních studiích, neustále aktuálním tématem.

### 1.1 Cíle práce

Tato práce se bude zabývat vznikem, průběhem a hodnocením extrémních srážko-odtokových situací.

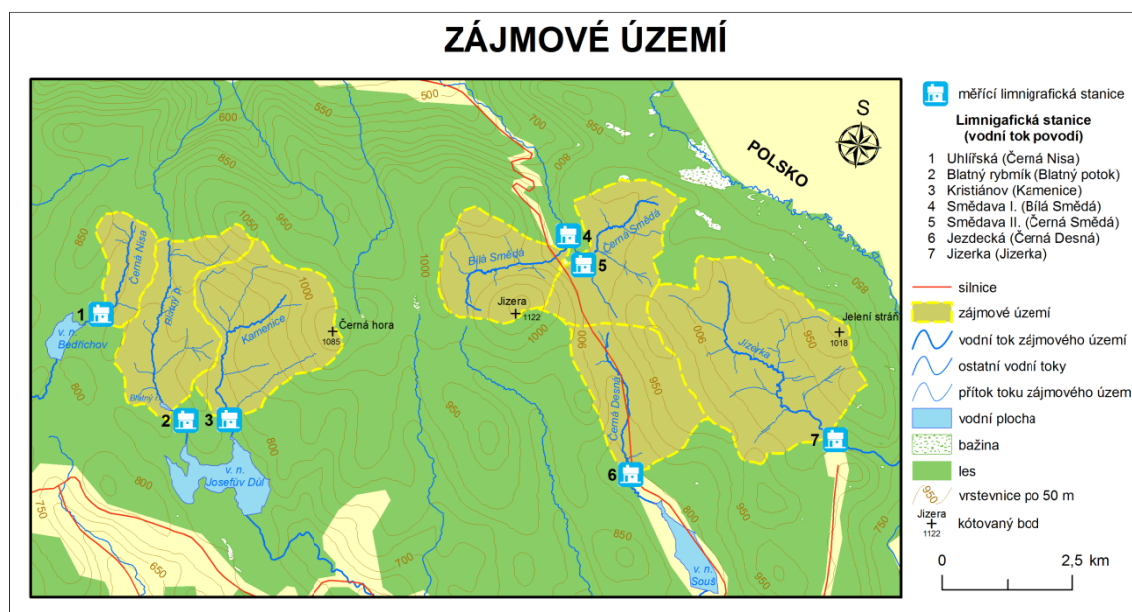
V teoretické části rešeršního charakteru budou popsány fyzicko-geografické poměry zájmové oblasti a dále všeobecné podmínky vzniku a průběhu povodňových událostí.

Cílem praktické části této BP bude tedy zhodnotit extrémní srážko-odtokové situace ve vybraných sedmi experimentálních povodích ČHMÚ v Jizerských horách v hydrologickém roce 2009. Na základě zvolených hydrologických událostí bude zhodnocen vliv rozdílných geografických podmínek v jednotlivých povodích na průběh odtoku.

## 1.2 Vymezení a popis zájmového území

Zájmovým územím je sedm malých experimentálních povodí v Jizerských horách. Celé území je pokryto účelově vybudovanou hustou sítí srážkoměrných, limnigrafických, sněhoměrných i klimatologických stanic. Provozovatelem povodí zájmového území je Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), oddělení hydrologického výzkumu. Správcem povodí, provádějící a zajišťující provoz zařízení, měření a prvotní zpracování dat, je pracoviště ČHMÚ Jablonec nad Nisou (Ducháček, Pobříslavá, Vajskebr, 2010).

Oblast zájmového území je vymezena povodím sedmi měřících limnigrafických stanic (viz tab. 1). Dvě z nich – Smědava I. (povodí Bílé Smědé) a Smědava II. (povodí Černé Smědé) jsou lokalizované v závěrových profilech sledovaných vodních toků – měření a analýzy jsou tedy proto prováděny na celých plochách povodí uvedených vodních toků. Ostatních pět stanic monitoruje části (horní + popř. střední toky) sledovaných řek. Jedná se o stanice Uhlířská (povodí Černé Nisy), Blatný rybník (povodí Blatného potoka), Kristiánov (povodí Kamenice), Jezdecká (povodí Černé Desné) a Jizerka (povodí Jizerky) (Ducháček, Pobříslavá, Vajskebr, 2010). Přehledný pohled na zájmové území poskytuje obr. 1.



Obr. 1 Vymezení zájmového území (zdroj: [www.dibavod.cz](http://www.dibavod.cz), ArcČR 500)

Zájmové území je horskou oblastí, krajinný pokryv na celém povrchu tvoří lesy. Na celém území došlo ke změně přírodního prostředí v důsledku zatížení krajiny vysokým spadem znečišťujících látek. Cílem práce ČHMÚ v této oblasti, která má radikálně změněný a stále se ještě měnící ekosystém, je podchycení měnících se klimatických poměrů a hydrologických procesů (Ducháček, Pobříslavá, Vajskebr, 2010). Získávání podkladů a budování pozorovacích zařízení započalo v této oblasti od roku 1981. Cílem bylo získání dat pro provedení kvantifikace odtokových změn v důsledku velkoplošného odlesnění. K výraznějším úpravám měřicí sítě došlo v letech 1989–1991, roku 1992 pak byly provedeny změny režimu odběru povrchových vod (Blažková, Kolářová ... [et al.], 1994).

**Tab. 1** Měřicí limnigrafické stanice zájmového území (zdroj: Ducháček, Pobříslavá, Vajskebr, 2010)

<b>Povodí toku</b>	<b>Měřicí limnigrafická stanice</b>	<b>Rozloha sledované části povodí (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Nadmořská výška měřicí limnigrafické stanice (m n. m.)</b>
Černá Nisa	Uhlířská	1,79	783
Blatný potok	Blatný rybník	5	756
Kamenice	Kristiánov	6,28	778
Bílá Smědá	Smědava I.	3,73	828
Černá Smědá	Smědava II.	4,63	842
Černá Desná	Jezdecká	4,78	788
Jizerka	Jizerka	10,27	859

## KAPITOLA 2

# FYZICKO-GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

### 2.1 Geografická poloha

Zájmové území leží v severovýchodní části Libereckého kraje. Je vymezeno zeměpisnými souřadnicemi  $50^{\circ} 48,5' - 50^{\circ} 51,5'$  s. z. š. a  $15^{\circ} 8,5' - 15^{\circ} 21,5'$  v. z. d. (ArcČR 500). Celé se nachází v oblasti Jizerských hor, které jsou nejseverněji položeným českým pohořím (Nevrlý ... [et al.], 1983). Tři ze sedmi zájmových povodí leží v západní části (Černá Nisa, Blatný potok a Kamenice), ostatní čtyři ve východní části Jizerských hor (Bílá Smědá, Černá Smědá, Černá Desná a Jizerka) (Ducháček, Pobříslavá, Vajskebr, 2010). Názornou představu o geografické poloze poskytuje obr. 2.



Obr. 2 Geografická poloha zájmového území (zdroj: [www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

## 2.2 Geologické poměry

Celá oblast všech sedmi experimentálních povodí je zasazena do oblasti Jizerských hor. V popisu geologické stavby zájmového území se proto objeví i některá všeobecná fakta společná jak pro oblast zájmového území, tak i pro celý horský masiv Jizerských hor. Dále zde v úvodu pro lepší srozumitelnost zazní společně s geologickým vývojem i několik informací týkajících se geomorfologického vývoje.

Zájmové území prošlo v minulosti několika horotvornými fázemi. Koncem období proterozoika (předprvohorní období) zde proběhlo tzv. assyntské vrásnění. Vytvořilo zde mohutné horstvo složené z metamorfovaných proterozoických hornin. Těmito horninami byly svory přecházející ve fylity s vložkami křemenců, erlanů, krystalických vápenců apod. Během dalších asi 200 milionů let bylo ovšem toto horstvo téměř zarovnáno a celá oblast Jizerských hor byla z velké části zaplavena mořem (Nevrlý ... [et al.], 1983).

Asi před 420 milióny lety, tj. koncem siluru, dochází v této oblasti k dalšímu vrásnění, tzv. kaledonskému. Jeho činností došlo k silnému ovlivnění a zkonsolidování dosavadního podkladu (proterozoické a paleozoické horniny) v pevný blok, který je dodnes základem geologické stavby území (Nevrlý ... [et al.], 1983).

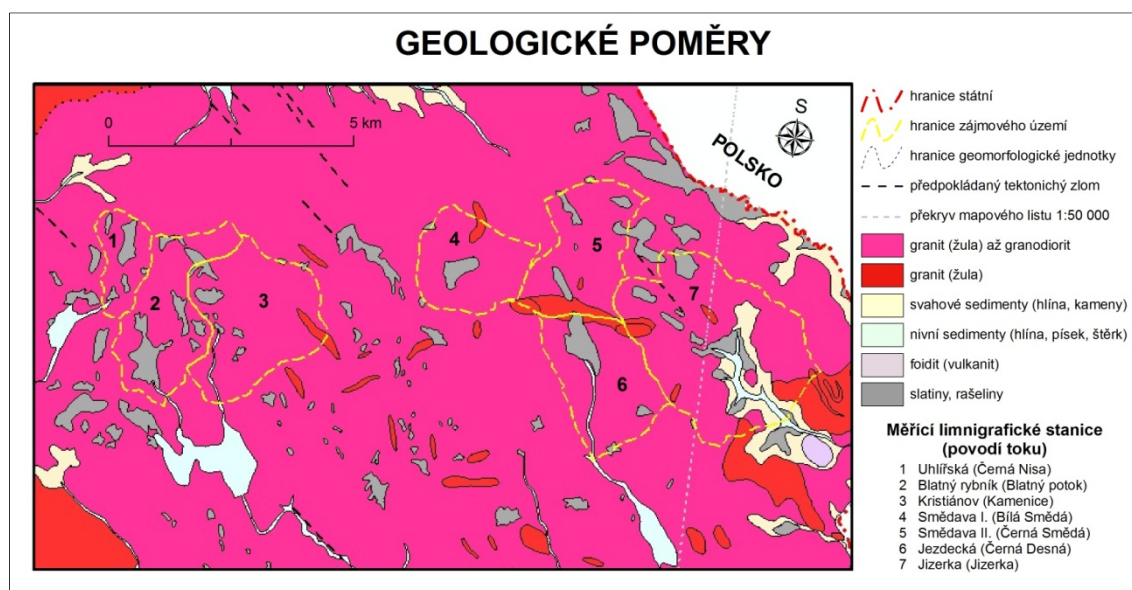
Současné tvary reliéfu byly vytvořeny až dvěma posledními geomorfologicky nejvýznamnějšími horotvornými pochody. Prvním z nich bylo hercynské vrásnění probíhající v mladších prvohorách. V této oblasti se jednalo o variskou větev tohoto vrásnění v tzv. sudetské fázi asi před 325 milióny lety. Jeho účinkem docházelo k vystupování žulového magmatu a vytvoření tzv. krkonošsko – jizerského plutonu. Druhým horotvorným pochodem byly saxonské pohyby ve třetihorách (Nevrlý ... [et al.], 1983).

Popisovaná oblast je součástí souvislého pásma českých severních pohraničních pohoří, která však z geologického hlediska nemají jednotnou stavbu (Karpaš ... [et al.], 2009). „Úsek jizerského horstva je součástí segmentu prvohorní obloukovité zóny obklopující na severu jádro Českého masivu“ (Karpaš ... [et al.], 2009, s. 106). Území je součástí velkého geologického celku označovaného s nejnovější platností od roku 2007 (poslední koncepce České geologické služby) pojmem lugikum (lugická oblast). Ten se používal i dříve, avšak v minulosti byl na téměř 80 let nahrazen pojmem „Sudetská soustava“ (Karpaš ... [et al.], 2009). Z tohoto velkého celku je vyčleněna geologická oblast krkonošsko – jizerského krystalinika a dále již konečně dílčí oblast, kterou je jizerský úsek (jizerské krystalinikum) (Mísař ... [et al.], 1983).

Oblast Jizerských hor lze z geologického hlediska označit pojmem „složitá regionální mozaika“, neboť zde na malém území nalezneme velké množství různě starých geologických tvarů. Jádrou oblastí Jizerských hor je žulový pluton, který je variského stáří. Označením pluton se rozumí těleso vyvěřelé horniny, které utuhlo procesem krystalizace pod zemským povrchem. Tímto procesem krystalizace se žulový pluton stal nedeformovanou a konsolidovanou částí Jizerských hor. Plášť plutonu tvoří horniny proměnlivého složení různého stupně metamorfizace. Takovými horninami jsou svory vzniklé v mladších starohorách (pouze malá část na severu pohoří), ortoruly (převažující horniny oblasti z období starších

prvohor), fylity a různé břidlice. V celé oblasti se vyskytují nevelké mladší vulkanity prostupující žulový pluton, které jsou však velice řídké rozmístěny (Karpaš ... [et al.], 2009).

Podle Mísaře ... [et al.] (1983) je v jizerském krystaliniku ze všech hornin nejvíce rozšířený výskyt ortorul, které se označují jako jizerské. Ortoruly se střídají s vložkami svorů a fylitů, které jsou podřízeny polohám amfibolitů a erlánů. „Jizerské ortoruly náleží několika faciálním typům – dvojslídým ortorulám, leukogranitům, biotitickým až dvojslídým žulorulám, křemen – turmalínickým horninám i greisenům (Mísař ... [et al.], 1983, s. 181).



Obr. 3 Geologické poměry zájmového území (zdroj: [www.nts5.cgu.cz](http://www.nts5.cgu.cz))

Dominantní horninou v geologické stavbě celého zájmového území, jak je patrné i z obr. 3, jsou granity (žuly), ve většině případů přecházející v granitodiority. Ve všech povodích je tato dominantní (z hlediska stáří nejstarší) jednotka pokryta poměrně rozsáhlými plochami slatiníšť a rašelinišť. V povodích Černé Nisy, Blatného potoka, Kamenice, Černé Desné a Jizerky nalezneme v korytech těchto řek usazené stálé nivní sedimenty, které v sobě obsahují hlínu, písek a štěrk. V povodí Jizerky se navíc ještě okolo nivních sedimentů vyskytují sedimenty svahové, vzniklé usazením hlíny a kamenů. V celém zájmovém území nenajdeme jediný vulkanit. Nejbližší se však nachází v těsném sousedství zájmové oblasti – JV směrem od limnigrafické stanice Jizerka ([www.nts5.cgu.cz](http://www.nts5.cgu.cz)).

## 2.3 Geomorfologické poměry

Celá oblast je z hlediska geomorfologického členění součástí základní geomorfologické jednotky (provincie) Česká Vysočina. Vznikla tzv. variským vrásněním v období mladších prvohor (Demek ... [et al.], 1965). Podrobné nejnovější zařazení do geomorfologického členění ukazuje tab. 2.

**Tab. 2 Zařazení zájmového území do geomorfologického členění ČR (zdroj: Balatka, Kalvoda, 2006)**

Geomorfologická jednotka	Označení	Název geomorfologické jednotky	Povodí toku
Subprovincie	IV	Krkonošsko-jesenická subprovincie	ČN, BP, K, BS, ČS, ČD, J
Oblast	A	Krkonošská oblast	ČN, BP, K, BS, ČS, ČD, J
Celek	6	Jizerské hory	ČN, BP, K, BS, ČS, ČD, J
Podcelek	B	Jizerská hornatina	ČN, BP, K, BS, ČS, ČD, J
Okrsek <sub>a</sub>	1	Smědavská hornatina	BS, ČS, K
Okrsek <sub>b</sub>	2	Soušská hornatina	ČD, J
Okrsek <sub>c</sub>	3	Polednická hornatina	ČN, BP, K
Podokrsek <sub>b1</sub>	a	Střední jizerský hřeben	J
Podokrsek <sub>b2</sub>	b	Zámecký hřbet	ČD, J
Podokrsek <sub>b3</sub>	c	Miliříská vrchovina	ČD
Podokrsek <sub>c1</sub>	a	Kristiánovská hornatina	BP, K
Podokrsek <sub>c2</sub>	b	Olivetská hornatina	ČN, BP

Vysvětlivky: Dolní indexy u typů geomorfologických jednotek na sebe navazují v pokračující posloupnosti (např. okrsek <sub>b</sub> -> podokrsek <sub>b1</sub> značí geomorfologickou jednotku 2a, což je Střední jizerský hřeben, který je součástí Soušské hornatiny).

Zkratky: ČN ... Černá Nisa, BP ... Blatný potok, K ... Kamenice, BS ... Bílá Smědá, ČS ... Černá Smědá, ČD ... Černá Desná, J ... Jizerka.

*Pozn.: Označení geomorfologických jednotek bylo převzato od autorů (Balatka, Kalvoda, 2006)*

Zájmové území patří tedy z hlediska geomorfologického členění do soustavy sudetské (Demek ... [et al.], 1965), tomuto celku odpovídá dnes užívané označení Krkonošsko-jesenická subprovincie (Balatka, Kalvoda, 2006). Tento celek je dlouhou vyzdviženou krou hrást'ovité stavby, na okrajích omezenou soustavami zlomů. Geologická stavba je složitá, reliéf velice různorodý. Průběh soustavy je směrem SZ – JV. Současné geomorfologické tvary reliéfu se vyvinuly ve třetihorách saxonskými tektonickými pohyby (Demek ... [et al.], 1965).

Na tomto místě uvedu obecnou charakteristiku celku Jizerské hory (IV-A-6) s ohledem na fakta týkající se zájmového území, následně se budu věnovat jednotlivým geomorfologickým celkům zasahujícím do zájmové oblasti.

„Dnešní povrchové tvary Jizerských hor jsou výsledkem dlouhodobého působení subaerických procesů (od doby mladšího paleozoika), při nichž došlo k obnažení žulového jádra a ke vzniku zarovnaného povrchu“ (Demek ... [et al.], 1965, s. 95). Pohoří vzniklo během saxonských tektonických pohybů v miocénu až pliocénu vyzdvižením jako hrástě (podél zlomových linií) výrazně vysoko nad své okolí. Těmito zdvihy byla vyvolána intenzivní zpětná



eroze vodních toků, dosud však nepostoupila příliš hluboko do nitra pohoří. Jizerské hory se vyznačují polygenetickým vývojem reliéfu, geomorfologické tvary mají různou genezi i stáří (Demek ... [et al.], 1965).

Z geomorfologického hlediska lze v Jizerských horách odlišit tzv. jizerskou planinu, pro kterou jsou typické ploché klenbovitě kupy. Ta leží na západ od jizerských hřbetů, protažených v jihovýchodním směru (např. Střední jizerský hřeben v povodí Jizerky). Celkový sklon pohoří je jižním a jihozápadním směrem, který je v souladu se směrem odvodňování (Demek ... [et al.], 1965). „Základním prvkem reliéfu Jizerských hor jsou rozsáhlé plošinné tvary s širokými údolními depresi, oživené zaoblenými hřbety a izolovanými elevacemi rázu plochých kup“ (Demek ... [et al.], 1965, s. 94).

Pro centrální část pohoří jsou příznačné terciérní tvary. Centrální část pohoří je ostře odlišena od okrajové části Jizerských hor příkře ukloněnými tektonickými svahy, které jsou rozřezané hustou sítí mladých erozních údolí. Plošiny se pokládají za zbytky paleogenní paroviny. Leží ve výškách 850 – 950 m n. m. a postupně se sklání jižním a jihovýchodním směrem. Mělká a široká úvalovitá údolí jsou těž součástí terciérního reliéfu. Jejich výplň tvoří mnohdy rozsáhlá rašeliniska postglaciálního stáří (Demek ... [et al.], 1965).

„Přodorysné uspořádání vodní sítě je věrným obrazem původních svahových poměrů a svědčí o asymetrickém vyzdvižení pohoří s největší intenzitou v severní a sv. části“ (Demek ... [et al.], 1965, s. 95). Hluboké erozní zářezy mají velmi nevyrovnané spádové poměry, což dokladují četné peřeje a vodopády (Demek ... [et al.], 1965).

Jizerské hory nezasáhlo pleistocenní zalednění. K modelaci reliéfu však docházelo mrazovým zvětráváním a soliflukcí. Výsledkem těchto procesů jsou nápadná vrcholová skaliska a mrazové sruby, vrcholová a gravitační balvanová moře a žulové hranáče a balvany rozmístěné na mírných svazích. Typickými tvary vyvinutými v žulových horninách jsou skalní mísy a kotle vznikající v terciéru a dále se vyvíjející i v současných klimatických podmínkách (Demek ... [et al.], 1965).

### **Popis jednotlivých geomorfologických jednotek – okrsků na území zájmové oblasti:**

**Smědavská hornatina** (IV-A-6-B-1) je klenbovitě nejvýše vyzdviženou severní částí hrást'ové kry Jizerské hornatiny. Její celková rozloha je asi 50 km<sup>2</sup>. Nejvýznamnějšími rozvodnými vrcholy v zájmovém území ale i v celé Smědavské hornatině jsou Jizera (nejvyšší vrchol s nadmořskou výškou 1122 m) a Černá hora (1085 m) (viz obr. 6). Sklony svahu elevací se zpravidla pohybují v rozmezí 10 – 15° (Karpaš ... [et al.], 2009).

**Soušská hornatina** (IV-A-6-B-2) je na české straně pruhem nižšího území ležícího jižně a jihovýchodně od Smědavské hornatiny. Celkově zaujímá rozlohu 68 km<sup>2</sup>. Povrchové tvary soušské hornatiny jsou rozložitě, hřbety jsou široce zaoblené a procházejí v typickém sudetském směru SZ – JV. Na hřbetech a elevacích se vyskytují izolované skalky (tory) a balvanová moře. Hřbety jsou od sebe odděleny širokými a poměrně hlubokými údolními (100 – 200 m). Nejvyšším vrcholem okrsku je Červený vrch s nadmořskou výškou 1025 m n. m. Ve Středním

jizerském hřebeni je pak nejvyšším vrcholem Jelení stráň (povodí Jizerky) a s výškou 1018 m n. m. Významnou geomorfologickou jednotkou (částí okrsku) v zájmovém území je rašelinná tektonická sníženina Malá jizerská kotlina (louka). Je 5 km dlouhá a až 1 km široká. Na východě ji uzavírá čedičový kužel Bukovec (1005 m n. m.), z geomorfologického hlediska cizorodý prvek pohoří, který ale není součástí zájmového území (viz obr. 3). Skony svahů hřbetů a elevací dosahují zpravidla hodnot v rozmezí 7 – 10°, v údolních zářezech pak okolo 15° (Karpaš ... [et al.], 2009).

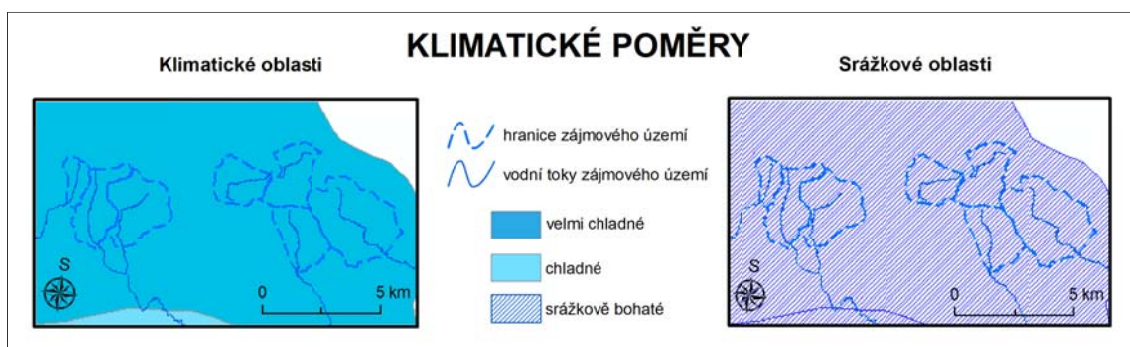
**Polednická hornatina** (IV-A-6-B-3) se rozprostírá západně a jihozápadně od Smědavské hornatiny, při údolí Jeleního potoka navazuje na Soušskou hornatinu. Plocha území činí 52 km<sup>2</sup>. Žádný z vrcholů nepřesahuje nadmořskou výšku 900 m n. m (nejvyšší vrchol Olivetská hora – 866 m n. m.). Pro Polednickou hornatinu jsou typickými geomorfologickými útvary krátké zaoblené hřbety a široce rozevřená údolí. Hřbety jsou ploché a kupovité se sporadickými žulovými tvary. Průběh útvarů je zpravidla ve směru severojižním, na jihu pak probíhají typickým sudetským směrem, tj. SZ – JV (Karpaš ... [et al.], 2009).

## 2.4 Klimatické poměry

Klimatické poměry oblasti nejlépe vystihuje Karpaš ... [et al.], 2009 na straně 363, který píše: „O Jizerských horách je známo, že mají drsné počasí a že celá jejich vrcholová část bývá často zasažena intenzivními srážkami, které dávají vzniknout četným povodňovým situacím, a to na české i polské straně“.

Celá oblast zájmového území patří z hlediska podnebné klasifikace ČR do klimatické oblasti velmi chladné a bohaté na srážky (viz obr. 4) ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz)). Podle klasifikace uvedené v Atlasu podnebí Československé republiky z roku 1958 patří všechna experimentální povodí do oblasti mírně chladné a bohatší na srážky (Karpaš ... [et al.], 2009). Köppenova klasifikace označuje území jako oblast boreálního klimatu typu Dfc. Quittova klasifikace řadí území do chladných oblastí. Západní oblast je typem chladné oblasti označené C4, východní typem C5 (Tolasz ... [et al.], 2007).

Souhrnně lze o všech výše uvedených podnebných typech různých klasifikací klimatu říci, že v takovéto klimatické oblasti jsou obecně průměrné roční teploty nižší než 5°C a celoroční srážkové úhrny převyšují 800 mm. Pravděpodobnost suchých vegetačních období (duben až září) je 0 %, vláhová jistota vegetačního období převyšuje 10 % ([www.ms.vumop.cz](http://www.ms.vumop.cz)).

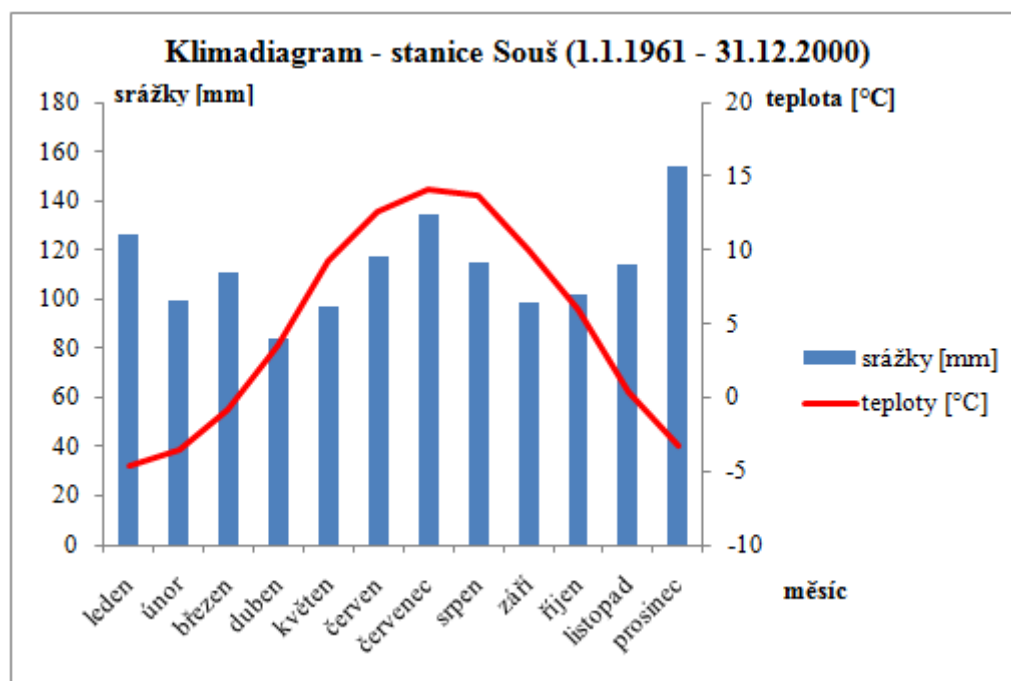


**Obr. 4 Klimatické poměry zájmového území (zdroj: [www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))**

Průměrné roční teploty zájmové oblasti se pohybují v rozmezí 3 – 5°C a jsou závislé na nadmořské výšce (tj. s rostoucí nadmořskou výškou klesají). Celkový průměrný roční úhrn srážek zde převyšuje 1200 mm. Nejvíce srážek zde spadne v letních měsících, celkově lze ale říci, že velikosti srážkových úhrnů mezi jednotlivými ročními obdobími jsou celkově vyrovnané. Průměrný roční počet srážkových dní s úhrny srážek vyššími než 0,1 mm je více než 210, s úhrny nad 10 mm více než 30. Počet dní v roce se sněžením je více než 100 a napadne během nich v průměru 350 – 500 cm sněhu. Průměrná roční maxima jednodenních srážkových úhrnů se pohybují v rozmezí 60 – 70 mm, dvoudenních od 80 do 100 mm a třídních od 80 do 120 mm (Tolasz ... [et al.], 2007).

Zájmové území se nachází v centrální části Jizerských hor. Pro tuto oblast jsou typická krátká, mírně chladná a vlhká léta. Zimy jsou naopak dlouhé, 140 až 160 dnů v roce zde leží sněhová pokrývka. Velikost srážkových úhrnů ve vegetačním období je 600-700 mm srážek,

v zimním období pak 400-500 mm. V dlouhodobém průměru je zde během roku 30-40 jasných dnů (Nevrlý ... [et al.], 1983).



Obr. 5 Klimadiagram zájmového území – stanice Souš (zdroj: databáze ČHMÚ)

V oblasti zpravidla proudí severozápadní větry. Z hlediska větrného proudění se zde uplatňují dva jevy, a to obtékání a přetékání vzduchu přes pohoří. Místní větry uvnitř horského masívu jsou ovlivněny velkoplošným prouděním. Vznikají nerovnoměrným zahříváním a ochlazováním vzduchu ležícím nad úbočími a údolími. Tyto místní větry mají svůj denní chod. Ve dne vanou z nižších partií k vrcholům, v noci naopak od vrcholů směrem dolů. Nejvyšší rychlosti dosahují větry v zimním období. Celkově je v letním období vyšší počet bezvětrných dní než v zimě (Nevrlý ... [et al.], 1983).

V zájmové oblasti se pomocí meteorologických měření sledují srážkové a teplotní poměry území (Ducháček, Pobříslová, Vajskebr, 2010).

Srážky v klimatickém období květen – říjen („letní srážkové úhrny“) jsou měřeny na limnigrafických a klimatických stanicích a dále soustavou samostatných srážkoměrů, které jsou v jednotlivých povodích rozmístěny tak, aby postihovaly rozložení srážek v celém sledovaném území. Takovýchto měřících míst se nachází na ploše všech sedmi experimentálních povodí dohromady celkem 19. Srážky v zimním období se sledují a vyhodnocují pomocí 25 sněhoměrných profilů (sezóna 2008/2009, kdy se měřilo v období od 26. 11. 2008 do 28. 4. 2009). U srážek pevného skupenství (především sněh) se sleduje mocnost akumulace a celková vodní hodnota. Měření se provádí jak na volném prostranství (mýtiny) tak i v lesních porostech různého druhového složení a stáří (Ducháček, Pobříslová, Vajskebr, 2010).

Celé území se nachází v horské oblasti, na jejímž čele dochází k velmi silným výstupům vzdušných proudů. Tento předpoklad pro hojné srážkové úhrny je ještě umocněn návětrným

efektem Jizerských hor, především v jejich SZ části, díky převládajícímu severozápadnímu proudění (Nevrlý ... [et al.], 1983). Na základě těchto předpokladů a skutečností dochází nad experimentálními povodími k častému a vydatnému vypadávání srážek (Karpaš ... [et al.], 2009). Dokladem tohoto tvrzení jsou přední pozice Jizerských hor v jednotlivých srážkových maximech.

Povodí Jizerky drží absolutní české maximum v celkovém ročním úhrnu srážek. Během roku 1926 zde spadlo 2201 mm srážek, což je 149 % dlouhodobého průměru lokality (Nevrlý ... [et al.], 1983).

V povodí Blatného potoka se nachází lokalita nesoucí název Nová louka. Ta je nositelem českého jednodenního (24hodinového) srážkového maxima. Ve čtvrtek 29. 7. 1897 zde bylo naměřeno 345,1 mm srážek spadlých za pouhých 24 hodin (Karpaš ... [et al.], 2009). Na tuto událost navazuje i další srážkové prvenství tohoto místa v rámci ČR, kterým je maximální měsíční úhrn srážek. Ten činil za měsíc červenec roku 1897 celkem 656 mm a znamená celých 429 % dlouhodobého průměru (Nevrlý ... [et al.], 1983).

Vrcholové partie Jizerských hor mají v zimním období v rámci České republiky jednu z nejmocnějších sněhových pokrývek. V období říjen – březen zde vypadá více než 800 mm srážek. Sníh zde začíná padat velice brzy. V minulosti tomu bylo v padesátiletém průměru (1901–1950) nejdříve na Jizerce dne 27. října, na Kristiánově pak 3. listopadu. Sněhová pokrývka zde často vydrží až do přelomu měsíců květen/červen, někdy i déle (Nevrlý ... [et al.], 1983).

Srážkově nejbohatšími jsou zpravidla měsíce letního období červenec a srpen, někdy červen. Ve vyšších nadmořských výškách často spadne nejvíce srážek během zimního období v měsících prosinci a lednu. Nejmenší měsíční průměrné srážkové úhrny pak v dlouhodobém pozorování vykazují měsíce únor, březen, někdy říjen. V období duben - listopad spadne zpravidla více než polovina srážek, tj. 50 – 55 %, z celkového ročního úhrnu (Karpaš ... [et al.], 2009).

Časté deště s vydatným množstvím srážek nejsou v této oblasti výjimkou. Nejvýznamnější povodňové situace zde vznikají zpravidla z vydatných letních dešťů (srpen a červenec, ojediněle červen a září) trvalejšího charakteru (trvajících den a více). Centrum těchto dešťů je lokalizované na rozvodí toků Bílé a Černé Smědé, Kamenice a Jizerky nebo těsně pod ním. K poslední takovéto události v extrémních rozměrech došlo v srpnu roku 2002, předtím v roce 1958 (Karpaš ... [et al.], 2009).

Představu o četnosti a vydatnosti významnějších srážkových situací na území zájmové oblasti v období červen až září podává zpracovaná statistika naměřených hodnot. V období 1982 – 2004 se zde jednodenní srážkové úhrny nad 10 mm vyskytly 610krát (z toho nejvíce červenec s počtem 171), nad 50 mm to bylo 43krát, nad 100 mm pak 8krát (Karpaš ... [et al.], 2009).

Celkové množství vypadaných srážek i výška sněhové pokrývky se směrem od západu k východu zvyšují. Nejvíce srážek spadne na rozvodí řek Bílé Smědé, Černé Smědé, Černé Desné a Jizerky (Karpaš ... [et al.], 2009).

Dlouhodobá pozorování průběhu zimních období, především z hlediska délky trvání, minimálních teplot, množství vypadaných srážek a mocnosti akumulace sněhové pokrývky, nepoukazuje na to, že by zimy v minulosti měly drsnější a extrémnější charakter oproti současnosti. Spíše poukazují na trend cyklického střídání se jednotlivých období na jedné straně zim dlouhých s mocnou akumulací sněhové pokrývky, na straně druhé mírnějších, kratších a sušších. Dokladem toho jsou po sérii teplých a na srážky chudých zim dlouhé, studené a na sních bohaté zimní sezóny 2004/2005 a 2005/2006. Tato tvrzení byla vytvořena na základě naměřených údajů stanic Bedřichov – Nová louka a Bedřichov - přehrada (Karpaš ... [et al.], 2009).

Tání sněhové pokrývky na odlesněných plochách probíhá rychleji než v lesích, rychlejší je z jejich povrchů i výpar. Jarní tání probíhá v porovnání s dřívějšími dobami rychleji, nevede však k výrazným zvýšením odtoků (Karpaš ... [et al.], 2009).

Teploty jsou měřeny ve výšce 2 m nad zemským povrchem v nadmořské výšce mezi 800 a 900 m n. m. Měření probíhá na třech klimatických stanicích: Prameny Černé Nisy (povodí Černé Nisy), Kůrovec (povodí Černé Desné) a Jizerka (povodí Jizerky) (Ducháček, Pobříslavá, Vajskebr, 2010).

Na základě dlouhodobých měření teplot lze konstatovat, že východní část oblasti experimentálních povodí (povodí Bílé a Černé Smědé, Černé Desné a Jizerky) disponuje chladnějším klimatem v porovnání s částí západní (povodí Černé Nisy, Blatného potoka a Kamenice). Tato skutečnost se projevuje především v delším trvání sněhové pokrývky ve východní části sledované oblasti (Karpaš ... [et al.], 2009).

Povodí Jizerky se vyznačuje chladným klimatem. Zimy jsou zde delší a chladnější než v ostatních částech Jizerských hor. Průměrná teplota vzduchu v zimě je zde o 4 – 5 °C nižší než v okolních experimentálních povodích. Podobně je tomu tak i ve zbylých ročních obdobích. Letní období bývají rovněž chladná, teploty často klesají až k hodnotě -0,1°C. Absolutní teplotní minimum zde bylo naměřeno na stanici Jizerce 7. 1. 1985 s hodnotou -41,1°C. Dalšími prvky vypovídajícími o chladném klimatu Jizerky je nejvyšší naměřená hodnota výšky sněhové pokrývky ze dne 29. 3. 1944 o mocnosti 315 cm, dále vysoký počet arktických, ledových a mrazových dnů. Tato anomálie od zbylého území zájmové oblasti je způsobena především místními reliéfovými podmínkami. Jedná se totiž o ploché údolí obklopené horskými hřbety, na JV uzavřené čedičovým vrcholem Bukovcem. Právě tento vulkanický útvar zadržuje v údolí studené masy vzduchu proudící od SZ a zapříčiňuje tak v oblasti hluboký pokles teplot v nočních a ranních hodinách (Karpaš ... [et al.], 2009).

Na základě porovnání naměřených teplot vzduchu na různých místech Jizerských hor v jednotlivých epizodách 1901 – 1950, 1961 – 1990 a 1991 – 2004 lze konstatovat, že mají

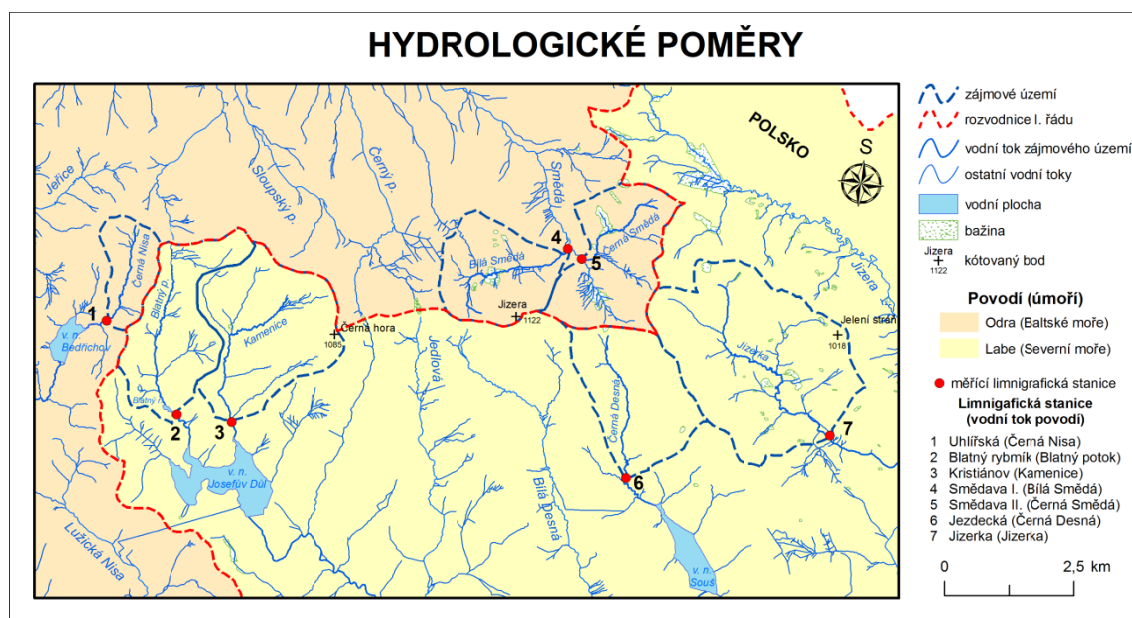
stoupající tendenci. Zvláště v poslední epizodě 1990 – 1994 bylo zvýšení naměřených průměrných teplot nejvyšší, neboť léta, zimy i jara byly teplejší (Karpaš ... [et al.], 2009).

Souhrnně lze o srážkách i teplotách oblasti konstatovat, že jejich závislost na nadmořské výšce je zřejmá (tzn., že s rostoucí nadmořskou výškou klesá průměrná teplota vzduchu a roste množství vypadaných srážek). Odchylky (jako např. chladné klima v povodí Jizerky) jsou způsobeny expozicí a místním mikroklimatem. V případě srážek dále hraje důležitou roli návětrnost či závětrnost lokality. Návětrné svahy pohoří jsou srážkami dotované výrazně hojněji (Karpaš ... [et al.], 2009).

## 2.5 Hydrologické poměry

Říční síť zájmového území zahrnuje kromě sedmi hlavních vodních toků ještě vysoké množství jejich menších přítoků. Hustota říční sítě je ve sledované oblasti velice vysoká, stejně jako je tomu v celých Jizerských horách. Průměrný odtok z 1 km<sup>2</sup> je v rozmezí mezi 20 – 35 l/s (srovnatelné se Šumavou) a je šestinásobně vyšší než průměr za celou ČR. Toto je dáno především vysokými srážkovými úhrny, které jsou na tomto území jedny z nejvyšších v celé ČR (Nevrlý ... [et al.], 1983).

Zájmové území náleží ke dvěma úmořím (viz obr. 6). Povodí Černé Nisy, Bílé a Černé Smědé jsou součástí povodí Odry a patří k úmoří Baltského moře. Vody z povodí Blatného potoka, Kamenice, Černé Desné a Jizerky jsou odváděny do Severního moře prostřednictvím Labe (Karpaš ... [et al.], 2009).



Obr. 6 Hydrologické poměry zájmového území (zdroj: www.dibavod.cz)

**Popis jednotlivých vodních toků zájmového území** (Karpaš ... [et al.], 2009; Ducháček, Pobršísllová, Vajskebr, 2010):

**Černá Nisa** pramení na východním svahu Olivetské hory (886 m n. m) v nadmořské výšce 820 m n. m. Ústí v nadmořské výšce 335 m n. m. ve Stráži nad Nisou zprava do Lužické Nisy. Celková plocha povodí je 27,041 km<sup>2</sup>, do zájmového území patří část horního toku s plochou povodí 1,79 km<sup>2</sup>. Průměrný spád v celé délce toku činí 34,15 ‰, v horní části toku je vyšší, a to 38,46 ‰.

Pramenná oblast **Blatného potoka** leží v sedle mezi Olivetskou horou (886 m n. m.) a Holubníkem (1070 m n. m.) v nadmořské výšce 835 m n. m., vtéká do vodní nádrže Josefův Důl v 733 m n. m. Průměrný sklon toku je 17,49 ‰. Plocha povodí v zájmové oblasti je 5 km<sup>2</sup> z celkové plochy povodí 9,63 km<sup>2</sup>.

Pramen **Kamenice** leží na severozápadním svahu Černé hory (1084 m n. m.) v nadmořské výšce 975 m n. m. Je pravostranným přítokem Jizery, vlévá se do ní u obce Horní Kamenice v nadmořské výšce 208 m n. m. Plocha povodí v zájmovém území je pouhých 6,28 km<sup>2</sup> z celkových 218,590 km<sup>2</sup>. Průměrný sklon toku je 19,2 ‰.

**Bílá Smědá** je levostranným přítokem řeky Smědé. Jejich soutok je pod Smědavou ve výšce 809 m n. m. Pramení v sedle mezi vrcholy Na Kneipě (1012 m n. m.) a Jizerou (1022 m n. m.) v nadmořské výšce 975 m n. m. Celková plocha povodí je 3,73 km<sup>2</sup> a patří celé do zájmového území.

**Černá Smědá** je pravostranným přítokem řeky Smědé u obce Smědavy ve výšce 820 m n. m. Pramen se nachází pod Plochým vrchem (939 m n. m.) v nadmořské výšce 900 m n. m. Celková plocha povodí, které patří celé do zájmové oblasti, činí 4,63 km<sup>2</sup>.

**Černá Desná** má pramennou oblast 1 km západně od Černého vrchu (1025 m n. m.) v nadmořské výšce 879 m n. m. Ústí zleva do řeky Desné v obci Desná v nadmořské výšce 484 m n. m. Z celkové plochy povodí 26,557 km<sup>2</sup> se v zájmovém území nachází 4,78 km<sup>2</sup>, průměrný sklon toku je 38,72 ‰.

Řeka **Jizerka** (Malá Jizera) pramení v rašeliništích na Velké Krásné louce v nadmořské výšce 900 m n. m. Je pravostranným přítokem řeky Jizery. Závěrový profil leží v nadmořské výšce 775 m n. m. Plocha povodí na území zájmové oblasti je 10,27 km<sup>2</sup>. Průměrný sklon toku je 19,1 ‰.

Jediným umělým vodním dílem zájmové oblasti je **Blatný rybník (Blatenský rybník)**, který je vybudován na Blatném potoce. Leží mezi Novou Loukou a vodní nádrží Josefův Důl. Jeho vodní hladina je v nadmořské výšce 762,5 m n. m. (Karpaš ... [et al.], 2009).

Vodní režim zájmové oblasti ovlivňují zásadním způsobem rašeliniště. Rašeliník je totiž schopný pojmout až dvacetinásobné množství vody své skutečné váhy. Příznivým způsobem tak rašeliniště ovlivňují zejména výpar a zpětné zvlhčení a zdrsnění mikroklimatu hor. Tento účinek se příznivě odráží na jejich vodní bilanci. Nasávání vody rostlinami rašelinišť rovněž přispívá ke zpoždování odtoků, zejména pak vod v jarním období – tajících i vypadávajících srážek (Nevrlý ... [et al.], 1983).



Ve všech případech se jedná o malé horské vodoteče s vysokým spádem. Na případné extrémní srážkové situace reagují velice rychle a náchylně v podobě prudkého nárůstu průtoků, případně vzniku bleskové povodně.

## 2.6 Pedologické poměry

Stejně jako všude jinde na Zemi má na pedogenezi (tvorbu půdy) v zájmovém území vliv mnoho faktorů, jakými je existence a druh matečné horniny, klimatické poměry (především teplota a srážky) a živé organismy, včetně odumřelé organické hmoty. Tvorbu půdy ovlivňuje i člověk – přímo (odlesnění, zemědělské obhospodařování) a nepřímo (vypouštěním kontaminujících látek do prostředí) (Karpaš ... [et al.], 2009).

Na základě geologických poměrů zájmové oblasti lze všeobecně vyvodit i poměry pedologické. Základní horninová stavební jednotka území – granit (žula) zvětrává velice obtížně. V minulosti byla však v této oblasti pedogeneze žuly usnadněna tzv. drťovým rozpadem - neboli mrazovým zvětráváním. Tento proces probíhal v geologické epoše starších čtvrtohor (pleistocénu) (Karpaš ... [et al.], 2009).

Díky vysokému obsahu křemene v granitech vznikají zvětraliny písčitého charakteru. Vzniklé půdy jsou poté písčité, popř. hlinitopísčité, ve svazích jsou často drolinovité. Během procesu zvětrávání se často ve hřbetních partiích hor nacházejí rozpadávající se skaliska, na svazích se objevují balvanové sutě a kamenná moře. Všeobecně se zvětraliny žulového charakteru vyznačují nízkým obsahem skeletu střední velikosti – šterku a kamenů. Zvětrávání rul a svorů probíhá v porovnání se zvětráváním granitů příznivěji. Půdy vzniklé rozpadem těchto hornin jsou hlinitější s hojným obsahem skeletu střední velikosti (Karpaš ... [et al.], 2009).

### Na tomto základě vznikly v zájmovém území tyto typy půd:

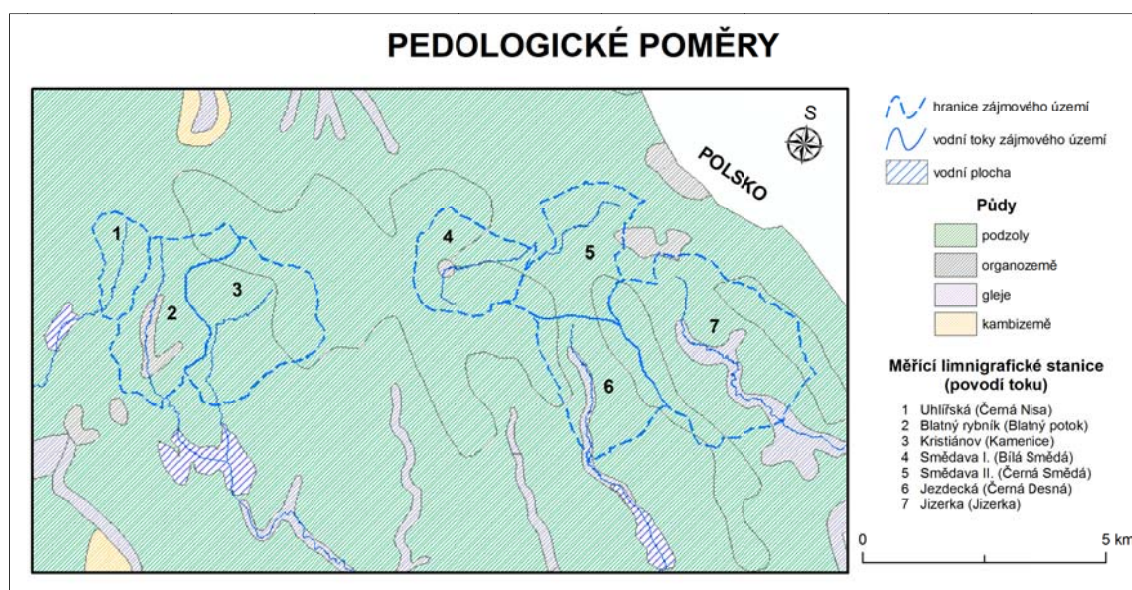
**Podzoly** jsou půdy se sníženou produkční schopností. Pro tuto oblast jsou typické podzoly modální (humusoželezité) a histické (rašelinné). Tyto půdy jsou výrazně až extrémně sorpčně nenasycené, s tvorbou moru s nepříznivým poměrem C:N, který je až 30. Sorpční kapacita podzolů je však velice nízká. Jejich humusový Ae horizont má patrné vybělení písčitých zrn. Ep horizont je ochuzený o jílnaté částice, humus a sesquioxidy. Je silně až extrémně kyselý a jeho barva je popelavě šedá. Naopak podzolové horizonty Bhs a Bs jsou obohaceny s obsahem humusu 7 – 30 %. Barvu mají rezavohnědou. Celkově jsou tyto horizonty úrodnější než horizont Ae. Výskyt podzolů je zpravidla nad kótu nadmořské výšky 900 m n. m., vegetačním pokryvem bývají zpravidla klimaxové smrčiny (Karpaš ... [et al.], 2009).

**Gleje** typické pro tuto oblast jsou modální zrašelinělé a histické. Vyznačují se především svojí celoroční nasyceností vodou, hladina spodní vody u nich zpravidla neklesá pod 80 cm. Vyvíjejí se zpravidla v níže položených vrbových olšínách, dále v březových olšínách, v dubových jedlinách, podmáčených jedlinách a jasanových olšínách. U modálního

zrašelinělého gleje je výrazný zrašelinělý horizont At o mocnosti 10 – 25 cm. Histický glej má zase mocný rašelinný horizont T na povrchu půdy, a to 25 – 50 cm. Kromě humusového horizontu Ah na povrchu půdy mají všeobecně gleje ještě oxidační rezavě skvrnitý Go horizont a pod ním redukční šedomodrý nebo šedozelený Gr horizont. Diagnostický glejový horizont se nachází zpravidla ve hloubce 60 cm (Karpaš ... [et al.], 2009).

**Organozemě** neboli rašelinné půdy jsou půdy, které mají rašelinný T horizont o mocnosti vyšší než 50 cm. Vyskytují se zde na vrchovištích a svahových rašelinistích (Karpaš ... [et al.], 2009).

Celkově lze o půdách zájmového území říci, že jejich sorpční kapacita je velice nízká a odtok za případné extrémní srážko-odtokové situace velice rychlý (Karpaš ... [et al.], 2009).

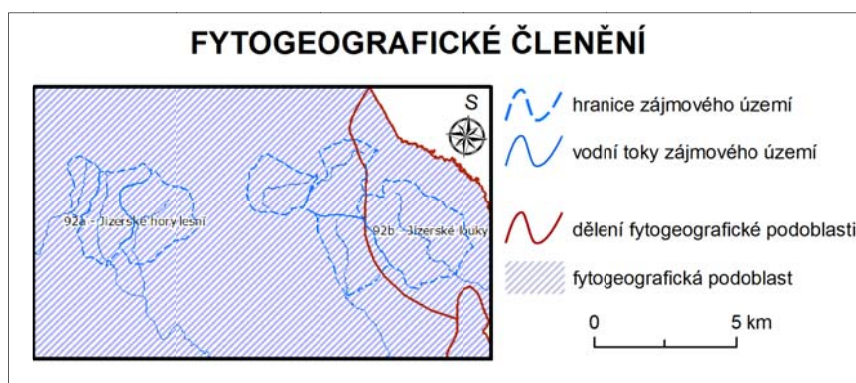


Obr. 7 Pedologické poměry zájmového území (zdroj: [www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

Obr. 7 zachycuje pedologické poměry zájmového území. Je z něho patrné, že naprosto dominantním půdním typem celé oblasti jsou podzoly. V povodích Černé Nisy a Kamenice ani jinou půdní jednotku než podzol nenajdeme. V povodích Blatného potoka, Bílé Smědé a Černé Smědé nalezneme společně s podzoly ještě organozemě, v povodí Černé Desné se pak vedle podzolů vyskytují gleje. V povodí Jizerky se objevují všechny tři již zmíněné typy půd – v celém povodí dominují opět podzoly, na severu se vyskytují na malé plošce organozemě a v údolní nivě řeky gleje ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz)).

## 2.7 Biogeografie a zoogeografie

Zájmová oblast patří z hlediska členění ČR podle druhového zastoupení rostlin do květenné oblasti středoevropské lesní květeny, podoblasti sudetské květeny (Sudeticum) (Nevrlý ... [et al.], 1983).



Obr. 8 Fyto geografické členění zájmového území (zdroj: [www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

Obr. 8 ukazuje, že zájmová oblast leží ve dvou dílčích částech fyto geografické podoblasti Sudetica – a) Jizerské hory lesní (povodí toků Černá Nisa, Blatný potok, Kamenice, Bílé a Černé Smědé a Černé Desné), b) Jizerské louky (povodí Jizerky).

Na celém území se rozprostírají lesy, které obklopují četná rašeliniště. Jejich původní přirozená druhová skladba by měla být následující – buk (dominantní lesní porost) a smíšené lesy z buku, smrku a jedle, která je dnes již zcela vymýcena. Nad 900 m n. m. jsou pak obvyklým porostem přirozené smrčiny. Současný lesní porost tvoří druhově chudé smíšené lesy s převahou buku a smrku (hlavně povodí Kamenice, Černé Smědé a Černé Desné), ve vysokých polohách a na mokřích půdách rostou přirozené smrčiny (povodí Černé Nisy, Bílé Smědé a Jizerky) a na rašeliništích kosodřevina (zejména povodí Blatného potoka, Jizerky a dále Bílé Smědé). Na celém území pak došlo k výsadbě umělých smrkových monokultur, které nahradili původní vytěžené lesní porosty. Lesní bylinný podrost smíšeného lesa je velice chudý a řídký - tvoří ho např. kokořík přeslenitý, pstroček dvoulistý, starček Fuchsův a šťavel kyselý. Bylinný podrost smrčin je naopak mohutný a tvoří ho množství kapradin, mechů, trav (zejména metlička křivolaká a třtina chloupkatá), dále např. brusnice borůvka a sedmikvítek evropský (Nevrlý ... [et al.], 1983).

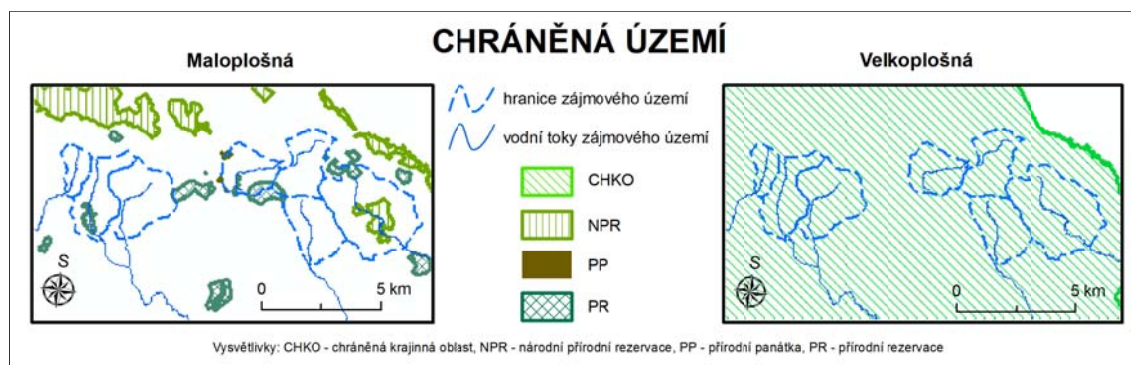
Pro zájmové území stejně jako pro celé Jizerské hory jsou typická nádherná a početná rašeliniště a slatiniště. Lze v nich nalézt mnoho ohrožených a vzácných rostlinných druhů jako např. blatnice bahenní, suchopýr, masožravé rosnatky apod. (rašeliniště), ve slatiništích pak roste vrba ušatá, prha arnika, prstnatec, vlhkomilné trávy, ostřice aj. V povodí Blatného potoka se nachází rašeliniště Nová louka, v povodí Kamenice Pytlácká a Sedlová louka, v povodí Bílé Smědé Pavlina louka, Malá klečová louka, Smrčková louka, Jelení louka a Smutná loučka, v povodí Černé Smědé rašeliniště U studánky, Na Quaree a Černá Jezírka, v povodí Jizerky pak Velká krásná louka a Malá Jizerská louka (Nevrlý ... [et al.], 1983).

Během 60. – 80. let 20. století byla oblast postižena nadměrným imisím  $\text{SO}_2$ , jejímž zdrojem bylo spalování fosilních paliv a uvolňování tohoto plynu do ovzduší (Karpaš ... [et al.], 2009). Ten pak i v této oblasti (jako na většině ostatních hraničních horských hřebenech ČR) spadl v podobě srážek (zejména dešťových) a způsobil značná poškození vegetačního krytu, na mnohých místech až jeho devastaci (Nevrlý ... [et al.], 1983). S odsířením komínů elektráren a omezením znečišťování ovzduší se tato situace výrazně zlepšila a v současné době postupně dochází k obnovování zničené krajiny. Napáchané škody však byly obrovské a nenapravitelné (Karpaš ... [et al.], 2009).

Rozmanitost živočišných druhů zájmové oblasti i celých Jizerských hor je v porovnání se sousedními Krkonošemi o mnoho nižší. Vyskytuje se zde dančí zvěř a v hojném počtu zvěř černá (prase divoké). Dále mufloni, srnci, z ptactva tetřev hlušec, skorec vodní, budníček větš, pěnice slavíková, lejsek černohlavý aj. Z hlodavců jsou hojní rejsek horský a hraboš mokřadní (Nevrlý ... [et al.], 1983).

## 2.8 Ochrana přírody

Ochrana přírody v celé oblasti zájmového území má dlouholetou tradici. Celá oblast území se nachází v Chráněné krajinné oblasti (CHKO) Jizerské hory. Ta vznikla po dlouhém úsilí ochranářských snah vytvořit v této oblasti území ochrany pro zdejší malebnou a jedinečnou přírodu (Nevrlý ... [et al.], 1983). Ta ovšem byla v minulosti během 50. – 70. let 20. stol. silně narušena zhoršujícím se ovzduším, především kyselými dešti. Deště okyselovaly vysoké koncentrace  $\text{SO}_2$  obsažené v ovzduší, které měly původ především ve spalování fosilních paliv (Jizerské hory 2007). CHKO Jizerské hory vznikly v roce 1967 jako tehdejší teprve čtvrtá CHKO v českých zemích. CHKO zde vznikla z důvodu „zachované typické krajinné oblasti s rozptýlenými význačnými přírodními výtvy“ – citace zákona č. 40/56 definující CHKO (Nevrlý ... [et al.], 1983).

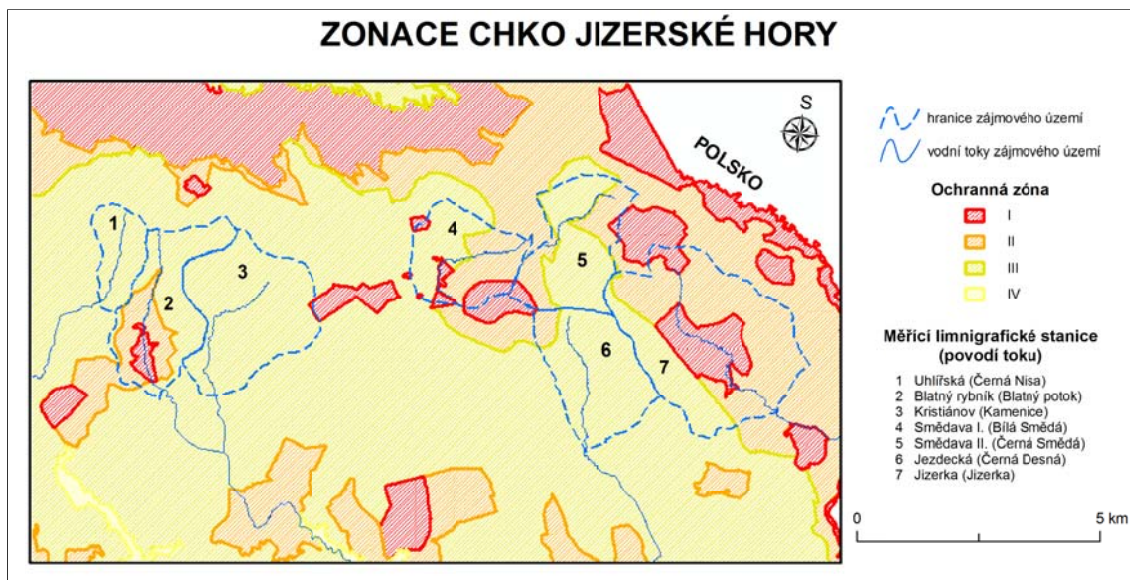


**Obr. 9 Ochrana přírody v prostoru zájmového území** (zdroj: [www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

Obr. 9 ukazuje oblasti velkoplošné a maloplošné stupně ochrany přírody zájmového území. Velkoplošným chráněným územím je tedy CHKO Jizerské hory rozkládající se na celé ploše zájmové oblasti. Uvnitř CHKO se vydělují dále čtyři zóny ochrany přírody, tzv. zonace ochrany



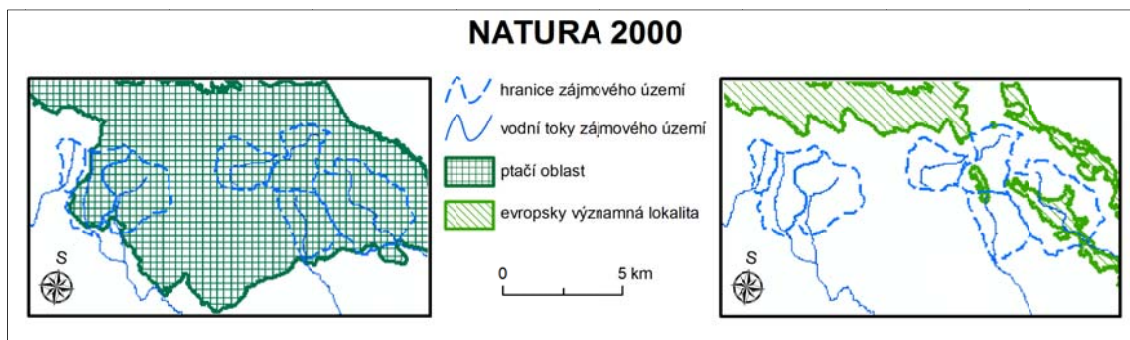
(viz obr. 10). Ze škály typů maloplošných chráněných oblastí se v zájmovém území nachází národní přírodní rezervace (NPR) v povodí Jizerky, přírodní památka v povodí Bílé Smědě a přírodní rezervace na územích povodí Blatného potoka, Kamenice, Bílé Smědě, Černé Smědě a Jizerky. Povodí Černé Nisy a Černé Desné žádný maloplošný stupeň ochrany nemají (www.geoportal.gov.cz).



**Obr. 10** Zóny ochrany přírody CHKO Jizerské hory v zájmovém území (zdroj: www.geoportal.gov.cz)

Podle obr. 10 se zájmové území nachází v zónách ochrany stupně I, II a III. Povodí Černé Nisy a Kamenice leží pouze v ochranné zóně III. stupně, povodí Černé Desné má na svém území ochrannou zónu II. a III., ve zbývajících povodích - Blatného potoka, Bílé Smědě, Černé Smědě a Jizerky pak lze nalézt různě plošně rozsáhlý I., II. i III. stupeň zonace CHKO Jizerské hory (www.geoportal.gov.cz).

V zájmovém území se ochrana přírody organizuje i nadnárodně, v kompetencích Evropské unie. Ze škály ochranných celků vytvořených a uzákoněných organizací EU Naturou 2000 se zde nalézají dva typy ochran přírody v podobě ptačích oblastí a evropsky významných lokalit. Obr. 11 zachycuje oblasti chráněné podle stanov Natury 2000. Celé zájmové území je vyjma povodí Černé Nisy zahrnuto do ptačí oblasti, povodí Černé Smědé, Černé Desné a Jizerky jsou navíc ještě evropsky významnou lokalitou (www.geoportal.gov.cz).



**Obr. 11: Oblasti zájmového území chráněné Naturou 2000 (zdroj: www.geoportal.gov.cz)**

Dále se ještě celé zájmové území nachází v Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (www.geoportal.gov.cz).

## **KAPITOLA 3**

### **EXTRÉMNI SRÁŽKO-ODTOKOVÉ SITUACE**

Jedny z nejdůležitějších charakteristik hydrologického režimu toku a povodí jsou jejich extrémy, tj. maximální a minimální průtoky a vodní stavy. Závažnost extrémů vyplývá z jejich důsledků pro hospodářskou činnost (hlavně oblast investiční) a také z jejich často katastrofálních následků (Dub, Němec ... [et al.], 1969). Hlavním cílem této práce bude především popsání a vytvoření komplexního pohledu na maximální průtočné extrémy vzniklé v důsledku nadměrných srážkových úhrnů a rychlým táním sněhové pokrývky. Dále snaha najít souvislosti mezi jednotlivými faktory způsobujícími povodňové situace.

## **3.1 Povodí jako území vzniku extrémních srážko-odtokových situací**

### **3.1.1 Definice povodí**

Základní hydrologickou jednotkou (oblastí), na kterou se vztahují jednotlivé odtokové charakteristiky a lze pro ni vyjádřit číselnou bilanční rovnicí, se nazývá povodí (Dub, Němec ... [et al.], 1969). Podle Duba, Němce ... [et al.] (1969, s. 19) se jedná o „území po hydrologické stránce uzavřené, což znamená, že veškeré srážky spadlé na jeho povrch odtékají jedním závěrečným profilem, a že do něho nepřitéká žádná jiná voda po povrchu ani pod povrchem půdy“. Netopil ... [et al.] (1984) na str. 163 píše, že „hydrologické jevy vznikají ve složitém prostředí, v němž se vzájemně prolínají účinky jednotlivých přírodních a socioekonomických složek. Tímto prostředím je území, z něhož odtéká voda atmosférických srážek nebo akumulovaná v ledovcích a ve stálé sněhové pokrývce povrchovou i podzemní cestou do řeky. Je to povodí omezené rozvodnicí či rozvodní čarou“.

Povodí nemusí být, a zpravidla není vymezeno jednoznačně, neboť rozvodnice orografická, tj. povrchového odtoku (charakterizovaná reliéfem) není pokaždé totožná s rozvodnicí hydrogeologickou – odtoku podzemního, která je závislá na geologické stavbě podloží a propustnosti jednotlivých horninových vrstev (Kemel, 2000).

### **3.1.2 Charakteristiky povodí ovlivňující extrémní srážko-odtokové situace**

#### **3.1.2.1 Tvar povodí**

Tvar povodí řek a s ním těsně související i rozložení říční sítě mají vliv na tvoření průtoků po spadnutí deště a při tání sněhu (Netopil ... [et al.], 1984). Velikost a tvar povodí ovlivňují zásadní měrou tvorbu velkých povodní (Kemel, 2000). Pro utváření povodňových vln na malých tocích je zásadní doba doběhu vody z plochy povodí do odvádějící říční soustavy, avšak závažnou roli má tvar povodí, tj. protáhlý, vějířovitý (Krečmer ... [et al.], 2003)

#### **3.1.2.2 Uspořádání říční sítě povodí**

Uspořádání říční sítě různých povodí jsou rozličné a zásadním způsobem ovlivňují vznik a průběh extrémních srážko -odtokových situací.

Velmi častým typem uspořádání říční soustavy je tzv. stromovitý typ říční sítě, který je postupně oboustranně střídavě posilován jednotlivými přítoky. Toto uspořádání říční soustavy přispívá k rovnoměrnému růstu vodnosti toku i k rovnoměrnějšímu časovému rozložení průtoků a při povodňových událostech extrémní průtoky dobře reguluje. Podobně příznivý vliv



na eliminaci povodňové vlny má i uspořádání říční sítě pravoúhlé, prstencovité (anulární) a paprscité (radiální) (Netopil ... [et al.], 1984).

Naproti tomu vějířovité uspořádání říční sítě je během extrémních srážko-odtokových situací velice nebezpečným a zároveň častým prostředím pro vznik povodňové události. Voda přitékající zpravidla několika délkově rovnocennými toky do jednoho uzlu, situovaném obvykle v rozlehlých tektonických depresích, v mezihorských kotlinách nebo v centru pánví, nestačí být během vysokých srážkových úhrnů odváděna jedním společným tokem. V místě soutoku řek tedy dochází ke hromadění vod a následnému vzniku často rozsáhlé povodně a rozlehlým inundacím postupujícím od soutoku dále po proudu dané řeky (Netopil ... [et al.], 1984).

Kemel (2000) se ztotožňuje s výše uvedeným tvrzením. Za nejnebezpečnější a nejčastější typ usprádaní říční sítě z hlediska vzniku povodní a jejich následného průběhu uvádí taktéž vějířovitý.

### 3.1.2.3 Velikost povodí

V malých povodích, která se vyznačují vysokým spádem a pestrými hydrologickými charakteristikami, mohou být pravděpodobně reakce na proměnlivé počasí velmi rychlé. Jedná se o horské toky s plochou povodí maximálně do desítek km<sup>2</sup>. Na takovýchto územích jsou extrémní srážko-odtokové situace častým jevem a jejich propojenost s povodňovými průtoky je velice úzká (Ciapala, Holeksa, Zielonka, 2008).

Všeobecně platí, že se zvětšující se plochou povodí, dochází k nižší časové frekvenci výskytu extrémních (jak maximálních tak i minimálních) průtoků. Projevuje se zde vyrovnávací účinek průtokových extrémů vzrůstající plochy povodí. Vyrovnávacím účinkem se rozumí pravděpodobnost časové a prostorové neshody výskytu extrémů na celé ploše povodí, tj. se zvětšující se plochou povodí tato pravděpodobnost narůstá a tím se snižuje teoreticky možnost výskytu extrémů (Kříž, Sochorec, 1982).

### 3.1.2.4 Geografická poloha povodí

Tato charakteristika je s ohledem na vznik extrémních srážko-odtokových situací také důležitou. Pro naše toky platí, že variabilita průtoků s ohledem na extrémní průtoky se snižuje směrem od horního toku k toku dolnímu. V horských a vrchovinných polohách, tedy v pramenných oblastech toků, je tedy zpravidla frekvence výskytu průtokových extrémů častější než v oblastech nížinných (Kříž, Sochorec, 1982).

O celkové retenci vody povodí při povodních lze říci, že se jedná o proměnlivou veličinu. Tuto veličinu ovlivňuje mnoho faktorů, které jsou spjaté s fyzikálními vlastnostmi povodí (Prudký, Spitz, 2001).

## **3.2 Atmosférické srážky jako hlavní tvůrce extrémních srážko-odtokových situací**

Základními činiteli srážko-odtokových procesů pro vznik velkých vod na malých povodích lze označit atmosférické srážky s jejich silou, intenzitou a časovým rozložením (Krečmer ... [et al.], 2003).

### **3.2.1 Vznik a definice atmosférických srážek**

Na tomto místě je proto velmi vhodné se zmínit o původu srážek dopadajících na zemský povrch a ovlivňujících tak přímo extrémní srážko – odtokové situace. Atmosférické srážky podle Vysoudila (1997) jsou „částice, které vznikly v atmosféře následkem kondenzace vodní páry a které se vyskytují v atmosféře, na zemském povrchu nebo na předmětech v kapalném nebo pevném skupenství.“

Vypadávání významných srážek zajišťují především dešťové oblaky typu Nimbostratus a Cumulonimbus. Voda dopadlá na zemský povrch obsahuje různé pevné nebo rozpuštěné látky (např. O<sub>2</sub>, N, CO<sub>2</sub>), tudíž není chemicky čistá (Kemel 2000). „Vodní kapky mají kulovitý tvar o průměru 0,5 mm a větším. Největší kapky mají průměr 5 – 8 mm“ (Kemel, 2000, str. 35).

### **3.2.2 Dělení atmosférických srážek s ohledem na extrémní srážko-odtokové situace**

#### **3.2.2.1 Dělení atmosférických srážek dle původu**

Dle místa a způsobu vzniku se atmosférické srážky rozdělují na dva typy, a to srážky vertikální, vzniklé v atmosféře a padající k zemskému povrchu, a horizontální, vzniklé kondenzací na zemském povrchu nebo na různých předmětech na něm (Vysoudil, 1997).

Pro extrémní srážko-odtokové situace jsou významné pouze srážky vertikální, především ve formě deště a sněhu. I zde však závisí na jejich intenzitě, plošném a časovém rozložení (Dub, Němec ... [et al.], 1969).

#### **3.2.2.2 Dělení atmosférických srážek dle formy a intenzity**

Deště se dělí dle množství srážkového úhrnu za časovou jednotku 1 hodiny následovně: slabý déšť (do 1 mm), mírný déšť (1 – 5 mm), silný déšť (5 – 10 mm), prudký déšť (10 – 15 mm), lijavec (15 – 23 mm), přívalový déšť (23 – 58 mm) a průtrž mračen (více než 58 mm) (Kemel, 2000).

Podle doby trvání se deště rozdělují na **krátkodobé** (místní) a **dlouhodobé** (krajinné, regionální). Deště krátkodobé (místní) jsou charakterizovány krátkou dobou trvání o vysoké

intenzitě a zasahující zpravidla území o rozloze do 50 km<sup>2</sup>. Dlouhodobé (krajinné, regionální) deště se vyznačují plošnou i časovou proměnlivostí, mírnější intenzitou vypadávání srážek, avšak delší dobou trvání (několik hodin až dní), tudíž celkové srážkové úhrny jsou vysoké (Kemel, 2000).

Pro vznik extrémní srážko-odtokové situace je v tomto ohledu opět důležitý aspekt celkového množství dopadlé vody nad daným územím za určitý časový úsek. Spouštěcím mechanismem extrémních průtoků jsou tedy především krátkodobé extrémní deště označované jako lijáky anebo přívaly, popř. průtrže mračen (Dub, Němec ... [et al.], 1969).

### 3.3 Povodeň jako výsledek extrémních srážko-odtokových situací

#### 3.3.1 Definice povodně

Podle Duba, Němce ... [et al.] (1969, str. 238) se povodní rozumí „přechodné stoupnutí hladiny toku nad úroveň břehů, způsobené zmenšením průtočnosti koryta (např. ledovou zácpou apod.) nebo náhlým zvětšením průtoku, tj. vytvořením výrazné průtokové vlny, která se pohybuje říčním korytem neustáleným pohybem.“

Pojmem povodňová vlna se rozumí průtoková vlna s charakterem povodně vytvořená během mimořádně vysokých (povodňových) kulminačních průtoků řeky (Kemel 2000). Langhammer (2007, s. 9) označuje povodně za důležitého krajinného činitele, neboť píše, že „povodně představují přirozenou součást vývoje krajiny a významně se podílejí na jejím utváření.“

#### 3.3.2 Vznik povodně

Povodeň může vzniknout z různých důvodů. Jednou z možností vzniku povodně může být silný déšť krátkého trvání o vysoké intenzitě, situovaný nad malým povodím. Při příznivém spolupůsobení ostatních faktorů, mající vliv na odtokový proces, lze na toku pozorovat velmi rychlé zvyšování vodní hladiny, vyvolané zvětšováním průtoků. Extrémní srážko-odtokové situace tedy vznikají především během tzv. krátkodobých dešťů, které sice zpravidla netrvají déle než několik hodin, ale jejich intenzita je vysoká (Kemel, 2000).

Povodně vzniklé tímto způsobem lze označit jako bleskové. Jejich výskyt je sezónní. Např. na pevninské části Evropy se vyskytují především v průběhu jara a léta, na jihu Evropy v oblasti Středomoří pak na podzim, vždy v závislosti na klimatických změnách. Zvýšení průtoků na malých tocích do 350 km<sup>2</sup> velikosti plochy povodí je patrné do 6 hodin od prvního zaznamenaného vypadávání srážek nad daným povodím (Marchi ... [et al.], 2010).

Povodně, které jsou zapříčiněny vždy silnými srážkami, jsou v povodích ovlivňovány retencí, retardací a akumulací srážkové vody. Retence vody je důležitým faktorem pro transformaci povodňových vln. Díky ní se snižují okamžité povodňové průtoky, tedy i celková ničivost povodně. Doba trvání povodně však díky retenční schopnosti povodí trvá déle, je závislá na velikosti této schopnosti (Krečmer ... [et al.], 2003).

Stoupání vodní hladiny toku však nemusí být nutně vyvolané extrémní srážkovou situací nad daným povodím. Dalším způsobem vzniku povodně může být např. jarní tání sněhu, ucpání koryta ledovou bariérou, částečné nebo úplné zahrazení toku splaveninami či sesuvem vysokých břehů do koryta toku apod. (Kemel, 2000).

Jedná – li se vznik povodní z tajícího sněhu v horských oblastech, má na tuto problematiku Krečmer ... [et al.] (2003, s. 20) názor takovýto: „Dlouhodobá šetření ve smrkových a bukových porostech i na kalamitních holinách v Orlických horách potvrdila, že nebezpečí

nehrozí ani při intenzivním tání sněhu, pokud toto není doprovázeno přivalovými srážkami. Lesní půdy totiž v horských polohách v zimě nepromrzají a podržují si infiltrační schopnost do jarního tání sněhu.“ Kemel (2000) k tomuto dodává, že pokud je půda pod sněhovou pokrývkou zmrzlá, vzniká často v důsledku rychlého tání sněhu velká povodeň, narůstající na objemu případnými dešťovými srážkami.

### 3.3.3 Průběh povodně

Průběh povodňové situace se vyznačuje postupným nárůstem velikosti průtoku daného toku, dosažení vrcholu, tedy maximálního průtoku – tzv. kulminace toku, a následným snižováním průtoku a návratu do průtokového normálu (Dub, Němec ... [et al.], 1969).

Rozsah takovéto události přímo závislí na existenci a vlastnostech činitelů ovlivňujících odtok z daného území, dále také na typu říční sítě a samotného povodí (Netopil ... [et al.], 1984). Proto se této problematice věnuji podrobněji v oddělení 3.4.

### 3.3.4 Dělení povodní

Netopil (1970) dělí povodně podle zdroje vzniku na povodně z dešťů, ze sněhu, z ledovců a povodně způsobené přirozeným vzduším hladiny bez výrazného zvýšení průtoků.

Kemel (2000) zase rozeznává povodně podle příčiny vzniku na povodně dešťové, sněhové a smíšené. Další možný způsob dělení taktéž podle příčiny vzniku je možný na povodně dešťové, sněhové, smíšené a ledové (Brázdil ... [et al.], 2005).

### 3.3.5 Datování povodní

V nížinných, zpravidla hojně zalidněných a v dobře přístupných, oblastech existují téměř o všech velkých a ničivých povodních dobové záznamy, např. v kronikách. Jiná situace a informovanost o takovýchto událostech je ovšem v hůře přístupných, neobydlených vrchovinných a horských oblastech. Zde se jako nejčastější a zcela nejvhodnější metodou pro datování povodní jeví metoda dendrochronologická (Ciapala, Holeksa, Zielonka, 2008).

Ta je aplikovaná především na malá horská povodí, s velkým spádem a extrémním podnebím, na kterých je častý výskyt povodní. Společně s uvažovanými měřeními meteorologických stanic na území povodí zasaženého povodní, popř. v jeho těsné blízkosti, lze dosáhnout věrohodných a cenných údajů pro doložení dané povodňové události. Tato metoda také pomáhá k prokázání provázanosti nadměrných srážkových úhrnů a vzniku povodně, tj. k identifikaci extrémních srážko-odtokových situací (Ciapala, Holeksa, Zielonka, 2008).

### 3.3.6 Předpověď povodní

V současné době existuje a probíhá mnoho studií, které se snaží za použití různých srážkových a hydrologických modelů pro daná povodí předpovědět přibližnou dobu a rozsah povodňových událostí (Menabde, Sivapalan, 2001).

Jedním z nich je i srážko-odtokový model užívaný především pro malá povodí s názvem TOPMODEL. Vstupními daty pro tento model jsou srážkové statistiky povodí, roční hodnoty kulminačních průtoků a tradiční plynulé hydrografické simulace. U sledovaných povodí se prokázalo, že díky tomuto modelu lze předpovědět frekvenci obou hydrologických extrémů a jejich průběh podložený přibližnými hodinovými průtoky dané hydrologické události. Nelze však jednoznačně předpovědět velikost kulminačních průtoků a jejich přesné načasování (Blažková ... [et al.], 1999).

TOPMODEL byl mj. použit v ČR na „velké“ toku Želivka o rozloze 1186 km<sup>2</sup>, kde se ukázalo, že daná metodika je schopna redukovat četnost pozorovaných povodní (Blažková, Beven, 2004).

### 3.4 Činitelé ovlivňující odtok s ohledem na vznik extrémních srážko-odtokových situací a následných povodní

Co se týče přírodních podmínek daného povodí, mají podle Netopila (1984, s. 164) zásadní vliv na odtok z daného území, neboť píše, že „fyzickogeografické poměry povodí mají rozhodující vliv na velikost odtoku, jeho plošné a časové rozložení a na vývoj mnoha hydrologických jevů spojených s odtokem a doprovázejících ho“.

Mezi základní typy fyzicko-geografických poměrů povodí patří geografická poloha, orografické, geologické, pedologické a klimatické poměry, vegetační pokryv, retenční schopnost vodních nádrží a bažin a antropogenní ovlivnění krajiny (Kemel, 2000).

Všechny fyzicko-geografické poměry spolu navzájem velice úzce souvisí a přímo ovlivňují odtokové poměry povodí, proto je jim potřeba při každé hydrologické studii věnovat zvláštní pozornost (Dub, 1963).

*Pozn.: Níže uvedené poměry jsou spolu vzájemně propojené a na vzniku povodňových situací spolupůsobí. Proto se působnost některých poměrů objevuje i v podkapitolách, které jim nebyly vyhrazeny, ale z tohoto důvodu je vhodné se o nich na daném místě zmínit.*

#### 3.4.1 Geografická poloha

Geografická poloha je určující především pro klimatické poměry povodí, které zásadně ovlivňují poměry hydrologické. Je určena zeměpisnými souřadnicemi (zeměpisnou šířkou a délkou) daného území (Kemel, 2000).

Dále lze vyjádřit i tzv. hydrologickou polohou, což je poloha daného povodí ve vztahu k okolním povodím nebo také k povodí hlavní řeky, ve kterém se uvažované povodí nachází (Netopil ... [et al.], 1984).

Dále lze také určit ve vazbě na geomorfologické útvary v daném povodí, jako je např. horský masiv, horská pánev apod. Toto určování geografické polohy je nejčastěji využívané, neboť jasněji a přesněji odráží přírodní podmínky daného povodí a v souvislosti s extrémními srážko-odtokovými situacemi je daleko vhodnější, neboť lépe reprezentuje jejich potenciální výskyt (Kemel, 2000).

#### 3.4.2 Orografické poměry

Orografické poměry povodí lze také uvést pod názvem výškové či sklonitostní poměry. Nejlépe pro jejich určení slouží vrstevnicové mapy, ze kterých lze vyčíst důležitá fakta o daném území, jako jsou nadmořská výška pramenné oblasti a závěrového profilu (tudíž celkové výškové převýšení toku), nejvyšší a nejnižší nadmořská výška v povodí (nejnižší nadmořská výška povodí je rovna nadmořské výšce závěrového profilu), orientace a velikost sklonitosti geomorfologických útvarů v povodí vůči světovým stranám apod. (Netopil ... [et al.], 1984).

Charakter orografických poměrů přímo ukazuje tzv. hysografická (hypsometrická) křivka, ze které lze určit např. podobně jako v mapě nejvyšší a nejnižší nadmořské výšky v povodí, celková spádovost toku, dále podíl jednotlivých intervalů nadmořských výšek povodí atd. Tato fakta velkou měrou slouží k vytvoření představy o základních vlastnostech toku a k jeho reakci na případný výskyt a průběh extrémních srážko-odtokových situací (Kemel, 2000).

Výše uvedené poměry mají přímý vliv na klimatické poměry daného území (srážkové úhrny, teplotu a vlhkost vzduchu, výpar ...) a tak především na odtok z daného území z hlediska rychlosti a objemu odtékající vody což je důležité nejen pro průběh povodně (Dub, 1963).

Orografické poměry povodí jsou určující pro množství srážkových úhrnů a jejich charakter nad daným povodím, ukazují tak potenciální území pro možnost vzniku extrémních srážko-odtokových situací (Vysoudil, 1997).

### 3.4.3 Geologické poměry

Geologické poměry všeobecně ovlivňují odtok mírou propustnosti hornin daného území, která určuje množství a rychlost vsaku (infiltrace) spadlých srážek, tak i jejich následného povrchového a podpovrchového odtoku (Kemel, 2000).

Propustnost hornin přímo ovlivňuje míra jejich zvětrání a schopnost tomuto činiteli odolávat, které jsou daleko důležitější pro formování odtokových charakteristik povodí, než samotné fyzikální vlastnosti hornin ve vztahu k propustnosti (Netopil ... [et al.], 1984).

V souvislosti s geologickými poměry povodí píše Kříž a Sochorec (1982, s. 14), že „variabilita průtoků se zvyšuje s nižší propustností hornin.“

Díky těmto poznatkům lze tedy souhrnně říci, že vznik a následný průběh extrémních srážko-odtokových situací je ovlivněn mírou zvětrání a propustností hornin v podloží určitého povodí. Nepropustné horniny tedy zdůrazňují průtokové extrémy toku. Takové toky dosahují ve svých povodňových stavech extrémních průtokových hodnot. Příkladem nepropustných popř. velmi špatně propustných hornin jsou flyše, u nás např. v oblasti Beskyd (Kemel, 2000).

### 3.4.4 Pedologické poměry

Podobně jako poměry geologické, tak i pedologické poměry určují velikost a rychlost vsaku a tím přímo ovlivňují odtok z hlediska velikosti časového a plošného rozdělení. Souhrnně lze říci, že objem a rychlost průběhu povodňových situací jsou s rostoucí propustností půdního krytu a zároveň jeho vyššího retenčního potenciálu snižovány (Kemel, 2000).

Důležitým faktorem, který určuje rozsah a průběh povodňových událostí, je momentální provlhčení půdy před započítáním vypadávání srážek zapřičiňujících povodně (Marchi ... [et al.], 2010).



Míra propustnosti půd je určena především zrnitostním složením, strukturou, obsahem humusu, solí apod. Problémem je určení propustnosti půdy na delší časové úseky, neboť její momentální stav vlhkosti, kyprosti, popř. ulehlosti je během roku velice proměnný (Netopil ... [et al.], 1984).

Vytvořené špatné podmínky půdy pro však jsou často výsledkem činnosti člověka. I tato skutečnost přispívá ke zvýšenému riziku vzniku povodní (Dub, 1963).

Velikým rizikem a zároveň častým způsobem vzniku povodně je intenzivní jarní tání sněhu. Toto povodňové riziko se zvyšuje s momentálními fyzikálními vlastnostmi půdy a jejími průsakovými schopnostmi. Pokud je půda na podzim značně podmáčená, dojde k zámruzu a následnému vytvoření sněhové pokrývky, vzniká ideální možnost pro vznik jarní povodně. Tající voda odtéká po zmrzlém podloží rovnou do toku a stává se tak okamžitou součástí odtoku. V důsledku toho dochází k rychlému a značnému nárůstu vodnosti dané řeky a často následnému vzniku nebezpečné povodně. Objem takovéto povodně se ještě více zvyšuje tehdy, pokud je tání sněhu současně doprovázeno deště (Kemel, 2000).

Co se týče vlastností lesní půdy, má oproti půdě zemědělské několikanásobně vyšší infiltrační kapacitu a intenzitu průsaku srážkové vody (tj. 5 – 9 krát), daleko lépe tak tedy zabraňuje vzniku povodní. Toto však platí za předpokladu, že se jedná o půdu zdravého lesního komplexu. Všeobecné tvrzení o lesních půdách je takové, že i za předpokladu méně příznivých půdních poměrů jsou schopny snižovat objem velkých vod na malých tocích až na ¼ z celkového množství srážek (Krečmer ... [et al.], 2003).

### 3.4.5 Klimatické poměry

Základními činiteli klimatických poměrů ovlivňujících odtok (velikost a časové rozložení) jsou atmosférické srážky, teplota vzduchu a výpar (Netopil ... [et al.], 1984).

U atmosférických srážek je pro odtok rozhodující jejich dopadlé množství na povodí v určitém časovém úseku (den, měsíc, rok ...), skupenství, intenzita a roční chod. Teplota vzduchu má pak rozhodující vliv na akumulaci a rychlost tání sněhové pokrývky a ledu, dále také na množství a rychlosti výparu nad daným územím. (Netopil ... [et al.], 1984).

Nejdůležitějšími klimatickými faktory způsobujícími povodně jsou pak výskyty intenzivních krátkodobých dešťů, způsob akumulace a následné tání sněhové pokrývky (Kemel, 2000).

Nejpříhodnějšími oblastmi pro vznik extrémních srážko-odtokových situací jsou místa s častými a vysokými srážkovými úhrny. Jedná se o dva typy území. Prvním typem území splňujícím tyto předpoklady jsou návětrné svahy horských pásem, druhým typem území pak svahy horských pásem s jižní expozicí (Vysoudil, 1997).

Velké letní povodně s pustošivým účinkem na území České republiky jsou zapříčiněny určitými cirkulačními podmínkami v atmosféře. Tyto podmínky způsobují plošně rozsáhlé vydatné deště, které trvají od jednoho do několika dní. Srážky obecně vznikají při existenci

výstupných pohybů vzduchu vznikajících termickou konvekcí. Orografický návětrný efekt, oblasti cyklon a brázdy nízkého tlaku vzduchu v nižších hladinách atmosféry, dále cyklonální pohyby vzduchu v oblasti atmosférických front, mají za těchto podmínek za následek vznik bouřkových mraků. Obvykle se ale na vypadávání povodňových srážek podílí kombinace výše uvedených příčin, popřípadě spolupůsobení všech (Hladný in Langhammer, 2007).

### 3.4.6 Vegetační pokryv

Vliv vegetace na regulaci odtoku vody z povodí a pozitivní zpomalující efekt vzniku povodní je neoddiskutovatelný. Zde záleží především na množství a typech vegetace zachycující, zadržující a regulující atmosférické srážky (Kemel, 2000).

Nejlepším srážkovým, tudíž následně průtokovým regulátorem jsou vyspělé zdravé lesní porosty. S vegetačním pokryvem souvisí proces označovaný jako intercepce, což je zachycení srážek na nadzemních částech vegetace (těla rostlin, koruny stromů). Tento proces zachycuje poměrně vysokou část srážkové vody, celkový odtok je pak v tomto důsledku nižší (Kemel, 2000).

V případě existence dokonalého vegetačního pokryvu (např. zdravý smíšený les) se dané povodí vyznačuje nízkými kulminačními průtoky. Jako další pozitivní ovlivňování celkového odtoku (ve smyslu regulace vysokých srážkových vod) vegetací je prodlužování dotoku vody do řeky a tím i snižování kulminačních průtoků. Dále také zabraňuje eroznímu odnášení materiálu z povodí (Kemel, 2000).

Celková protipovodňová ochrana vegetace závisí na hustotě jejího rozmístění, zdraví a ročním období. Z toho lze usuzovat, že tato schopnost je nejvyšší v letních měsících, tj. když jsou rostliny porostlé listy (Kemel, 2000).

#### 3.4.6.1 Lesní porosty – regulátor povodní

Lesní porosty jsou významné z hlediska vyrovnávacího efektu. Tento efekt spočívá v tom, že jsou tlumeny průtokové extrémy. V důsledku toho jsou povodňové kulminační průtoky toků, způsobené extrémními srážkovými úhrny či táním sněhu, celkově nižší (Kemel, 2000).

Přestože za dlouhotrvajících, silných regionálních dešťů dojde po určité době k naplnění vodní kapacity lesních ekosystémů a k razantní změně jejich retenční schopnosti, působí les i potom lépe ve srážko-odtokovém procesu než bezlesí. Dřevinný porost je dobrým pohlcovačem srážkové vody a velkou měrou zamezuje vzniku povodní. Zdravý lesní porost dokáže totiž odčerpat až 5 mm vody za 24 hodin, a až 40 mm vody za týden za bezsrážkového počasí radiačního typu (Krečmer ... [et al.], 2003).

Rozhodující složkou lesních ekosystémů vyrovnávající průtokové extrémy je lesní půda. Ostatní složky lesních ekosystémů v porovnání s lesními půdami – jako především druhová skladba, struktura či věk – nejsou tak podstatným regulujícím faktorem extrémních odtoků,

jejich význam je ale i přesto veliký. To dokládá skutečnost, že v povodích, na kterých došlo ke kalamitnímu odumření lesa (zejména jehličnatého), může docházet zpočátku k vyšším kulminačním průtokům. Ty jsou způsobeny snížením transpiračního výparu a možným vyšším stokem vody po kmeni, způsobeným sloupáním borky z kmenů a větví (Krečmer ... [et al.], 2003).

Kalamitní odumírání lesů, především jehličnatých, je způsobeno neblahými dopady průmyslové výroby a energetiky na krajinu, dále také činností přemnožených lesních škůdců. Důsledkem narušení, či odumření rozsáhlých lesních porostů, je zvýšení četnosti a velikosti povodňových událostí klimatických příčin (Kemel, 2000).

Díky tomuto poškození stromů dochází v zimních měsících i k vyšší akumulaci sněhové pokrývky postiženého povodí. Vyšší vodní hodnota sněhové pokrývky pod korunami stromů bez jehličí může způsobit vyšší kulminační průtoky z tajícího sněhu, které mohou nastat o řadu dní dříve. Průběh povodní v postiženém povodí je pak daleko dynamičtější, rozsáhlejší a ničivější (Krečmer ... [et al.], 2003).

### **3.4.7 Retenční schopnost vodních nádrží, bažin, rašelinišť a mokřadů**

#### **3.4.7.1 Vodní nádrže**

Přirozené i umělé vodní nádrže mají také vliv na odtok z povodí. V souvislosti s odtokem a jeho ovlivněním rozlišujeme dva typy vodních nádrží (Kemel, 2000).

Prvním typem jsou nádrže protékané, přes které daná řeka protéká a je jimi přímo ovlivněna tak, že její odtok je především tzv. retardován neboli pozastavován (Kemel, 2000).

Druhý typ nádrží je nazýván jako neprotékané (popř. bezodtoké), které mají přímou retenční (zadržovací) schopnost vody dopadajících srážek přímo na hladinu a do dané nádrže přítékajících (Kemel, 2000).

Všeobecně lze o vodních nádržích říci, že působí především jako regulátory průtoků řek. Jejich lokace zpravidla souvisí s výší jejich vlivu na odtok z povodí, který zpravidla roste směrem od horního toku k dolnímu (Kemel, 2000).

Díky této činnosti vodních nádrží je odtok z daného území vyrovnanější, během extrémních povodňových průtoků pozvolnější a méně devastující, než v povodích, kde se vodní nádrže nevyskytují, nebo jsou zastoupeny v nedostatečném množství (Kemel, 2000).

#### **3.4.7.2 Bažiny, rašeliniště, mokřady**

Regulující a akumulující schopnost těchto ekosystémů je podobná jako u vodních nádrží. Jejich nevýhodou je pouze akumulace vody pouze do omezené povrchové hloubky (od určité hloubky jsou vůbec, popř. jen málo propustné), zároveň díky této schopnosti mají značně větší

povrchový výpar než volná vodní hladina. Pro extrémní srážkové situace jsou významné snižováním kulminačních průtoků toku (Kemel, 2000).

Retenční funkce takovýchto stanovišť je ještě zlepšena stromovým porostem s vysokou transpirační schopností, především olše, břízy, jasanu, jedle, borovice apod. (Krečmer ... [et al.], 2003).

### 3.4.8 Antropogenní ovlivnění krajiny

Ovlivnění krajiny člověkem je v závislosti na odtokové poměry povodí velice významné a projevuje se jak účinky pozitivními, tak i negativními (Netopil ... [et al.], 1984).

K pozitivnímu ovlivnění odtoku z hlediska vodohospodářských opatření dochází především díky budování umělých nádrží, protipovodňových hrází, v některých případech i umělých řečišť a odvodňovacích kanálů. Dále také opatření agrotechnická a biologická, kterými jsou např. terasování svahů, zasakovací vegetační pásy dřevin či víceletých pícnin (Netopil ... [et al.], 1984).

Jako kladný účinek se jim přikládá schopnost zadržení vody v krajině, možnost regulace vodnosti toku a během extrémních průtokových událostí schopnost rozložit, popř. úplně zastavit povodňovou vlnu (Kemel, 2000).

Negativní činnost člověka se ukázala především v důsledku rychlého odtoku vody z krajiny a velké rozkolísanosti průtoků během jednotlivých období roku (Kemel 2000). Zodpovědnost za tuto skutečnost nese především odlesnění rozsáhlých oblastí. Došlo tak k odstranění přirozených regulátorů odtoku. Na některých místech v této souvislosti, především v horských oblastech, došlo v extrémních případech až k devastaci krajiny, jejíž hlavní příčinou byla eroze mající za následek odnos velkého množství půdního materiálu (Netopil ... [et al.], 1984).

V nížinných oblastech, tj. na dolních středních a dolních tocích řek, se ukázalo záporně opatření tzv. napřimování toků, které sice zrychluje odtok vody z krajiny, avšak v povodňových stavech díky absenci přirozených zákrutů a meandrů nestačí akumulovat a v dostatečné rychlosti odvádět přitékající vody, takže dochází k vylití řek z koryt a následně k ničivým záplavám (jako příklad zde pro ČR lze uvést dolní tok řeky Moravy (Netopil ... [et al.], 1984)).

Další negativní vliv na odtok mají zastavěné plochy a komunikace (silnice, dálnice, přistávací dráhy letišť ...), které nejsou schopny vsaku a dopadá voda (kromě vypařené) okamžitě odtéká a velkou měrou přispívá ke vzniku povodní (Kemel, 2000).

Ke vzniku povodní v lesních komplexech vysokou měrou přispívají lesní komunikace a pozůstatky po těžbě dřeva, způsobené lesnickou a těžářskou mechanizací (Krečmer ... [et al.], 2003).

### 3.5 Shrnutí

V této rešeršní části pod názvem „Extrémní srážko-odtokové situace“ jsem se pokusil výstižně popsat vznik povodňových událostí, s důrazem na povodně vzniklé extrémními dešťovými srážkami. Další způsoby vzniku povodní jsem uvedl pro lepší komplexní pohled na povodňovou problematiku a dále také z důvodu, že povodňové události často vznikají spolupůsobením více faktorů.

Pokusil jsem se tuto problematiku sledovat od tvorby srážkové vody v atmosféře, přes její vypadávání na zemský povrch a následný transport odtokem až do závěrového profilu povodí. Zjistil jsem, že srážko-odtokový proces je velice složitým jevem ovlivněným mnoha faktory, zejména pak fyzicko-geografickými. V důsledku toho jim věnuji značnou část této práce. Jejich existence, struktura a spolupůsobení jsou základem pro vysvětlení, odhad a hodnocení povodňových událostí.

Jsem si vědom, že povodně jsou s krajinou a jejími živými i neživými částmi pevně spjaty. Proto jsem přesvědčen o tom, že jejich výskyt, sledování a výzkum bude neustále aktuálním tématem, neboť základna rozmanitosti pochopení a popsání povodňových jevů je takřka nevyčerpatelná.

## **KAPITOLA 4**

# **ROZBOR A ZPRACOVÁNÍ VYBRANÝCH HYDROLOGICKÝCH UDÁLOSTÍ ROKU 2009 PRO ÚZEMÍ ZÁJMOVÉ OBLASTI VE VAZBĚ NA EXTRÉMNI SRÁŽKO- ODTOKOVÉ SITUACE**

### **4.1 Metodika práce a zdroje dat**

Pro zpracování extrémních srážko-odtokových situací v oblasti zájmového území byly vybrány tři hydrologické události. Jedná se o extrémní průtoky způsobené táním sněhové pokrývky, krátkodobými vydatnými srážkami (tj. bouřkami a přívalovými dešti) a dešti dlouhodobého charakteru.

Sněhové povodně byly podle dostupných dat modelovány na základě vztahu teploty vzduchu a průběhu a velikosti odtoku. Teploty vzduchu pocházejí z klimatické stanice Souš, kde se měří ve standardní výšce nad zemským povrchem, tj. ve 2 metrech. Na základě znázornění obou veličin v grafech (tj. teplot a průtoků) dojde k jejich vzájemnému porovnání a popsání závislosti. Zároveň bylo počítáno s možným navýšením průtoků nově vypadávajícími srážkami. Podle dostupných měření ze stanic Nová louka, Souš a Jizerka v období 9. - 16.4.2009 však v zájmovém území nedocházelo k vypadávání srážek.

Zvýšení průtoků důsledkem přívalových a jiných typů vydatných srážek byla zpracována na základě kombinovaného vykreslení průtoků řek a úhrnů srážek do grafu. Průtok je zde znázorněn jako spojitá veličina liniovým prvkem, srážky jsou pak znázorněny ve sloupcích. Vykreslení obou veličin do jednoho grafu má za cíl ukázat a usnadnit určení doby mezi srážkovým a v reakci na něho průtokovým maximem. Popisy u grafů (obr. 20 - 27) vysvětlují slovně vztahy jednotlivých veličin a dodávají ostatní informace.

Povodně zapříčiněné dešti dlouhodobého charakteru byly zpracovány obdobně jako povodně bleskové. Rozdílná je pouze délka sledované hydrologické události. Grafy znázorňující povodně vzniklé dlouhotrvajícími srážkami zachycují přirozeně na vodorovné ose delší časový úsek. V této části zpracování je sledován vztah mezi celkovými

srážkovými úhrny a velikostmi kulminačních průtoků. Proto byl spočítán celkový a průměrný úhrn srážek sledovaného období (viz tab. 3) nad územím jednotlivých povodí. Ten poslouží navíc k porovnání vydatnosti srážek v jednotlivých hydrologických událostech. Podle poznatků zapsaných v rešeršní části „Extrémní srážko-odtokové situace“ by měl být celkový srážkový úhrn dešťů dlouhodobého charakteru vyšší než dešťů přívalových a jiných vydatných dešťů ostatních typů.

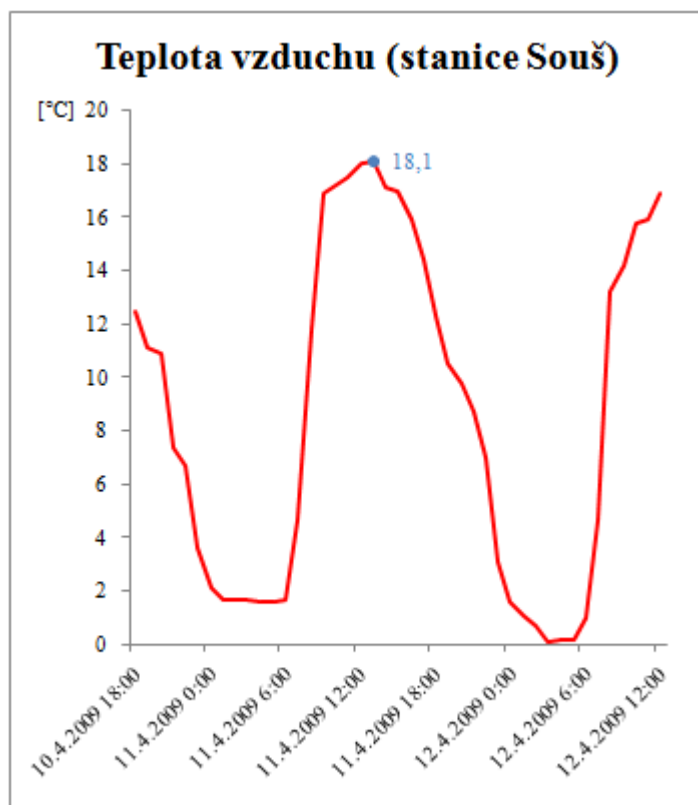
Data pro účel zpracování extrémních průtokových situací v této bakalářské práci poskytl ČHMÚ. V ucelené podobě se jedná o část naměřených údajů ze všech sedmi experimentálních povodí v Jizerských horách v hydrologickém roce 2009. Těmito údaji jsou hodinové průtoky v období 15.2. – 31.8.2009 z limnigrafických stanic: Uhlířská – povodí Černé Nisy, Blatný rybník – povodí Blatného potoka, Kristiánov – povodí Kamenice, Smědava I. – povodí Bílé Smědé, Smědava II. – povodí Černé Smědé, Jezdecká – povodí Černé Desné a Jizerka – povodí Jizerky. Dále se jedná o údaje srážkových úhrnů zájmového území naměřené 21 srážkoměrnými stanicemi v hodinových intervalech za období 1.5. – 31.8.2009, hodinové úhrny srážek za období 1.3. – 30.4.2009 z klimatických stanic Nová louka, Desná – Souš a Jizerka, údaje z manuálního měření sněhu od 15.2.2009 do konce měsíce dubna, hodinové hodnoty teplot z klimatické stanice Souš za období 15.2. – 31.8.2009 a zeměpisné souřadnice jednotlivých limnigrafických a srážkoměrných stanic a míst sněhoměrných profilů. Pro účel bakalářské práce byly vybrány potřebné údaje z celého objemu poskytnutých dat.

## 4.2 Zpracování a dosažené výsledky

### 4.2.1 Povodně sněhové

První výraznější zvýšení průtoků na všech tocích zájmového území v důsledku jarního tání sněhových srážek v hydrologickém roce 2009 se objevuje dne 28.3.2009. Příčinou bylo zvýšení teplot vzduchu od 26.3.2009, které přineslo první větší jarní oblevu. Následně docházelo v důsledku postupného zvyšování teplot v dalších dnech i k nárůstu průtoků. Kulminačních průtoků v důsledku jarního tání dosahují vodní toky dne 11.4.2009. Této hydrologické události se nyní budu níže podrobněji věnovat. Podle dostupných údajů získaných manuálním měřením sněhu leželo na území zájmové oblasti na konci měsíce března v průměru od 80 do 150 cm sněhu, který na drtivé většině území roztál do konce měsíce dubna. Nadprůměrné průtoky zapříčiněné jarním tání trvají u všech vodních toků přes měsíc, doznívají na přelomu 1. a 2.5.2009.

Obr. 12 Teplota vzduchu na stanici Souš 10.4.2009 18:00 – 12.4.2009 12:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

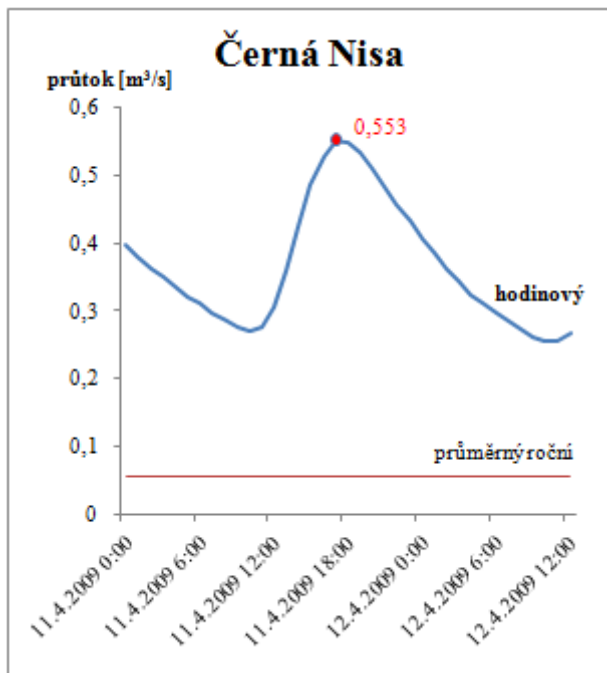


Z klimatického hlediska je zájmové území charakteristické poměrně vysokými teplotními rozdíly mezi dnem a nocí. Denní amplituda teplot dne 11.4.2009 byla 16,6 °C, o den dříve 18,1 °C. Teplotní maximum dne 11.4.2009 bylo naměřeno ve 13:00 hodin o hodnotě 18,1 °C (obr. 12). Od 9.4.2009 neklesly teploty vzduchu pod 0°C, tudíž k tání sněhu docházelo i v noci. Denní teploty pak byly v předchozích dnech vysoké, okolo 18°C. K vypadávání srážek ve sledovaném období tedy nedocházelo, i tak byly ale klimatické poměry příhodné pro

vznik extrémních průtoků v důsledku jarního tání.

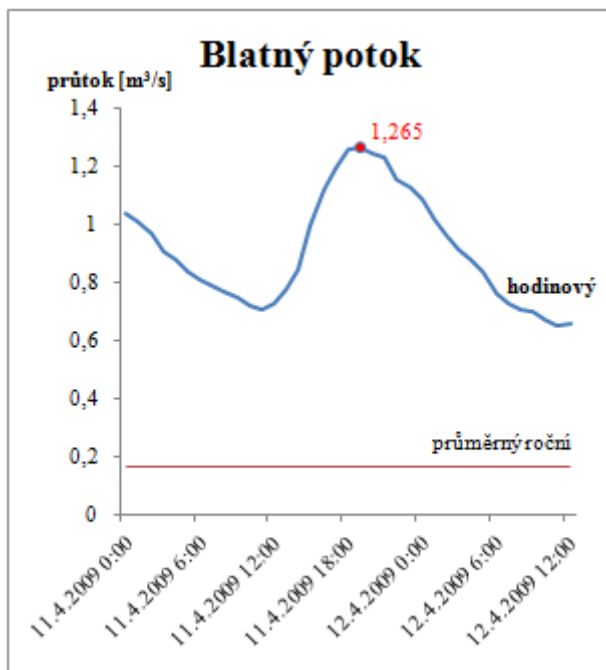


**Situace jednotlivých toků zájmového území v období 11. 4. 2009 0:00 – 12. 4. 2009 12:00**



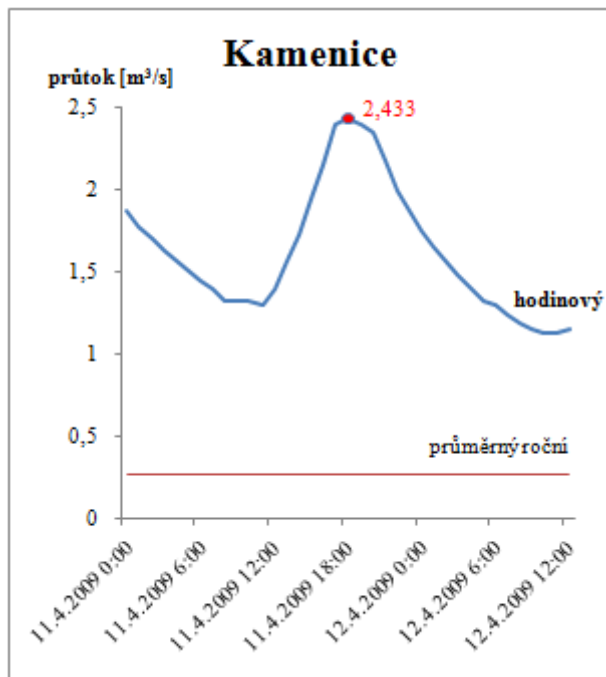
**Obr. 13 Průtok Černé Nisy 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00** (zdroj: databáze ČHMÚ)

Kulminačního průtoku z tání sněhu dosáhla Černá Nisa 11.4.2009 v 17:00 hodin. Průtok činil 0,553 m<sup>3</sup>/s, což je téměř desetinásobek průměrného ročního průtoku v hydrologickém roce 2009, který má hodnotu 0,0544 m<sup>3</sup>/s.



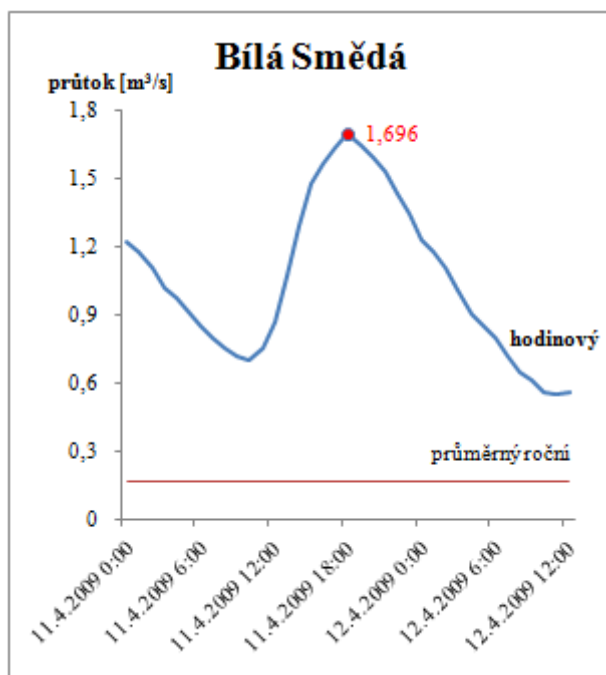
**Obr. 14 Průtok Blatného potoka 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00** (zdroj: databáze ČHMÚ)

Blatný potok dosahuje kulminačního maxima zapříčiněného jarním táním 11.4.2009 v 19:00. Průtok nabýval v tento okamžik hodnoty 1,265 m<sup>3</sup>/s. Průměrný roční průtok v hydrologickém roce 2009 je sedmapůlkrát menší o hodnotě 0,167 m<sup>3</sup>/s.



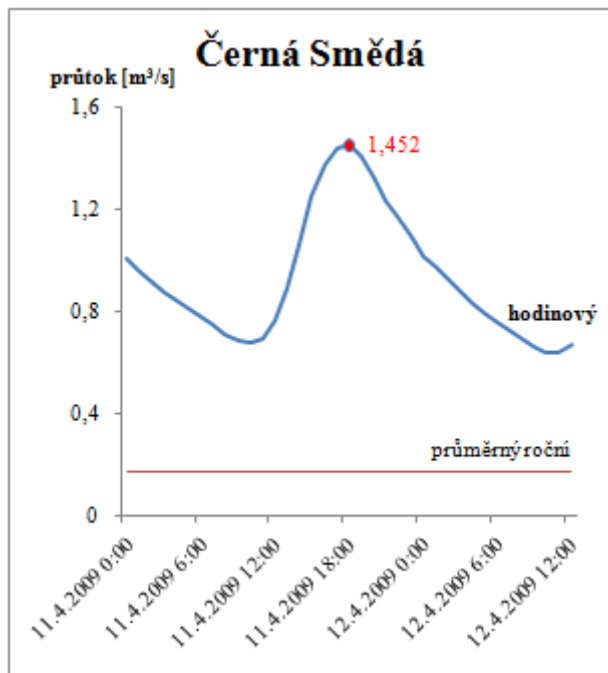
Obr. 15 Průtok Kamenice 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Jarní kulminační průtok Kamenice ze dne 11.4.2009 v 18:00 hodin o hodnotě 2,433 m<sup>3</sup>/s je devětkrát vyšší oproti průměrnému ročnímu průtoku tohoto toku v hydrologickém roce 2009. Ten u Kamenice nabýval hodnot pro zmíněný hydrologický rok 0,266 m<sup>3</sup>/s.



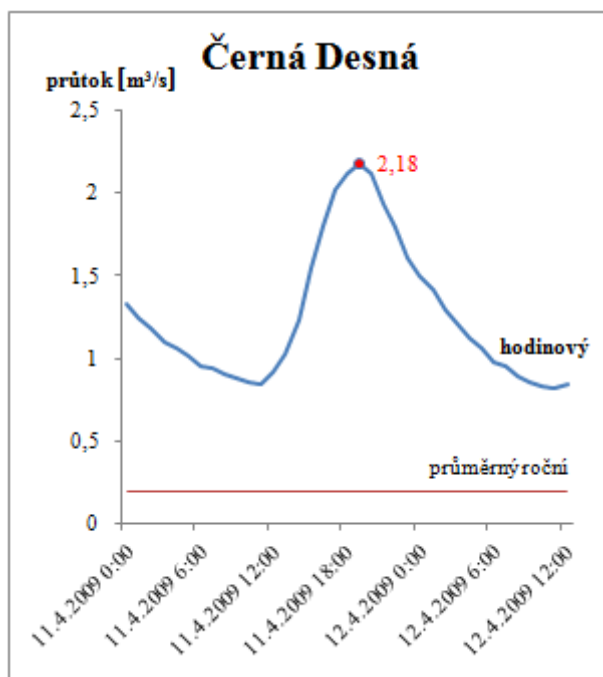
Obr. 16 Průtok Bílá Smědá 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Jarní kulminační průtok u řeky Bílé Smědě nastal 11.4.2009 v 18:00 hodin. Jeho hodnota byla 1,696 m<sup>3</sup>/s. Oproti průměrnému ročnímu průtoku 0,162 m<sup>3</sup>/s za hydrologický rok 2009 je naměřená maximální dubnová průtoková hodnota vyšší o více než desetinásobek.



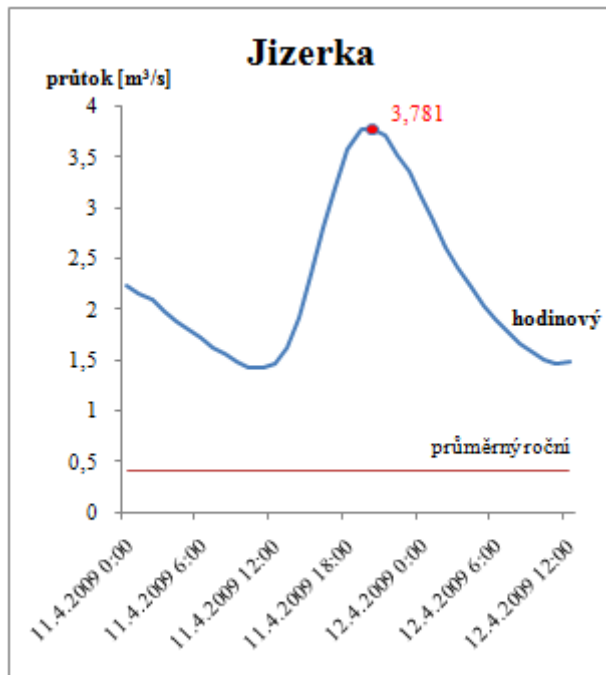
Obr. 17 Průtok Černé Smědé 11.4.2009 0:00 –12.4.2009 12:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Limnigrafická stanice Smědava II. zaznamenala kulminační průtok na Černé Smědé dne 11.4.2009 v 18:00 hodin. Jeho hodnota byla 1,452 m<sup>3</sup>/s, což je téměř devítinásobek průměrného ročního průtoku v hydrologickém roce 2009, který činil 0,168 m<sup>3</sup>/s.



Obr. 18 Průtok Černé Desné 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Řeka Černá Desná dosáhla svého jarního průtokového maxima dne 11.4.2009 v 19:00 hodin. Jeho hodnota byla 2,18 m<sup>3</sup>/s. Ta je oproti průměrnému ročnímu průtoku 0,196 m<sup>3</sup>/s pro hydrologický rok 2009 jedenáctinásobná.



Obr. 19 Průtok Jizerky 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Nejvyšší kulminační průtok 3,781 m<sup>3</sup>/s sledované hydrologické události dosáhla řeka Jizerka dne 11.4.2009 ve 20:00 hodin. Toto průtokové maximum je více než devítinásobné oproti průměrnému ročnímu průtoku Jizerky s hodnotou 0,401 m<sup>3</sup>/s v hydrologickém roce 2009.

Podle obrázků výše a jejich popisu je zřejmé prokázání závislosti velikosti průtoků na teplotě vzduchu v období jarního tání. Sledovaná průtoková epizoda je výsledkem pouze jednoho klimatického činitele – teploty, neboť podle dostupných měření srážkových úhrnů (klimatických stanic Nová louka, Souš, Jizerka) k vypadávání srážek v tomto časovém úseku nedocházelo. Přesto zde byly zaznamenány dne 11.4.2009 u všech vodních toků téměř desetinasobné hodnoty kulminačních průtoků oproti průměrným ročním průtokům v hydrologickém roce 2009.

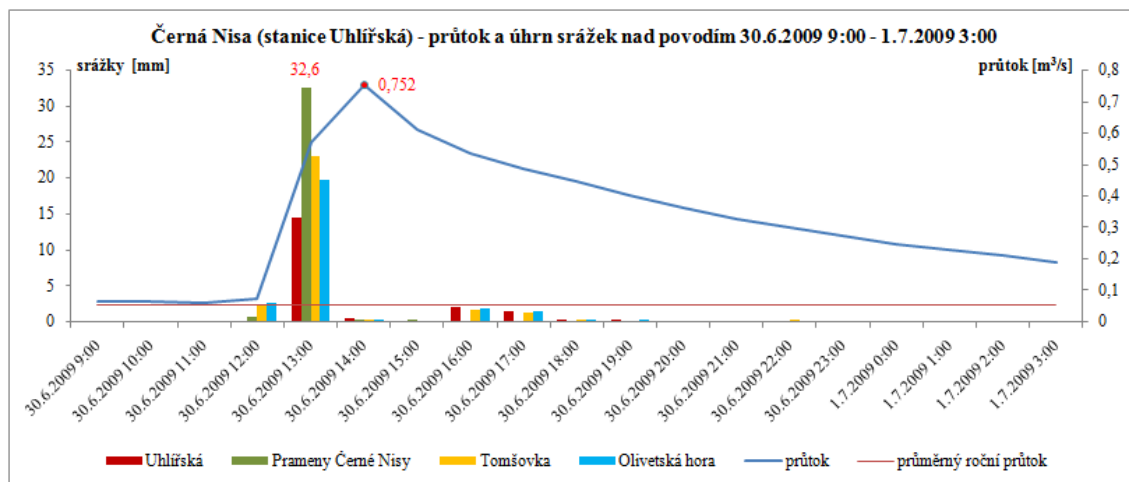
Denní průtoky řek zájmové oblasti během období jarního tání se vyznačují vysokou rozkolísaností. Jejich nárůsty a poklesy kopírují téměř jednoznačně teploty vzduchu, možné odchylky jsou způsobeny především vypadáváním srážek. Dne 11.4.2009 se u jednotlivých vodních toků mírně liší zpoždění kulminačních průtoků za naměřeným denním teplotním maximem. Nejmenší šestihodinové zpoždění a zároveň nejrychlejší reakci změn průtoků v závislosti na teplotě vzduchu zaznamenáváme na Černé Nise. Naopak nevyšší hodnotu – devítihodinové zpoždění vykazuje Jizerka. Vodní toky Kamenice, Bílá a Černá Smědá mají pak zpoždění sedmihodinové, Blatný potok a Černá Desná osmihodinové.

#### 4.2.2 Povodně bleskové – z bouřek a přívalových srážek

Jako modelová situace pro tento způsob vzniku povodně či prudkého nárůstu průtoku v krátkém časovém okamžiku byla v zájmovém území vybrána hydrologická událost ze dne 30.6.2009. Tohoto dne se na území zájmové oblasti naměřilo hodinové maximum spadlých dešťových srážek za hydrologický rok 2009 na stanici Prameny Černé Nisy o hodnotě 32,6 mm. Podle typologie hodinových srážek uvedené v Kemel (2000) se jedná o přívalový déšť, který ve stejný den i hodinu (30.6.2009 13:00) naměřila ještě stanice Tomšovka (23 mm).

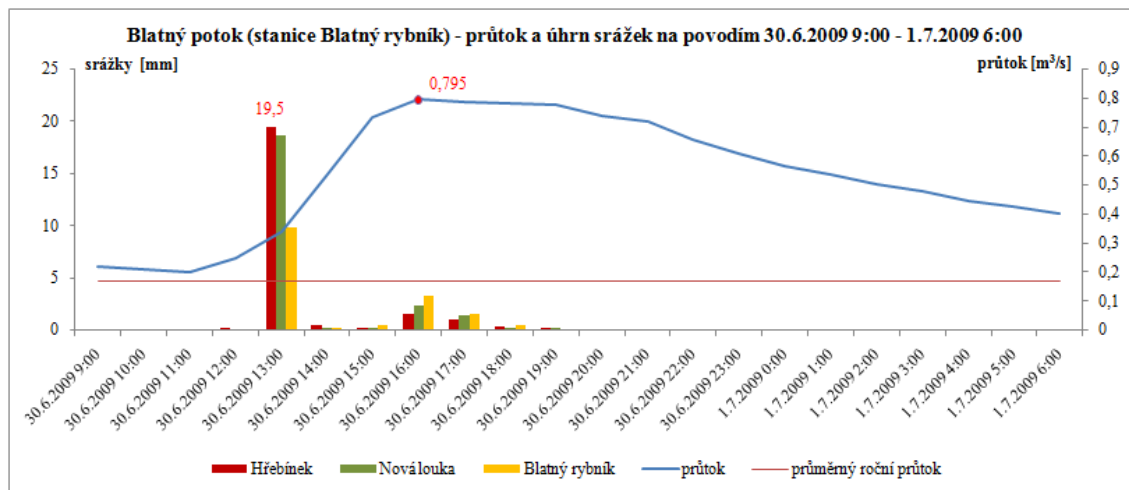
##### Situace jednotlivých toků zájmového území v období 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 (3:00)

Sledované hydrologické události na řece Černá Nisa dal vzniknout dne 30.6.2009 ve 13:00 přívalový déšť naměřený na klimatických stanicích Prameny Černé Nisy (32,6 mm) a Tomšovka (23 mm). Další vydatné hodinové srážkové úhrny naměřily i stanice Olivetská hora (19,8 mm) a Uhlířská (14,4 mm). Následoval velice rychlý nárůst průtoku Černé Nisy a hned další hodinu (ve 14:00) naměřila limnigrafická stanice Uhlířská kulminační průtok s hodnotou 0,752 m<sup>3</sup>/s, který je téměř čtrnáctinásobný v porovnání s průměrným ročním průtokem hydrologického roku 2009. Nutno podotknout, že k toliknásobnému nárůstu průtoku Černé Nisy došlo během pouhých dvou hodin. Reakce řeky na případný extrémně vysoký srážkový úhrn je doslova blesková.



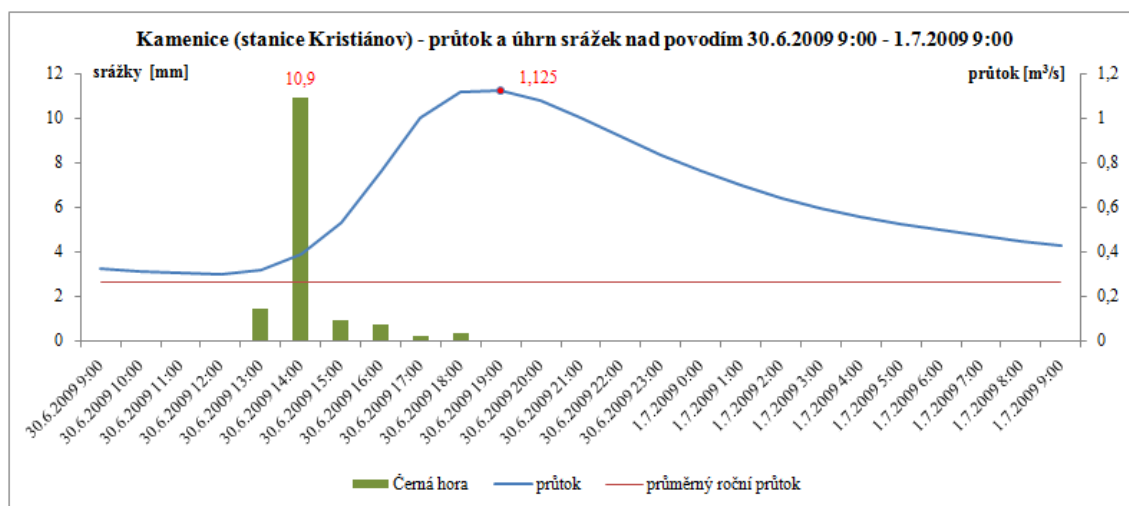
Obr. 20 Průtok Černé Nisy a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 3:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Blatný potok ve sledované hydrologické události dosáhl kulminačního maxima 0,795 m<sup>3</sup>/s dne 30.6.2009 v 16:00 hodin. To je téměř pětinasobně v porovnání s ročním průtokovým průměrem hydrologického roku 2009. Dané hydrologické události daly vzniknout vydatné srážkové úhrny naměřené na klimatických stanicích Hřebínek (19,5 mm), Nová louka (18,6) a Blatný rybník (9,8 mm). Oproti Černé Nise lze sledovat pozvolnější nárůst a pokles průtoku.



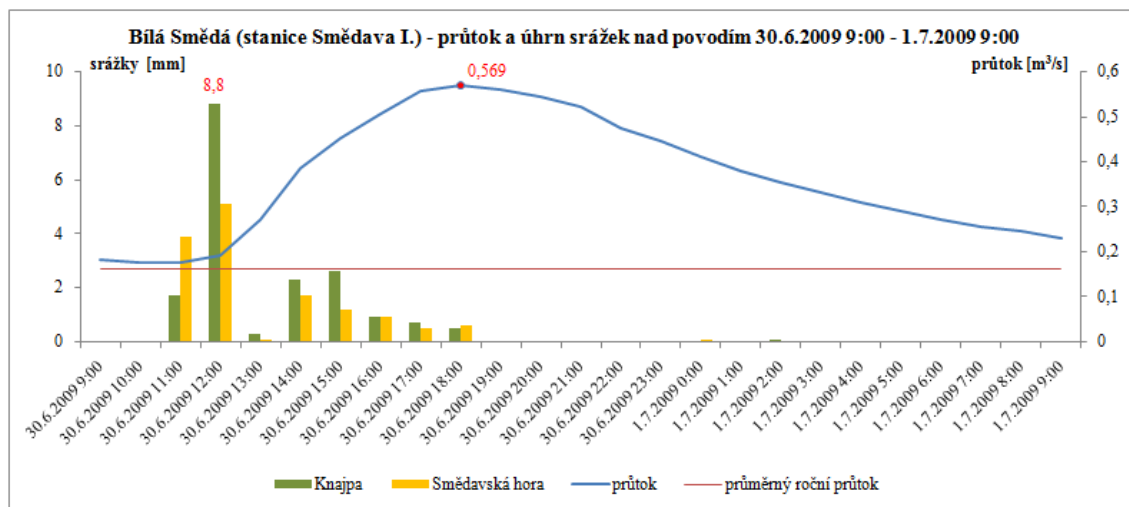
**Obr. 21 Průtok Blatného potoka a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00**  
(zdroj: databáze ČHMÚ)

Kulminační průtok Kamenice dne 30.6.2009 v 19:00 hodin s hodnotou 1,125 m<sup>3</sup>/s je v porovnání s průtokovým průměrem celého hydrologického roku 2009 téměř čtyřiapůlnásobný. Nejvyšší podíl na tomto nárůstu, ke kterému došlo během pěti hodin, měly vydatné srážky (10,9 mm) změřené dne 30.6.2009 ve 14:00 na stanici Černá hora.



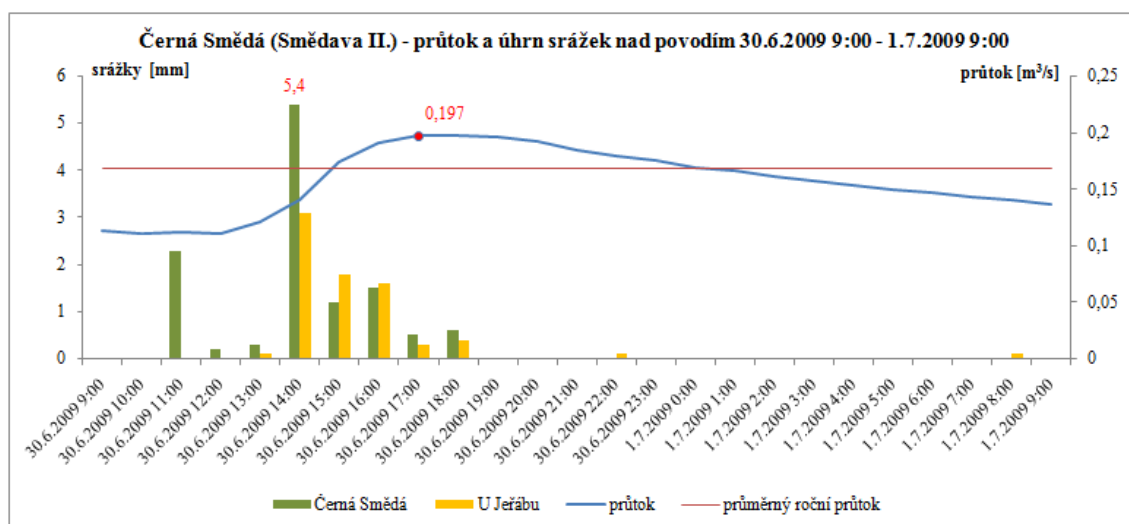
**Obr. 22 Průtok Kamenice a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00**  
(zdroj: databáze ČHMÚ)

Silný déšť změřený klimatickými stanicemi Knajpa (8,8 mm) a Smědavská hora (5,1 mm) dne 30.6.2009 ve 12:00 hodin byl hlavní příčinou nárůstu průtoku Bílé Smědě na třiapůlnásobek ( $0,569 \text{ m}^3/\text{s}$ ) oproti průtokovému normálu hydrologického roku 2009.



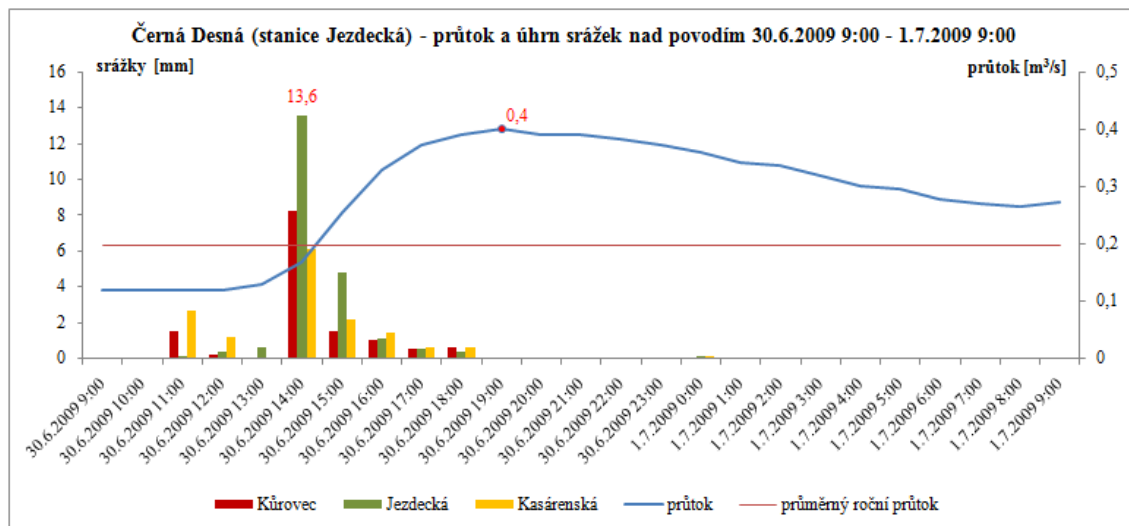
Obr. 23 Průtok Bílé Smědě a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Z obr. 24 je patrné, že dne 30.6.2009 nezasáhlo povodí Černé Smědě výraznější vypadávání srážek, a tudíž ani nárůst průtoku není nijak výrazný. Silný déšť (5,4 mm) ve 14:00 zaznamenala pouze klimatologická stanice Černá Smědá, který s méně vydatnějšími srážkami v dalších hodinách vedl k nárůstu průtoku Černé Smědě k maximální hodnotě  $0,197 \text{ m}^3/\text{s}$  v 17:00 hodin. I když tato situace není přímou ukázkou sledované hydrologické události, lze na ní konstatovat, že maximální průtok má za srážkovým maximem zpoždění přibližně tříhodinové.



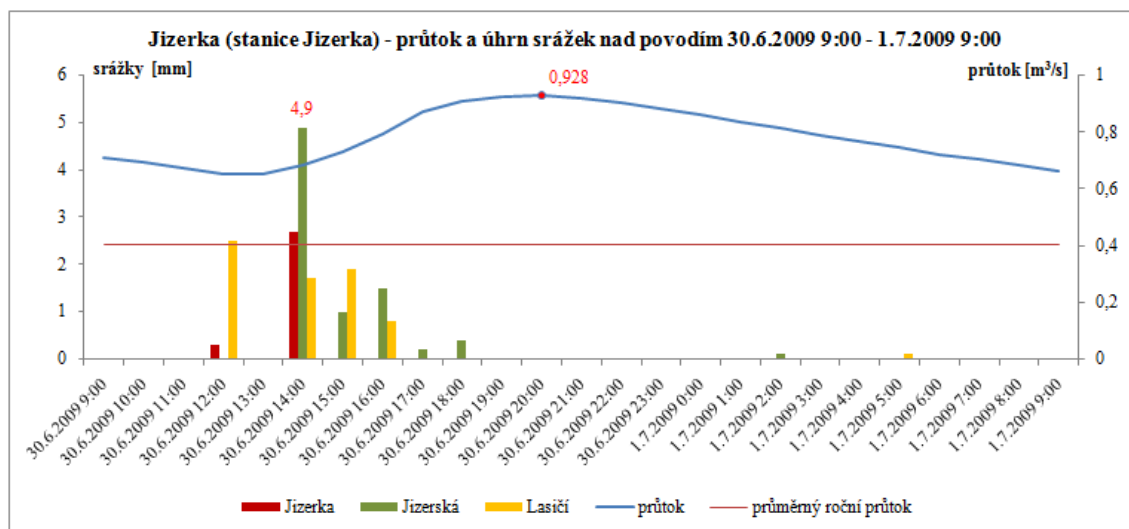
Obr. 24 Průtok Černé Smědě a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Průtokové maximum 0,4 m<sup>3</sup>/s Černé Desné dne 30.6.2009 v 19:00 hodin je oproti průtokovému průměru hydrologického roku 2009 dvojnásobné. Za srážkovým maximem dne 30. 6.2009 ve 14:00 hodin změřeným stanicí Jezdecká má zpoždění pět hodin. Dne 30.6.2009 ve 14:00 zaznamenaly klimatické stanice tyto srážkové úhrny: Jezdecká - 13,6 mm, Kůrovec - 8,2 mm a Kasárenská 6,1 mm.



Obr. 25 Průtok Černé Desné a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

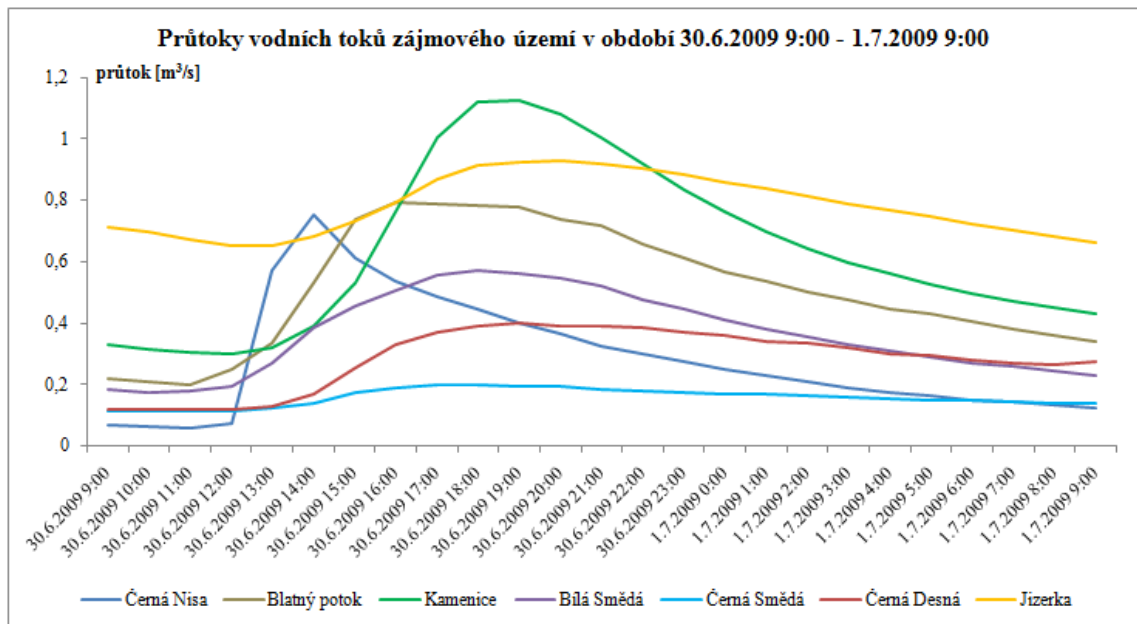
U řeky Jizerky pozorujeme podobnou situaci jako u Černé Smědé. Maximální průtok má za srážkovým maximem šestihodinové zpoždění. Během těchto šesti hodin se zvýšil průtok Jizerky o 0,278 m<sup>3</sup>/s. Srážkové maximum sledované hydrologické události bylo naměřeno dne 30.6.2009 na klimatické stanici Jizerská ve 13:00 o srážkovém úhrnu 4,9 mm. Maximální průtok 0,928 m<sup>3</sup>/s je oproti průtokovému průměru hydrologického roku 2009 více než dvojnásobný.



Obr. 26 Průtok Jizerky a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 6:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)



Z obr. 27 je patrné, že maximálního průtoku během sledované hydrologické události dosáhla řeka Kamenice. Nejrychlejší reakci a nárůst průtoků lze sledovat u vodního toku Černé Nisy, naopak průtok řeky Černé Smědé zaznamenal pouze malý nárůst a oproti ostatním vodním tokům lze konstatovat, že zůstal téměř nezměněn. Celkově lze říci, že vodní toky západní části zájmové oblasti byly dne 30.6.2009 zasaženy vydatnějšími krátkodobými srážkami, a tudíž jejich průtoky zaznamenaly prudší i vyšší nárůst.



**Obr. 27 Průtoky vodních toků zájmového území v období 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00**  
(zdroj: databáze ČHMÚ)

### 4.2.3 Povodně z dešťů dlouhodobého charakteru

V období 28. – 30.5.2009 se nad celým územím zájmové oblasti usídlila dlouhodobá oblačnost a přinesla vydatné srážky, které vedly k vysokému zdvihu hladin všech vodních toků zájmové oblasti. Deště, které zapříčinily velkou povodeň, trvaly až na pár výjimek bez přerušení celých 33 hodin (28.5.2009 10:00 – 29.5.2009 19:00). Po tříhodinové až pětihodinové pauze v časovém úseku 29.5.2009 19:00 – 30.5.2009 0:00 (doba i čas se na jednotlivých klimatických stanicích mírně liší) deště opět pokračovali, jejich intenzita byla však již nižší, stejně jako doba trvání. Kulminačních průtoků dosáhli vodní toky během prvního srážkového úseku, tj. 28.5.2009 10:00 – 29.5.2009 19:00.

Pozdější deště již k takovému nárůstu průtoků řek nepřispěly, proto jim dále v tomto zpracování není věnována pozornost. Součty celkových srážkových úhrnů na jednotlivých klimatických stanicích a z nich spočítané průměrné hodnoty pro jednotlivá povodí jsou tedy z období 28.5.2009 10:00 – 29.5.2009 19:00. Tyto výpočty byly provedeny pouze u klimatických stanic, jejichž naměřená datová řada je kompletní (viz tab. 3). Ostatní srážkoměry (Prameny Černý Nisy, Nová louka a Kasárenská) bohužel nebyly po celou dobu sledované hydrologické události v provozu. Část naměřených hodnot se ovšem od ucelených řad v daném časovém úseku mnoho neliší (Obr. 28 - 34), tudíž lze předpokládat, že i v případě jejich existence by výsledky byly obdobné.

**Tab. 3 Srážkové úhrny na povodí zájmového území 28.5.2009 10:00 - 29.5.2009 19:00**

(zdroj: databáze ČHMÚ)

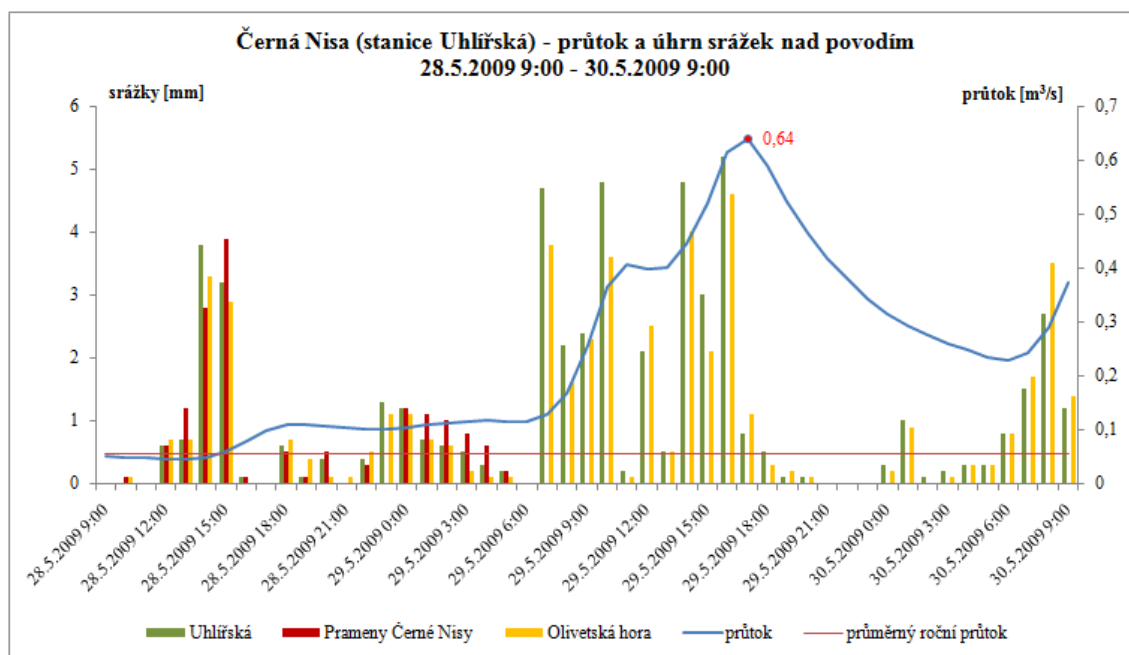
Povodí	Klimatická stanice	Celkový úhrn srážek za období 28. 5. 2009 10:00 - 29. 5. 2009 19:00 [mm]	Průměrný úhrn srážek za období 28. 5. 2009 10:00 - 29. 5. 2009 19:00 [mm]
Černá Nisa	Olivetská hora	40,1	43,05
	Uhlířská	46	
Blatný potok	Blatný rybník	47,6	45,44
	Hřebínek	43,28	
Kamenice	Černá hora	45,09	45,09
Bílá Smědá	Knajpa	51,7	48,3
	Smědavská hora	44,9	
Černá Smědá	Černá Smědá	52	54,55
	U Jeřábu	57,1	
Černá Desná	Kůrovec	49,1	49,1
Jizerka	Jizerka	51,1	51,77
	Jizerská	54	
	Lasičí	50,2	

Z tab. 3 výše lze konstatovat, že nejvydatnější množství srážek během 28.5.2009 10:00 – 29.5.2009 19:00 vypadalo nad povodím Černé Smědé. Nejmenší srážkový úhrn během sledované hydrologické události zaznamenalo povodí Černé Nisy. Rozdíl mezi jednotlivými

povodími podle spočtených průměrných hodnot srážkových úhrnů však není příliš markantní (11,5 mm). Důležité je, že naměřené srážkové úhrny nad všemi povodími během 33hodinového úseku jsou dostatečně vysoké pro vznik povodňové události (Obr. 28 - 35).

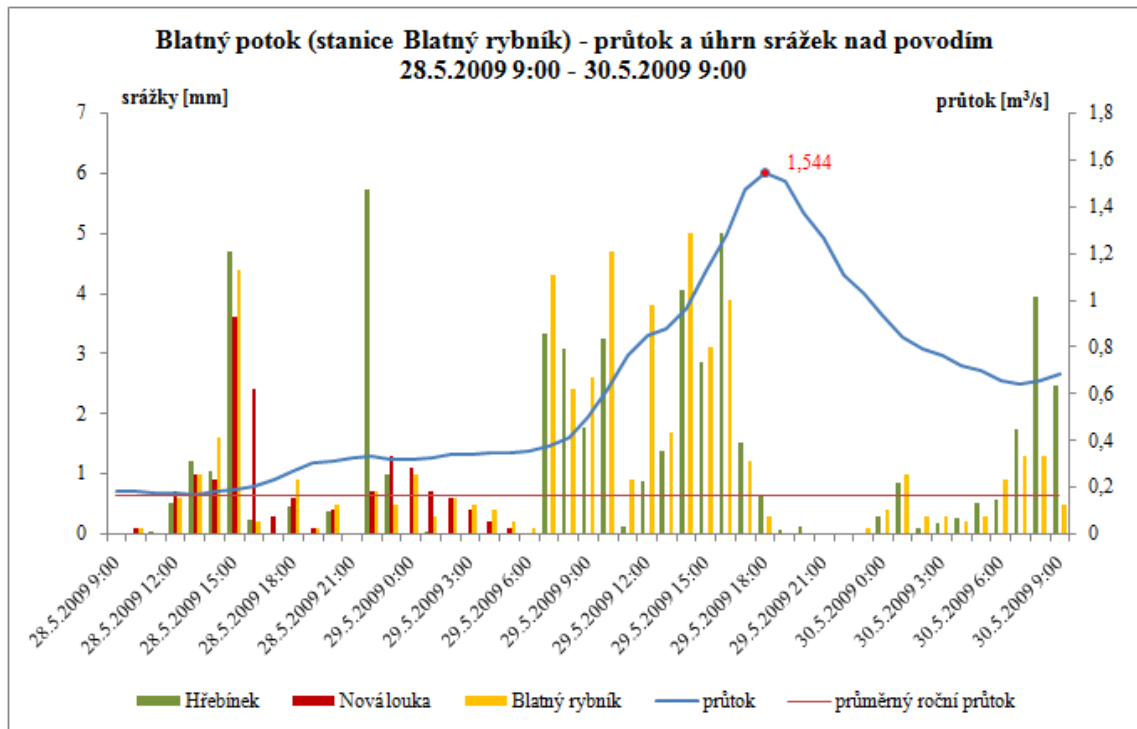
#### Situace na jednotlivých tocích zájmového území v období 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00

Kulminační průtok Černé Nisy způsobený dešti dlouhodobého charakteru o vydatnosti průměrného srážkového úhrnu 43,05 mm vypadaný během 33 hodin nastává dne 29.5.2009 v 17:00 hodin. Stalo se tak po 31 hodinách od prvního zaznamenaného úhrnu srážek nad sledovanou částí povodí. Hodnota kulminačního průtoku 0,64 m<sup>3</sup>/s byla v daný okamžik téměř dvanáctinásobná oproti průměrnému ročnímu průtoku 0,0544 m<sup>3</sup>/s vypočítanému pro hydrologický rok 2009.



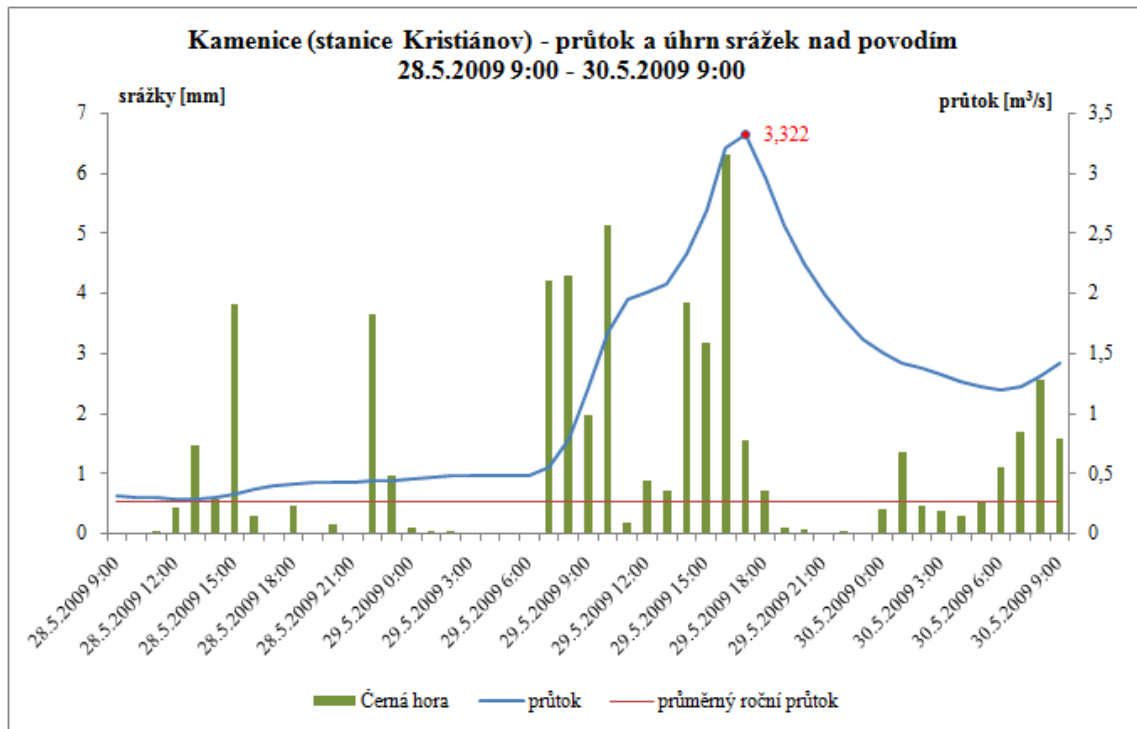
Obr. 28 Průtok Černé Nisy a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00  
(zdroj: databáze ČHMÚ)

Blatný potok dosáhl průtokového maxima ve sledované hydrologické události dne 29.5.2009 v 18:00. Hodnota kulminačního průtoku 1,544 m<sup>3</sup>/s byla téměř desetapůlkrát vyšší oproti průměrnému ročnímu průtoku 0,167 m<sup>3</sup>/s v hydrologickém roce 2009. Kulminační průtok se dostavil po 32 hodinách od doby, kdy došlo k prvnímu vypadávání srážek nad povodím.



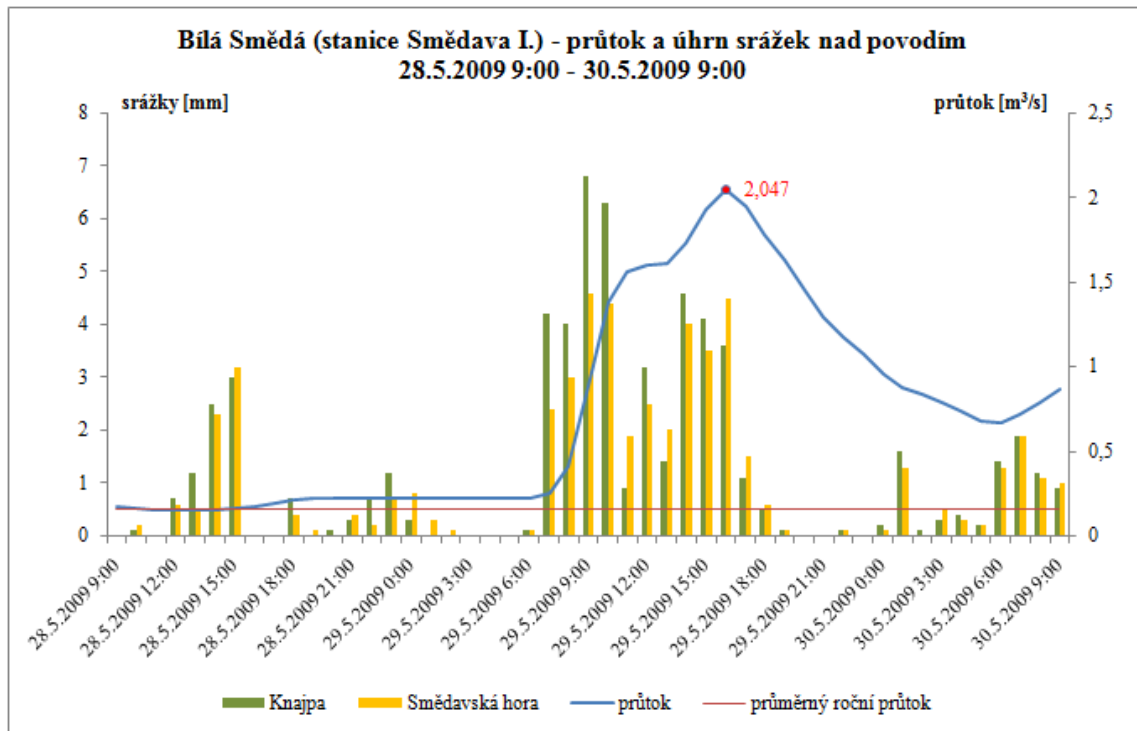
Obr. 29 Průtok Blatného potoka a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Limnigrafická stanice Kristiánov změřila na řece Kamenici dne 29.5.2009 v 17:00 hodin kulminační průtok sledované hydrologické události. Bylo tomu tak po 30 hodinách od prvního zaznamenaného vypadávání srážek nad sledovanou částí povodí. Průtokové maximum Kamenice o velikosti 3,322 m<sup>3</sup>/s dosáhlo oproti průměrnému ročnímu průtoku v hydrologickém roce 2009 (0,266 m<sup>3</sup>/s) více než dvanáctinásobné hodnoty.



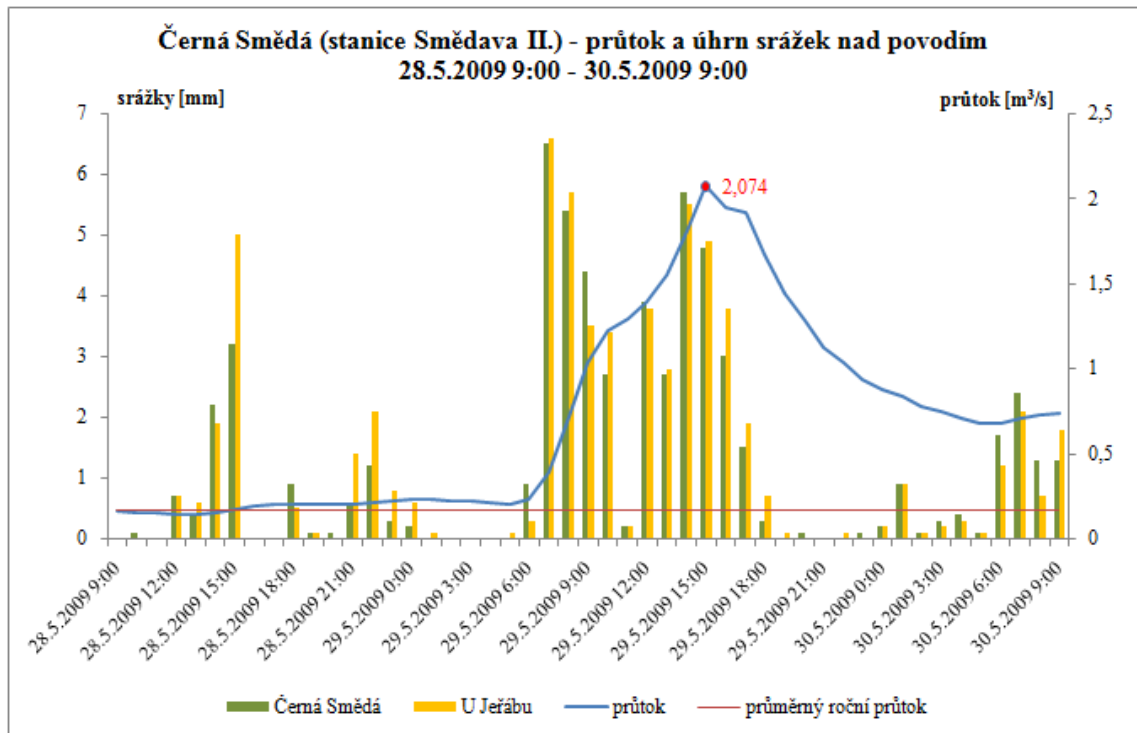
**Obr. 30 Průtok Kamenice a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00**  
(zdroj: databáze ČHMÚ)

Kulminační průtok Bílé Smědě sledované hydrologické události nastal dne 29.5.2009 v 16:00 hodin po 30 hodinách od prvního zaznamenaného srážkového úhrnu nad povodím. Kulminační průtok o hodnotě 2,047 m<sup>3</sup>/s byl téměř třináctinásobně vyšší oproti průměrnému ročnímu průtoku 0,162 m<sup>3</sup>/s v hydrologickém roce 2009.



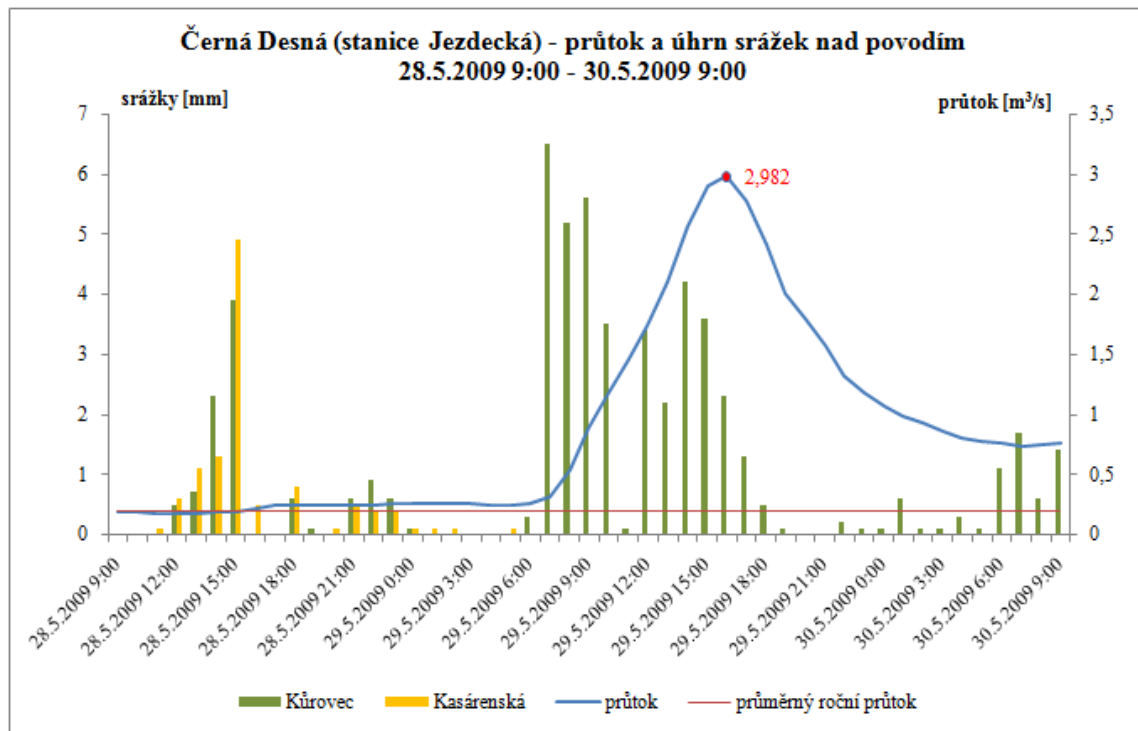
Obr. 31 Průtok Bílé Smědě a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

Dne 29.5.2009 v 15:00 hodin zaznamenala limnigrafická stanice Smědava II. průtokové maximum 2,074 m<sup>3</sup>/s řeky Černé Smědé sledované hydrologické události. Oproti průměrnému ročnímu průtoku 0,168 m<sup>3</sup>/s v hydrologickém roce 2009 je tato hodnota kulminačního průtoku více než dvanáctinásobná. Kulminační průtok byl zaznamenán po uplynutí 29 hodin od prvního zaznamenaného srážkového úhrnu klimatickou stanicí Černá Smědá.



**Obr. 32 Průtok Černé Smědé a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00**  
(zdroj: databáze ČHMÚ)

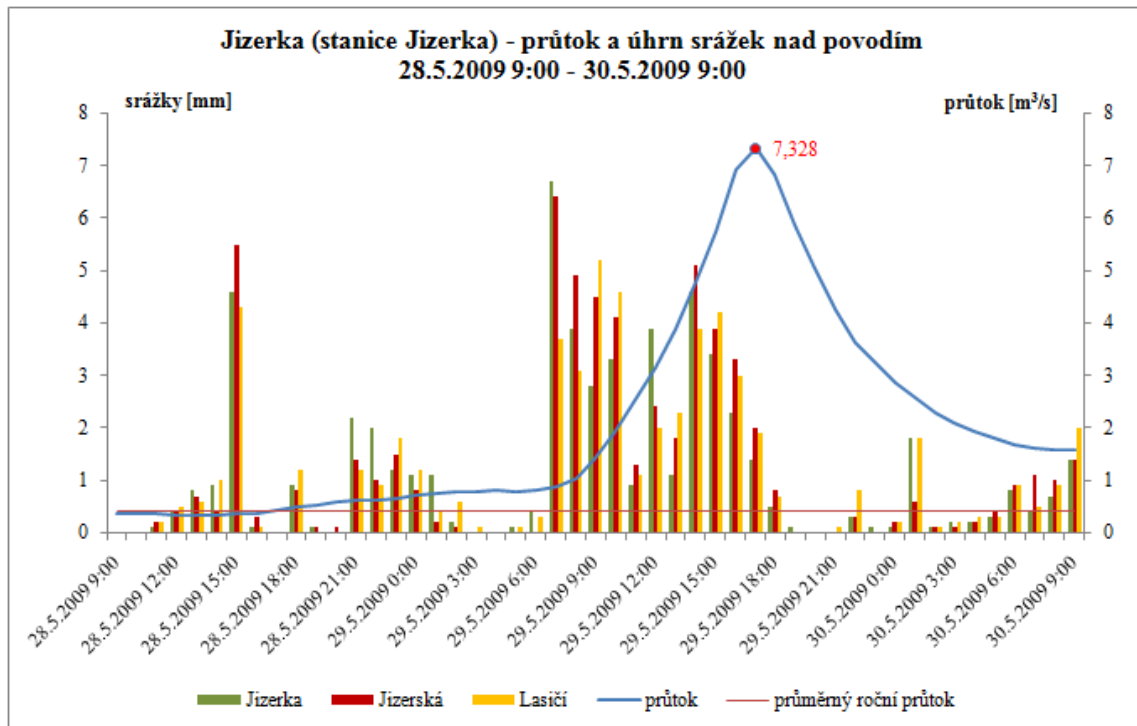
Kulminační průtok Černé Desné způsobený dešti dlouhodobého charakteru o vydatnosti průměrného srážkového úhrnu podle dostupných měření 49,01 mm vypadaný během 33 hodin nastává dne 29.5.2009 v 16:00 hodin. Stalo se tak po 29 hodinách od prvního zaznamenaného úhrnu srážek nad sledovanou částí povodí. Hodnota kulminačního průtoku 2,982 m<sup>3</sup>/s byla v daný okamžik více než patnáctinásobná oproti průměrnému ročnímu průtoku 0,196 m<sup>3</sup>/s vypočítanému pro hydrologický rok 2009.



Obr. 33 Průtok Černé Desné a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

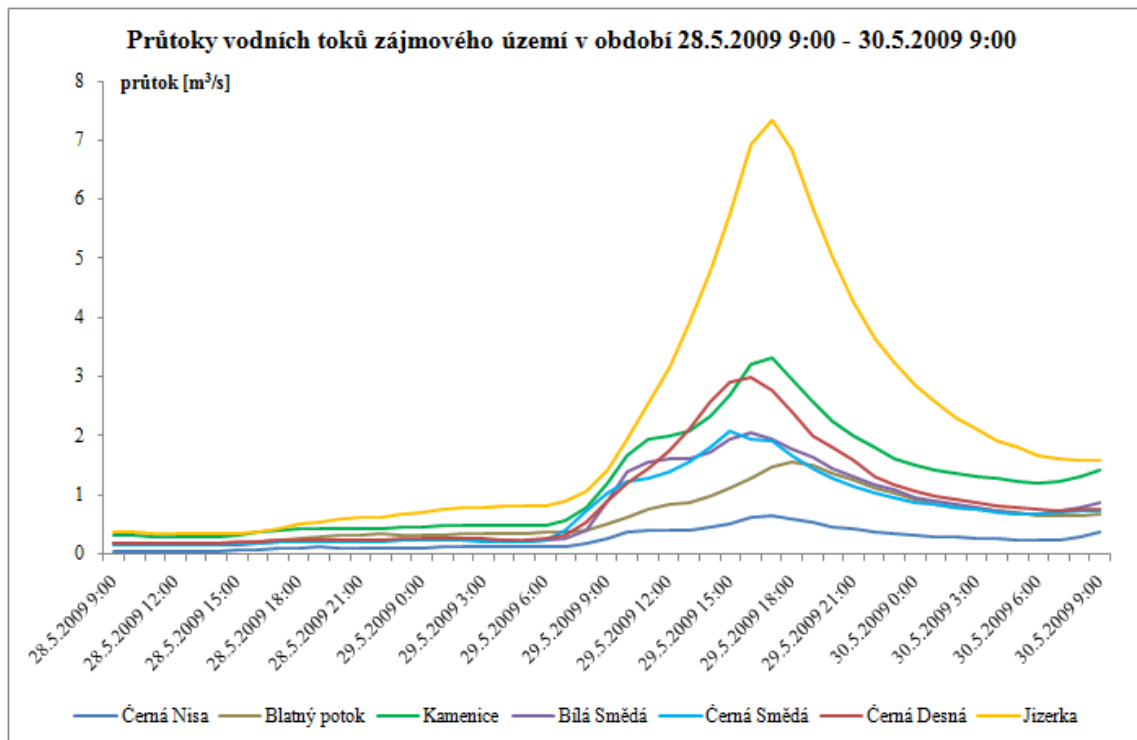


Jizerka dosáhla průtokového maxima ve sledované hydrologické události dne 29.5.2009 v 17:00 hodin. Hodnota kulminačního průtoku 7,328 m<sup>3</sup>/s byla změřena po 30 hodinách po prvním zaznamenaném srážkovém úhrnu nad povodím a byla více než osmnáctkrát vyšší oproti průměrnému ročnímu průtoku 0,401 m<sup>3</sup>/s v hydrologickém roce 2009.



**Obr. 34 Průtok Jizerky a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00**  
(zdroj: databáze ČHMÚ)

Z obr. 35 je patrné, že maximálního průtoku během sledované hydrologické události dosáhla řeka Jizerka. Všechny ostatní vodní toky zájmového území však svou velikostí kulminačních průtoků dne 29.5.2009 rovněž mnohonásobně překročily své průměrné roční průtoky hydrologického roku 2009 a u většiny toků se jednalo o jejich průtoková maxima během celého hydrologického roku 2009. U vodních toků Jizerky a Černé Desné lze sledovat téměř exponenciální nárůst velikosti průtoků dne 29.5.2009 v době od 6:00 hodin do 15:00 hodin. Ostatní vodní toky zaznamenávají místo jedné dvě významnější vlny rychlých nárůstů průtoků dne 29.5.2009, spuštěné přibližně v 7:00 a 13:00 hodin.



Obr. 35 Průtoky vodních toků zájmového území v období 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00 (zdroj: databáze ČHMÚ)

## KAPITOLA 5

### DISKUSE A ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Oblast zájmového území – experimentálních povodí ČHMÚ v Jizerských horách – reprezentuje malá horská povodí, která mají na případné proměnlivé fyzicko-geografické faktory velice rychlou reakci. Podle dostupných dat a na základě vypracování fyzicko-geografické charakteristiky zájmové oblasti se nyní pokusím o shrnutí a zhodnocení získaných poznatků.

Fyzicko-geografické podmínky všech sedmi experimentálních povodí, jak již bylo popsáno ve druhé kapitole, jsou velice podobné. Ve všech případech se jedná o malé vysokospádové horské vodní toky. Jejich plocha povodí je rovněž malá v rozmezí 1,79 – 10,27 km<sup>2</sup>, nejvíce povodí zaujímá plochu okolo 4,5 km<sup>2</sup>. Relativní homogenitu a podobnost jednotlivých povodí zájmové oblasti potvrzuje taktéž poznatek, že s rostoucí rozlohou povodí rostou i velikosti průtoků (okamžitých i průměrných ročních) jednotlivých řek. Všeobecně by povodí o větší rozloze měla být stabilnější než povodí menší. Modelové situace tuto hypotézu potvrzují, rozdíly jsou však málo patrné a vždy záleží na dané situaci.

Ve všech třech případech vzniku povodní byly všechny vodní toky sledovány ve stejném časovém úseku. Pro povodně zapříčiněné jarním táním sněhu a dešti dlouhodobého charakteru se tato metoda osvědčila. Hodnocení bleskových povodní mohlo být díky zvolené metodice provedeno bohužel pouze u části vodních toků, neboť ve zvoleném časovém období zasáhly přivalové deště pouze západní a částečně jižní část zájmové oblasti. Pokud by hodnocení bleskových povodní bylo prováděno u všech zájmových povodí, musely by být vybrány u jednotlivých vodních toků jiné časové úseky. Krátkodobé deště o vysoké intenzitě jsou totiž známy malou plošnou rozsáhlostí. Na tomto příkladě – zvýšení průtoků v důsledku krátkodobého vydatného deště dne 30.6.2009 - je tvrzení (zjištěné v (Kemal 2000) i v ostatních zdrojích), že krátkodobé vydatné deště zasahují plošně malá území a jsou krátkodobého charakteru, dobře ověřeno. Taková situace, aby v jeden časový okamžik zasáhly přivalové srážky všechna povodí zájmového území, v hydrologickém roce 2009 bohužel nenastala. Přesto si myslím, že zvolená metodika a zpracování jednotlivých hydrologických událostí dostatečně vyhovuje pro porovnání a vyhodnocení extrémních srážko-odtokových situací zájmových povodí. Stejně tak i výběr jednotlivých hydrologických časových úseků dobře reprezentuje hodnocené průtokové extrémy.

Rozbor první sledované hydrologické události – povodně z jarního tání sněhu – si kladl především za cíl zjistit zpoždění kulminačních průtoků řek za denním maximem teplot. Toto zpoždění je podle Jelínka (2008) velice rozmanité, což potvrzuje i mé bádání, neboť na malé ploše zájmové oblasti se mezi všemi sedmi vodními toky objevují navzájem tříhodinové rozdíly. Čurda (2009) dále ve své magisterské práci uvádí, že objem jarní povodně a její extremitu ovlivňuje zejména množství sněhových srážek naakumulovaných na celé ploše povodí. To bylo dle dostupných měření nejvyšší v povodí Černé Desné. Potvrzuje to i výsledek mé analýzy,

neboť dne 11.4.2009 byla na Černé Desné ze všech vodních toků největší povodeň. Průměrný roční průtok, spočítaný pro hydrologický rok 2009, byl dne 11.4.2009 jedenáctkrát překročen.

U ostatních dvou sledovaných událostí může ve výsledcích hrát důležitou roli i jeden specifický fyzicko-geografický faktor, jakým je podíl rašelinišť na celkové rozloze jednotlivých povodí. Rašeliniště mají v povodí řek podle Čurdy (2009) negativní, ale velice důležitou hydrologickou funkci. Podle jeho poznatků v magisterské práci s rostoucí rozlohou rašelinišť na území sledovaných povodí roste i extremita povodňových událostí. Na území zájmové oblasti se na povodích všech vodních toků rašeliniště vyskytují v hojné míře. Nejvíce v povodí Černé Nisy, Blatného potoka a Jizerky (viz obr. 3). Velké povodně lze na prvních dvou zmíněných tocích sledovat především u povodní způsobených krátkodobými vydatnými srážkami, u Jizerky pak vzniká největší povodeň v důsledku dešťů dlouhodobého charakteru. Nelze ale učinit závěr pouze na základě tohoto zjištění, neboť nejdůležitější roli na vzniku všech povodní hrálo množství vypadaných srážek a délka trvání dešťů.

Na základě rozboru třech vybraných hydrologických událostí na území zájmové oblasti lze konstatovat, že velikosti průtoků všech sedmi vodních toků experimentálních povodí jsou velice náchylné na změny klimatických podmínek. Teplota vzduchu a množství vypadaných srážek zásadním způsobem ovlivňují velikosti průtoků jednotlivých hydrologických událostí. Pozorované a rozebírané povodňové extremity se velmi podobají výsledkům, které popisují Blažková, Kolářová ... [et al.] (1994). Dopady odlesnění v důsledku imisní kalamity lze naprosto názorně sledovat. Hlavním doprovodným jevem odlesnění v této oblasti je zvyšující se výskyt hydrologických extrémů.

V hydrologickém roce 2009 se jako největší hrozba ze všech geografických podmínek pro vznik povodní jeví klimatické poměry. Z nich za nejnebezpečnější lze označit deště dlouhodobého charakteru. Modelová situace dobře ukazuje na všech sedmi vodních tocích rychlé nárůsty průtoků během relativně krátkého časového úseku, kdy po uplynutí v rozmezí 8 – 10 hodin od prvního výraznějšího nárůstu průtoků dosahují svého kulminačního maxima. Zpočátku je nárůst pozvolnější, ale po nasycení podloží jednotlivých povodí spadlými dešťovými srážkami dochází ke skokovým nárůstům průtoků u všech vodních toků na více než desetinásobky jejich průměrných ročních průtoků v hydrologickém roce 2009. Z této situace je možné vytušit, že vedle intenzity je pro nebezpečí vzniku velkých povodní z dešťů trvalejšího charakteru nebezpečná především doba trvání vypadávání dešťových srážek.

Jako nejnáchylnější na prudké klimatické změny se jeví podle mého zpracování dostupných dat povodí Černé Nisy. Tento vodní tok dokáže v případě bleskové povodně během pouhých dvou hodin zvýšit svůj průtok až na téměř čtrnáctinásobnou hodnotu. Největší povodeň jsem ve svém bádání zaznamenal na řece Jizerce dne 29. 5. 2009 v 17:00 hodin. Tehdy byl změřen okamžitý průtok na limnigrafické stanici Jizerce osmnáctkrát vyšší, než byl průměrný roční průtok na této stanici v celém hydrologickém roce 2009.

Dosažené výsledky jsou dle mého názoru uspokojivé. Možné nepřesnosti u vypracování a získaných výsledků mohla způsobit prostorová lokace jednotlivých měřících klimatických stanic – především srazkoměrných a teplotních. Ty jsou na území zájmové oblasti sice

rozmístěny účelně, nemohou však při svém počtu naprosto detailně zachycovat situaci ve všech zájmových povodích. U modelace sněhových povodní byla pro celou oblast zájmového území dostupná naměřená data pouze z klimatické stanice Souš. Zde si myslím, že by pro větší přesnost bylo potřeba uvažovat teploty minimálně z jedné klimatické stanice umístěné na každém ze sedmi povodí, popřípadě alespoň ze dvou klimatických stanic – jedné umístěné v západní části zájmové oblasti, druhé ve východní.

Závěrem shrnuji zpracování a veškeré dosažené výsledky u vybraných hydrologických událostí. Myslím, že se mi podařilo prokázat nutnost provázanosti vědních disciplín hydrologie s meteorologií i klimatologií za účelem předpovědi a varování proti povodním. Dále jsem prokázal, že fyzicko-geografické podmínky jsou hlavními určovateli výskytu a objemu extrémních průtoků. Z těchto podmínek jedinečným způsobem vystupují klimatické faktory, a to nejen v mém zpracování. Dle třech mnou sledovaných hydrologických událostí vyvolaných klimatickými faktory jsem dospěl k těmto poznatkům: hlavní příčinou vzniku **povodní** způsobených **jarním táním sněhu** je **teplota vzduchu**, u **bleskových povodní** je rozhodující **intenzita přívalových** a jiných typů **silných dešťových srážek** krátkodobého charakteru, u **povodní** vzniklých z **dlouhodobých dešťů** je vedle intenzity vypadávání srážek důležitým faktorem **doba trvání** regionálních dešťů.

## KAPITOLA 6

### ZÁVĚR

Vypracování celé této práce se opírá a je provázáno s extrémními srážko-odtokovými situacemi. Cílem bylo teoreticky popsat a vystihnout danou problematiku v rešeršní části, v části praktické pak na tyto poznatky navázat a přizpůsobit jim výběr hydrologických událostí i metod, kterými je zpracovat.

V úvodu práce jsem vypracoval vymezení území zájmové oblasti, na které jsem navázal charakterizací jednotlivých fyzicko-geografických poměrů – geologických, geomorfologických, klimatických, hydrologických, pedologických, nechybí ani popsání geografické polohy, biogeografie, zoogeografie a ochrany přírody. V popisu jsem se z mého pohledu soustředil na nezbytné informace patřící k této problematice, podrobněji jsem se pak věnoval geografickým podmínkám mající přímou souvislost s extrémními srážko-odtokovými situacemi.

Rešeršní část dále pokračuje vypracováním obecného popisu podmínek vzniku a průběhu extrémních srážko-odtokových situací. Zde bylo cílem vystihnout hlavní podstatu problematiky vztahu srážky versus odtok a popsat souvislost vzniku povodňových událostí s geografickými podmínkami.

V praktické části jsem pracoval s daty poskytnutými ČHMÚ. Modelové situace třech sledovaných hydrologických událostí v experimentálních povodích byly vybrány se záměrem, aby co možná nejpříkladněji a nejnázorněji reprezentovaly extrémní průtoky způsobené táním sněhové pokrývky, krátkodobými vydatnými srážkami (tj. bouřkami a přívalovými dešti) a dešti dlouhodobého charakteru. Tomuto záměru také odpovídalo zpracování jednotlivých hydrologických událostí.

Problematiku extrémních srážko-odtokových situací vnímám jako velice zajímavou a velmi aktuální. V současné době, kdy v našich zeměpisných šířkách přibývá výskytu klimatických extrémů a v reakci na ně je i existence extrémů hydrologických stále častějším úkazem. Srážko-odtokový proces se jeví jako velmi složitá a komplexní problematika. Jeho podrobné probádání, dobré pochopení a naučení se bránit a překonávat hydrologické extrémy může zachránit bezpočet lidských životů a předejít vysokým hospodářským škodám.

Tato práce má proto do budoucnosti ještě mnoho možností a způsobů rozšíření a dalšího podrobnějšího zpracování. Věřím však, že i v tomto rozsahu tato bakalářská práce s názvem „Hodnocení extrémních srážko-odtokových situací v experimentálních povodích v Jizerských horách“ podpořila již existující pestrou škálu děl věnujících se maximálním extrémům povrchového odtoku.

## SEZNAM ZDROJŮ INFORMACÍ

### Literatura

- BALATKA, B., KALVODA, J. 2006. *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. 1. vyd. Praha : Kartografie Praha a. s., 2006. 80 s. + 3 mapové přílohy. ISBN 80-7011-913-6.
- BLAŽKOVÁ, Š., BEVEN, K. 2004. Flood frequency estimation by continuous simulation of subcatchment rainfalls and discharges with the aim of improving dam safety assessment in a large basin in the Czech Republic. *Journal of hydrology* [online]. 2004, č. 292, s. 153-172 [cit. 2011-06-22]. Dostupné jako soubor PDF také z URL: <http://www.elsevier.com/locate/jhydrol>.
- BLAŽKOVÁ, Š., BEVEN, K. ... [et al.]. 1999. Flood frequency estimation by continuous simulation for a gauged upland catchment (with uncertainty). *Journal of hydrology* [online]. 1999, č. 219, s. 169-187 [cit. 2011-06-15]. Dostupné jako soubor PDF také z URL: <http://www.elsevier.com/locate/jhydrol>.
- BLAŽKOVÁ, Š., KOLÁŘOVÁ, S. ... [et al.]. 1994. *Vliv odlesnění na hydrologický režim v oblasti Jizerských hor*. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 1994. 76 s. ISBN 80-901181-9-4.
- BRÁZDIL, R. ... [et al.]. 2005. *Historické a současné povodně v České republice*. 1. vyd. Brno : Masarykova univerzita v Brně, 2005. 370 s. ISBN 80-210-3864-0.
- CIAPALA, S., HOLEKSA, J., ZIELONKA, T. 2008. A reconstruction of flood events using scarred trees in the Tatra Mountains, Poland. *Dendrochronologia* [online]. 2008, č. 26, s. 173-183 [cit. 2010-04-25]. Dostupné jako soubor PDF také z URL: <http://www.elsevier.de/dendro>.
- ČURDA, J. 2009. *Odtokový režim v pramenné oblasti Vydry se zaměřením na hodnocení povodňových epizod*. Diplomová práce. PřF UK, KFGG, Praha, 44 s.
- DEMEK, J. ... [et al.]. 1965. *Geomorfologie českých zemí*. 1. vyd. Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1965. 336 s. + přílohy.
- DUB, O. 1963. *Hydrologia, hydrografia, hydrometria*. Bratislava : Slovenské vydavateľstvo technickej literatury, n. p., 1965. 528 s.
- DUB, O., NĚMEC, J. ... [et al.]. 1969. *Hydrologie*. 1. vyd. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1969. 380 s.
- DUCHÁČEK, L., POBŘÍSLOVÁ, J., VAJSKEBR, V. 2010. *Hydrologická ročenka 2009 (experimentální povodí Jizerské hory)*. ČHMÚ, Úsek hydrologie, Jablonec nad Nisou, 2010. 71 s. + přílohy.
- JELÍNEK, J. 2008. *Akumulace a tání sněhové pokrývky v povodí Rokytky v hydrologických letech 2007 a 2009*. Diplomová práce. PřF UK, KFGG, Praha, 85 s.

- KARPAŠ, R. ... [et al.]. 2009. *Jizerské hory. 1, O mapách, kamení a vodě*. 1. vyd. Liberec : RK, 2009. 576 s. ISBN: 978-80-87100-08-0.
- KEMEL, M. 2000. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. 289 s. ISBN 80-01-01456-8.
- KREČMER, V. ... [et al.]. 2003. *Lesy a povodně*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2003. 48 s. ISBN 80-7212-255-X.
- KŘÍŽ, V., SOCHOREC, R. 1982. *Základní rysy variability a sezonality průtoků československých řek*. 1. vyd. Praha : Český hydrometeorologický ústav, 1982. 17 s. + přílohy.
- LANGHAMMER, J. - „editor“, 2007. *Povodně a změny v krajině*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, 2007. 396 s. ISBN 978-80-86561-86-8.
- LANGHAMMER, J. - „editor“, 2008. *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. 1. vyd. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2008. 278 s. ISBN 978-80-86561-59-2.
- MARCHI, L. ... [et al.]. 2010. Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management. *Journal of hydrology* [online]. 2010, č. 394, s. 118-133 [cit. 2011-06-26]. Dostupné jako soubor PDF také z URL: <http://www.elsevier.com/locate/jhydrol>.
- MENABDE, M., SIVAPALAN, M. 2001. Linking space-time variability of river runoff and rainfall fields: a dynamic approach. *Advances in Water Resources* [online]. 2001, č. 24, s. 1001-1014 [cit. 2011-05-30]. Dostupné jako soubor PDF také z URL: <http://www.elsevier.com/locate/advwatres>.
- MÍSAŘ, Z. ... [et al.]. 1983. *Geologie ČSSR I, Český masív*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, n. p., 1983. 336 s.
- NETOPIL, R. 1970. *Základy hydrologie povrchových a podpovrchových vod*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, n. p., 1970. 212 s.
- NETOPIL, R. ... [et al.]. 1984. *Fyzická geografie I*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, n. p. 273 s.
- NEVRLÝ, M. ... [et al.]. 1983. *Jizerské hory*. 1. vyd. Praha : Olympia, 1983. 331 s. + mapová příloha.
- QUITT, E. 1971. *Klimatické oblasti Československa*. Brno : Československá akademie věd, Geografický ústav Brno, nakladatelství ACADEMIA, 1971. 73 s. + přílohy.
- PRUDKÝ, J., SPITZ, P. 2001. *Metodika výpočtu retence vody v povodí při povodních*. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2001. 41 s. ISSN 1211-3972.
- TOLASZ, R. ... [et al.]. 2007. *Atlas podnebí Česka*. 1. vyd. Praha : Český hydrometeorologický ústav, 2007. 256 s. ISBN 978-80-86690-26-1.



VYSOUDIL, M. 1997. *Meteorologie a klimatologie pro geografii*. Olomouc : Vydavatelství Univerzity Palackého, 1997. 234 s.

## **Internetové zdroje**

Charakteristika klimatických regionů ČR. [online]. VÚMOP. [cit. 2011-06-11]. Dostupné z URL: [http://ms.vumop.cz/mapserv/dhtml\\_zchbpej/](http://ms.vumop.cz/mapserv/dhtml_zchbpej/).

## **Datové a mapové podklady**

CENIA – ČESKÁ INFORMAČNÍ AGENTURA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (?): data z mapového serveru přístupná online z <<http://geoportal.gov.cz/>>. Data využívána online v období květen - červen 2011.

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA ČR (?): geologická mapa 1:50 000: data z mapového serveru přístupná online z <<http://nts5.cgu.cz/>>. Data využívána online v období červen 2011.

ESRI: ArcČR 500, verze 2.0, digitální geografická databáze přístupná v učebnách GIS PřF UK v Praze, využívána v období květen - červen 2011.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. M. (?): útvary povrchových vod a základní jevy povrchových a podzemních vod [datové vrstvy ve formátu shapefile]. VÚV TGM, Praha, ke stažení z <<http://www.dibavod.cz/>>, data stažena 9.6.2011.

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 CD s elektronickou verzí práce
- Příloha 2 Teploty vzduchu klimatické stanice Souš v období 10.4.2009 18:00 – 12.4.2009 12:00
- Příloha 3 Hodinové průtoky vodních toků zájmové oblasti v období 11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00
- Příloha 4 Hodinové průtoky Černé Nisy (st. Uhlířská) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00
- Příloha 5 Hodinové průtoky Blatného potoka (st. Blatný rybník) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00
- Příloha 6 Hodinové průtoky Kamenice (st. Kristiánov) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00
- Příloha 7 Hodinové průtoky Bílé Smědé (Smědava I.) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00
- Příloha 8 Hodinové průtoky Černé Smědé (Smědava II.) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00
- Příloha 9 Hodinové průtoky Černé Desné (st. Jezdecká) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00
- Příloha 10 Hodinové průtoky Jizerky (st. Jizerka) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00
- Příloha 11 Hodinové průtoky Černé Nisy (st. Uhlířská) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00
- Příloha 12 Hodinové průtoky Blatný potok (st. Blatný rybník) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00
- Příloha 13 Hodinové průtoky Kamenice (st. Kristiánov) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00
- Příloha 14 Hodinové průtoky Bílé Smědé (st. Smědava I.) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00
- Příloha 15 Hodinové průtoky Černé Smědé (st. Smědava II.) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00
- Příloha 16 Hodinové průtoky Černé Desné (st. Jezdecká) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00
- Příloha 17 Hodinové průtoky Jizerky (st. Jizerka) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00

**Příloha 2 Teploty vzduchu klimatické stanice Souš v období 10.4.2009 18:00-12.4.2009 12:00**

Datum, čas	teplota [°C]
10.4.2009 18:00	12,5
10.4.2009 19:00	11,1
10.4.2009 20:00	10,9
10.4.2009 21:00	7,4
10.4.2009 22:00	6,7
10.4.2009 23:00	3,6
11.4.2009 0:00	2,1
11.4.2009 1:00	1,7
11.4.2009 2:00	1,7
11.4.2009 3:00	1,7
11.4.2009 4:00	1,6
11.4.2009 5:00	1,6
11.4.2009 6:00	1,7
11.4.2009 7:00	4,7
11.4.2009 8:00	11,8
11.4.2009 9:00	16,9
11.4.2009 10:00	17,2
11.4.2009 11:00	17,5
11.4.2009 12:00	18
11.4.2009 13:00	18,1
11.4.2009 14:00	17,1
11.4.2009 15:00	17
11.4.2009 16:00	15,9
11.4.2009 17:00	14,4
11.4.2009 18:00	12,3
11.4.2009 19:00	10,5
11.4.2009 20:00	9,8
11.4.2009 21:00	8,7
11.4.2009 22:00	7
11.4.2009 23:00	3,1
12.4.2009 0:00	1,6
12.4.2009 1:00	1,1
12.4.2009 2:00	0,7
12.4.2009 3:00	0,1
12.4.2009 4:00	0,2
12.4.2009 5:00	0,2
12.4.2009 6:00	1
12.4.2009 7:00	4,7
12.4.2009 8:00	13,2
12.4.2009 9:00	14,2
12.4.2009 10:00	15,8
12.4.2009 11:00	15,9
12.4.2009 12:00	16,9

**Příloha 3** **Hodinové průtoky vodních toků zájmové oblasti v období**  
**11.4.2009 0:00 – 12.4.2009 12:00**

Datum, čas	Průtok [m <sup>3</sup> /s]						
	Černá Nisa (st. Uhlířská)	Blatný potok (st. Blatný rybník)	Kamenice (st. Kristiánov)	Bílá Smědá (st. Smědava I.)	Černá Smědá (st. Smědava II.)	Černá Desná (st. Jezdecká)	Jizerka (st. Jizerka)
11.4.2009 0:00	0,398	1,041	1,869	1,219	1,009	1,327	2,239
11.4.2009 1:00	0,379	1,013	1,772	1,176	0,957	1,242	2,161
11.4.2009 2:00	0,362	0,968	1,704	1,103	0,915	1,185	2,107
11.4.2009 3:00	0,349	0,908	1,633	1,023	0,877	1,098	1,986
11.4.2009 4:00	0,334	0,877	1,568	0,971	0,842	1,055	1,889
11.4.2009 5:00	0,321	0,841	1,503	0,911	0,809	1,012	1,806
11.4.2009 6:00	0,311	0,808	1,44	0,855	0,777	0,952	1,723
11.4.2009 7:00	0,298	0,79	1,401	0,799	0,748	0,935	1,631
11.4.2009 8:00	0,288	0,772	1,321	0,758	0,712	0,905	1,56
11.4.2009 9:00	0,277	0,746	1,317	0,714	0,688	0,875	1,491
11.4.2009 10:00	0,27	0,723	1,319	0,703	0,675	0,86	1,43
11.4.2009 11:00	0,277	0,707	1,301	0,757	0,694	0,845	1,417
11.4.2009 12:00	0,306	0,725	1,398	0,865	0,764	0,919	1,466
11.4.2009 13:00	0,358	0,776	1,567	1,07	0,892	1,024	1,617
11.4.2009 14:00	0,425	0,847	1,727	1,29	1,063	1,236	1,913
11.4.2009 15:00	0,485	0,996	1,946	1,483	1,248	1,551	2,351
11.4.2009 16:00	0,527	1,122	2,153	1,571	1,379	1,807	2,81
11.4.2009 17:00	0,553	1,2	2,402	1,636	1,44	2,02	3,208
11.4.2009 18:00	0,55	1,262	2,433	1,696	1,452	2,117	3,573
11.4.2009 19:00	0,534	1,265	2,401	1,644	1,411	2,18	3,773
11.4.2009 20:00	0,511	1,248	2,344	1,595	1,328	2,117	3,781
11.4.2009 21:00	0,483	1,234	2,179	1,528	1,239	1,934	3,712
11.4.2009 22:00	0,457	1,155	1,998	1,435	1,172	1,793	3,521
11.4.2009 23:00	0,433	1,13	1,872	1,346	1,095	1,613	3,364
12.4.2009 0:00	0,406	1,09	1,752	1,233	1,018	1,5	3,098
12.4.2009 1:00	0,385	1,021	1,656	1,174	0,98	1,412	2,876
12.4.2009 2:00	0,363	0,959	1,567	1,11	0,931	1,298	2,616
12.4.2009 3:00	0,344	0,911	1,483	1,014	0,879	1,211	2,421
12.4.2009 4:00	0,325	0,88	1,398	0,903	0,832	1,127	2,217
12.4.2009 5:00	0,311	0,837	1,318	0,854	0,793	1,055	2,048
12.4.2009 6:00	0,297	0,762	1,298	0,795	0,76	0,98	1,91
12.4.2009 7:00	0,285	0,727	1,242	0,714	0,726	0,95	1,776
12.4.2009 8:00	0,274	0,71	1,186	0,652	0,691	0,89	1,668
12.4.2009 9:00	0,262	0,699	1,15	0,609	0,664	0,86	1,577
12.4.2009 10:00	0,255	0,671	1,132	0,563	0,642	0,83	1,501
12.4.2009 11:00	0,254	0,653	1,13	0,552	0,639	0,815	1,469
12.4.2009 12:00	0,266	0,659	1,148	0,559	0,669	0,845	1,482

**Příloha 4** Hodinové průtoky Černé Nisy (st. Uhlířská) a úhrn srážek nad povodím  
**30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00**

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]				průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Uhlířská	Prameny Černé Nisy	Tomšovka	Olivetská hora	
30.6.2009 9:00	0	0	0	0	0,066
30.6.2009 10:00	0	0	0	0	0,063
30.6.2009 11:00	0	0	0	0	0,06
30.6.2009 12:00	0	0,7	2,3	2,7	0,075
30.6.2009 13:00	14,4	32,6	23	19,8	0,571
30.6.2009 14:00	0,4	0,3	0,3	0,3	0,752
30.6.2009 15:00	0	0,1	0	0	0,61
30.6.2009 16:00	2,1	0	1,7	1,8	0,535
30.6.2009 17:00	1,4	0	1,3	1,4	0,487
30.6.2009 18:00	0,2	0	0,2	0,2	0,445
30.6.2009 19:00	0,1	0	0	0,1	0,401
30.6.2009 20:00	0	0	0	0	0,363
30.6.2009 21:00	0	0	0	0	0,327
30.6.2009 22:00	0	0	0,1	0	0,299
30.6.2009 23:00	0	0	0	0	0,272
1.7.2009 0:00	0	0	0	0	0,248
1.7.2009 1:00	0	0	0	0	0,227
1.7.2009 2:00	0	0	0	0	0,209
1.7.2009 3:00	0	0	0	0	0,19
1.7.2009 4:00	0	0	0	0	0,175
1.7.2009 5:00	0	0	0	0	0,163
1.7.2009 6:00	0	0	0	0	0,15
1.7.2009 7:00	0	0	0	0	0,141
1.7.2009 8:00	0	0	0	0	0,132
1.7.2009 9:00	0	0	0	0	0,125

**Příloha 5** Hodinové průtoky Blatného potoka (st. Blatný rybník) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]			průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Hřebínek	Nová louka	Blatný rybník	
30.6.2009 9:00	0	0	0	0,221
30.6.2009 10:00	0	0	0	0,21
30.6.2009 11:00	0	0	0	0,198
30.6.2009 12:00	0,06	0	0	0,247
30.6.2009 13:00	19,5	18,6	9,8	0,337
30.6.2009 14:00	0,5	0,1	0,2	0,531
30.6.2009 15:00	0,1	0,1	0,4	0,735
30.6.2009 16:00	1,5	2,4	3,3	0,795
30.6.2009 17:00	1,0	1,4	1,5	0,789
30.6.2009 18:00	0,4	0,2	0,4	0,782
30.6.2009 19:00	0,03	0,1	0	0,779
30.6.2009 20:00	0	0	0	0,739
30.6.2009 21:00	0	0	0	0,718
30.6.2009 22:00	0	0	0	0,657
30.6.2009 23:00	0	0	0	0,609
1.7.2009 0:00	0	0	0	0,567
1.7.2009 1:00	0	0	0	0,536
1.7.2009 2:00	0	0	0	0,503
1.7.2009 3:00	0	0	0	0,477
1.7.2009 4:00	0	0	0	0,447
1.7.2009 5:00	0	0	0	0,428
1.7.2009 6:00	0	0	0	0,404
1.7.2009 7:00	0	0	0	0,38
1.7.2009 8:00	0	0	0	0,359
1.7.2009 9:00	0	0	0	0,342

**Příloha 6** Hodinové průtoky Kamenice (st. Kristiánov) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]		průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Kristiánov	Černá hora	
30.6.2009 9:00	–	0	0,328
30.6.2009 10:00	–	0	0,316
30.6.2009 11:00	–	0	0,305
30.6.2009 12:00	–	0	0,298
30.6.2009 13:00	–	1,47	0,32
30.6.2009 14:00	–	10,9	0,389
30.6.2009 15:00	–	1,0	0,531
30.6.2009 16:00	–	0,8	0,763
30.6.2009 17:00	–	0,2	1,006
30.6.2009 18:00	–	0,3	1,118
30.6.2009 19:00	–	0	1,125
30.6.2009 20:00	–	0	1,078
30.6.2009 21:00	–	0	1,002
30.6.2009 22:00	–	0	0,918
30.6.2009 23:00	–	0	0,834
1.7.2009 0:00	–	0	0,762
1.7.2009 1:00	–	0	0,697
1.7.2009 2:00	–	0	0,643
1.7.2009 3:00	–	0	0,598
1.7.2009 4:00	–	0	0,560
1.7.2009 5:00	–	0	0,526
1.7.2009 6:00	–	0	0,497
1.7.2009 7:00	–	0	0,472
1.7.2009 8:00	–	0	0,451
1.7.2009 9:00	–	0	0,432

**Příloha 7** Hodinové průtoky Bílé Smědé (Smědava I.) a úhrn srážek nad povodím  
**30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00**

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]		průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Knajpa	Smědavská hora	
30.6.2009 9:00	0	0	0,184
30.6.2009 10:00	0	0	0,175
30.6.2009 11:00	1,7	3,9	0,177
30.6.2009 12:00	8,8	5,1	0,193
30.6.2009 13:00	0,3	0,1	0,27
30.6.2009 14:00	2,3	1,7	0,386
30.6.2009 15:00	2,6	1,2	0,454
30.6.2009 16:00	0,9	0,9	0,505
30.6.2009 17:00	0,7	0,5	0,556
30.6.2009 18:00	0,5	0,6	0,569
30.6.2009 19:00	0	0	0,561
30.6.2009 20:00	0	0	0,544
30.6.2009 21:00	0	0	0,521
30.6.2009 22:00	0	0	0,476
30.6.2009 23:00	0	0	0,445
1.7.2009 0:00	0	0,1	0,412
1.7.2009 1:00	0	0	0,38
1.7.2009 2:00	0,1	0	0,355
1.7.2009 3:00	0	0	0,331
1.7.2009 4:00	0	0	0,31
1.7.2009 5:00	0	0	0,289
1.7.2009 6:00	0	0	0,27
1.7.2009 7:00	0	0	0,257
1.7.2009 8:00	0	0	0,245
1.7.2009 9:00	0	0	0,231



**Příloha 8** Hodinové průtoky Černé Smědé (Smědava II.) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]		průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Černá Smědá	U Jeřábu	
30.6.2009 9:00	0	0	0,113
30.6.2009 10:00	0	0	0,111
30.6.2009 11:00	2,3	0	0,112
30.6.2009 12:00	0,2	0	0,111
30.6.2009 13:00	0,3	0,1	0,121
30.6.2009 14:00	5,4	3,1	0,14
30.6.2009 15:00	1,2	1,8	0,174
30.6.2009 16:00	1,5	1,6	0,191
30.6.2009 17:00	0,5	0,3	0,197
30.6.2009 18:00	0,6	0,4	0,197
30.6.2009 19:00	0	0	0,196
30.6.2009 20:00	0	0	0,192
30.6.2009 21:00	0	0	0,185
30.6.2009 22:00	0	0,1	0,18
30.6.2009 23:00	0	0	0,175
1.7.2009 0:00	0	0	0,169
1.7.2009 1:00	0	0	0,166
1.7.2009 2:00	0	0	0,161
1.7.2009 3:00	0	0	0,157
1.7.2009 4:00	0	0	0,154
1.7.2009 5:00	0	0	0,15
1.7.2009 6:00	0	0	0,147
1.7.2009 7:00	0	0	0,143
1.7.2009 8:00	0	0,1	0,14
1.7.2009 9:00	0	0	0,137

**Příloha 9** Hodinové průtoky Černé Desné (st. Jezdecká) a úhrn srážek nad povodím 30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]			průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Kůrovec	Jezdecká	Kasárenská	
30.6.2009 9:00	0	0	0	0,119
30.6.2009 10:00	0	0	0	0,119
30.6.2009 11:00	1,5	0,1	2,7	0,119
30.6.2009 12:00	0,2	0,4	1,2	0,119
30.6.2009 13:00	0	0,6	0	0,13
30.6.2009 14:00	8,2	13,6	6,1	0,167
30.6.2009 15:00	1,5	4,8	2,2	0,256
30.6.2009 16:00	1	1,1	1,4	0,33
30.6.2009 17:00	0,5	0,5	0,6	0,372
30.6.2009 18:00	0,6	0,4	0,6	0,391
30.6.2009 19:00	0	0	0	0,4
30.6.2009 20:00	0	0	0	0,391
30.6.2009 21:00	0	0	0	0,39
30.6.2009 22:00	0	0	0	0,384
30.6.2009 23:00	0	0	0	0,372
1.7.2009 0:00	0	0,1	0,1	0,36
1.7.2009 1:00	0	0	0	0,342
1.7.2009 2:00	0	0	0	0,336
1.7.2009 3:00	0	0	0	0,319
1.7.2009 4:00	0	0	0	0,301
1.7.2009 5:00	0	0	0	0,295
1.7.2009 6:00	0	0	0	0,278
1.7.2009 7:00	0	0	0	0,271
1.7.2009 8:00	0	0	0	0,265
1.7.2009 9:00	0	0	0	0,272

**Příloha 10** Hodinové průtoky Jizerky (st. Jizerka) a úhrn srážek nad povodím  
**30.6.2009 9:00 – 1.7.2009 9:00**

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]			průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Jizerka	Jizerská	Lasičí	
30.6.2009 9:00	0	0	0	0,711
30.6.2009 10:00	0	0	0	0,695
30.6.2009 11:00	0	0	0	0,674
30.6.2009 12:00	0,3	0	2,5	0,65
30.6.2009 13:00	0	0	0	0,653
30.6.2009 14:00	2,7	4,9	1,7	0,683
30.6.2009 15:00	0	1	1,9	0,73
30.6.2009 16:00	0	1,5	0,8	0,794
30.6.2009 17:00	0	0,2	0	0,87
30.6.2009 18:00	0	0,4	0	0,911
30.6.2009 19:00	0	0	0	0,926
30.6.2009 20:00	0	0	0	0,928
30.6.2009 21:00	0	0	0	0,919
30.6.2009 22:00	0	0	0	0,903
30.6.2009 23:00	0	0	0	0,882
1.7.2009 0:00	0	0	0	0,859
1.7.2009 1:00	0	0	0	0,836
1.7.2009 2:00	0	0,1	0	0,815
1.7.2009 3:00	0	0	0	0,79
1.7.2009 4:00	0	0	0	0,766
1.7.2009 5:00	0	0	0,1	0,746
1.7.2009 6:00	0	0	0	0,721
1.7.2009 7:00	0	0	0	0,704
1.7.2009 8:00	0	0	0	0,683
1.7.2009 9:00	0	0	0	0,66

**Příloha 11** Hodinové průtoky Černé Nisy (st. Uhlířská) a úhrn srážek nad povodím  
28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]				průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Uhlířská	Prameny Černé Nisy	Tomšovka	Olivetská hora	
28.5.2009 9:00	0	0	–	0	0,051
28.5.2009 10:00	0	0,1	–	0,1	0,049
28.5.2009 11:00	0	0	–	0	0,048
28.5.2009 12:00	0,6	0,6	–	0,7	0,046
28.5.2009 13:00	0,7	1,2	–	0,7	0,046
28.5.2009 14:00	3,8	2,8	–	3,3	0,049
28.5.2009 15:00	3,2	3,9	–	2,9	0,061
28.5.2009 16:00	0,1	0,1	–	0	0,079
28.5.2009 17:00	0	0	–	0	0,098
28.5.2009 18:00	0,6	0,5	–	0,7	0,109
28.5.2009 19:00	0,1	0,1	–	0,4	0,11
28.5.2009 20:00	0,4	0,5	–	0,1	0,107
28.5.2009 21:00	0	0	–	0,1	0,105
28.5.2009 22:00	0,4	0,3	–	0,5	0,102
28.5.2009 23:00	1,3	0	–	1,1	0,102
29.5.2009 0:00	1,2	1,2	–	1,1	0,104
29.5.2009 1:00	0,7	1,1	–	0,7	0,11
29.5.2009 2:00	0,6	1	–	0,6	0,113
29.5.2009 3:00	0,5	0,8	–	0,2	0,116
29.5.2009 4:00	0,3	0,6	–	0,1	0,117
29.5.2009 5:00	0,2	0,2	–	0,1	0,116
29.5.2009 6:00	0	0	–	0	0,115
29.5.2009 7:00	4,7	–	–	3,8	0,128
29.5.2009 8:00	2,2	–	–	1,6	0,167
29.5.2009 9:00	2,4	–	–	2,3	0,256
29.5.2009 10:00	4,8	–	–	3,6	0,366
29.5.2009 11:00	0,2	–	–	0,1	0,406
29.5.2009 12:00	2,1	–	–	2,5	0,399
29.5.2009 13:00	0,5	–	–	0,5	0,401
29.5.2009 14:00	4,8	–	–	4	0,447
29.5.2009 15:00	3	–	–	2,1	0,522
29.5.2009 16:00	5,2	–	–	4,6	0,614
29.5.2009 17:00	0,8	–	–	1,1	0,64
29.5.2009 18:00	0,5	–	–	0,3	0,59
29.5.2009 19:00	0,1	–	–	0,2	0,524
29.5.2009 20:00	0,1	–	–	0,1	0,465
29.5.2009 21:00	0	–	–	0	0,418
29.5.2009 22:00	0	–	–	0	0,378
29.5.2009 23:00	0	–	–	0	0,343
30.5.2009 0:00	0,3	–	–	0,2	0,314
30.5.2009 1:00	1	–	–	0,9	0,293
30.5.2009 2:00	0,1	–	–	0	0,276
30.5.2009 3:00	0,2	–	–	0,1	0,261
30.5.2009 4:00	0,3	–	–	0,3	0,248
30.5.2009 5:00	0,3	–	–	0,3	0,236
30.5.2009 6:00	0,8	–	–	0,8	0,229
30.5.2009 7:00	1,5	–	–	1,7	0,242
30.5.2009 8:00	2,7	–	–	3,5	0,291
30.5.2009 9:00	1,2	–	–	1,4	0,373

**Příloha 12** Hodinové průtoky Blatný potok (st. Blatný rybník) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]			průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Hřebínek	Nová louka	Blatný rybník	
28.5.2009 9:00	0	0	0	0,184
28.5.2009 10:00	0	0,1	0,1	0,18
28.5.2009 11:00	0,04	0	0	0,174
28.5.2009 12:00	0,5	0,7	0,6	0,173
28.5.2009 13:00	1,2	1	1	0,171
28.5.2009 14:00	1,1	0,9	1,6	0,181
28.5.2009 15:00	4,7	3,6	4,4	0,187
28.5.2009 16:00	0,24	2,4	0,2	0,202
28.5.2009 17:00	0	0,3	0	0,234
28.5.2009 18:00	0,46	0,6	0,9	0,269
28.5.2009 19:00	0	0,1	0,1	0,302
28.5.2009 20:00	0,38	0,4	0,5	0,311
28.5.2009 21:00	0	0	0	0,326
28.5.2009 22:00	5,73	0,7	0,7	0,331
28.5.2009 23:00	1,0	1,3	0,5	0,322
29.5.2009 0:00	0	1,1	1	0,322
29.5.2009 1:00	0,04	0,7	0,3	0,327
29.5.2009 2:00	0	0,6	0,6	0,34
29.5.2009 3:00	0	0,4	0,5	0,343
29.5.2009 4:00	0	0,2	0,4	0,347
29.5.2009 5:00	0	0,1	0,2	0,349
29.5.2009 6:00	0	0	0,1	0,358
29.5.2009 7:00	3,3	–	4,3	0,373
29.5.2009 8:00	3,1	–	2,4	0,409
29.5.2009 9:00	1,8	–	2,6	0,497
29.5.2009 10:00	3,2	–	4,7	0,619
29.5.2009 11:00	0,1	–	0,9	0,767
29.5.2009 12:00	0,9	–	3,8	0,847
29.5.2009 13:00	1,4	–	1,7	0,877
29.5.2009 14:00	4,1	–	5	0,966
29.5.2009 15:00	2,9	–	3,1	1,128
29.5.2009 16:00	5,0	–	3,9	1,277
29.5.2009 17:00	1,5	–	1,2	1,471
29.5.2009 18:00	0,6	–	0,3	1,544
29.5.2009 19:00	0,1	–	0	1,506
29.5.2009 20:00	0,12	–	0	1,376
29.5.2009 21:00	0	–	0	1,264
29.5.2009 22:00	0	–	0	1,105
29.5.2009 23:00	0	–	0,1	1,026
30.5.2009 0:00	0,3	–	0,4	0,934
30.5.2009 1:00	0,8	–	1	0,841
30.5.2009 2:00	0,1	–	0,3	0,79
30.5.2009 3:00	0,18	–	0,3	0,762
30.5.2009 4:00	0,3	–	0,2	0,718
30.5.2009 5:00	0,5	–	0,3	0,701
30.5.2009 6:00	0,6	–	0,9	0,658
30.5.2009 7:00	1,8	–	1,3	0,642
30.5.2009 8:00	3,9	–	1,3	0,658
30.5.2009 9:00	2,5	–	0,5	0,684

**Příloha 13** Hodinové průtoky Kamenice (st. Kristiánov) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]		průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Kristiánov	Černá hora	
28.5.2009 9:00	–	0	0,316
28.5.2009 10:00	–	0	0,306
28.5.2009 11:00	–	0,03	0,297
28.5.2009 12:00	–	0,4	0,292
28.5.2009 13:00	–	1,5	0,287
28.5.2009 14:00	–	0,6	0,298
28.5.2009 15:00	–	3,8	0,329
28.5.2009 16:00	–	0,3	0,367
28.5.2009 17:00	–	0	0,399
28.5.2009 18:00	–	0,47	0,418
28.5.2009 19:00	–	0	0,425
28.5.2009 20:00	–	0,15	0,427
28.5.2009 21:00	–	0	0,429
28.5.2009 22:00	–	3,6	0,437
28.5.2009 23:00	–	1,0	0,44
29.5.2009 0:00	–	0,11	0,455
29.5.2009 1:00	–	0,03	0,469
29.5.2009 2:00	–	0,03	0,479
29.5.2009 3:00	–	0	0,485
29.5.2009 4:00	–	0	0,486
29.5.2009 5:00	–	0	0,484
29.5.2009 6:00	–	0	0,487
29.5.2009 7:00	–	4,2	0,552
29.5.2009 8:00	–	4,3	0,796
29.5.2009 9:00	–	2,0	1,196
29.5.2009 10:00	–	5,1	1,668
29.5.2009 11:00	–	0,2	1,949
29.5.2009 12:00	–	0,9	2,007
29.5.2009 13:00	–	0,7	2,079
29.5.2009 14:00	–	3,9	2,328
29.5.2009 15:00	–	3,2	2,691
29.5.2009 16:00	–	6,3	3,216
29.5.2009 17:00	–	1,6	3,322
29.5.2009 18:00	–	0,7	2,963
29.5.2009 19:00	–	0,1	2,565
29.5.2009 20:00	–	0,06	2,241
29.5.2009 21:00	–	0	1,996
29.5.2009 22:00	–	0,03	1,793
29.5.2009 23:00	–	0	1,623
30.5.2009 0:00	–	0,4	1,498
30.5.2009 1:00	–	1,4	1,42
30.5.2009 2:00	–	0,5	1,373
30.5.2009 3:00	–	0,37	1,32
30.5.2009 4:00	–	0,3	1,268
30.5.2009 5:00	–	0,55	1,223
30.5.2009 6:00	–	1,1	1,193
30.5.2009 7:00	–	1,7	1,218
30.5.2009 8:00	–	2,6	1,305
30.5.2009 9:00	–	1,6	1,415

**Příloha 14** Hodinové průtoky Bílé Smědé (st. Smědava I.) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]		průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Knajpa	Smědavská hora	
28.5.2009 9:00	0	0	0,169
28.5.2009 10:00	0,1	0,2	0,164
28.5.2009 11:00	0	0	0,158
28.5.2009 12:00	0,7	0,6	0,154
28.5.2009 13:00	1,2	0,5	0,15
28.5.2009 14:00	2,5	2,3	0,153
28.5.2009 15:00	3	3,2	0,161
28.5.2009 16:00	0	0	0,172
28.5.2009 17:00	0	0	0,194
28.5.2009 18:00	0,7	0,4	0,212
28.5.2009 19:00	0	0,1	0,22
28.5.2009 20:00	0,1	0	0,224
28.5.2009 21:00	0,3	0,4	0,224
28.5.2009 22:00	0,7	0,2	0,22
28.5.2009 23:00	1,2	0,7	0,222
29.5.2009 0:00	0,3	0,8	0,223
29.5.2009 1:00	0	0,3	0,224
29.5.2009 2:00	0	0,1	0,227
29.5.2009 3:00	0	0	0,227
29.5.2009 4:00	0	0	0,224
29.5.2009 5:00	0	0	0,218
29.5.2009 6:00	0,1	0,1	0,22
29.5.2009 7:00	4,2	2,4	0,256
29.5.2009 8:00	4	3	0,407
29.5.2009 9:00	6,8	4,6	0,889
29.5.2009 10:00	6,3	4,4	1,384
29.5.2009 11:00	0,9	1,9	1,562
29.5.2009 12:00	3,2	2,5	1,601
29.5.2009 13:00	1,4	2	1,616
29.5.2009 14:00	4,6	4	1,726
29.5.2009 15:00	4,1	3,5	1,929
29.5.2009 16:00	3,6	4,5	2,047
29.5.2009 17:00	1,1	1,5	1,953
29.5.2009 18:00	0,5	0,6	1,78
29.5.2009 19:00	0,1	0,1	1,627
29.5.2009 20:00	0	0	1,456
29.5.2009 21:00	0	0	1,297
29.5.2009 22:00	0,1	0,1	1,175
29.5.2009 23:00	0	0	1,077
30.5.2009 0:00	0,2	0,1	0,956
30.5.2009 1:00	1,6	1,3	0,882
30.5.2009 2:00	0,1	0	0,839
30.5.2009 3:00	0,3	0,5	0,784
30.5.2009 4:00	0,4	0,3	0,736
30.5.2009 5:00	0,2	0,2	0,682
30.5.2009 6:00	1,4	1,3	0,672
30.5.2009 7:00	1,9	1,9	0,716
30.5.2009 8:00	1,2	1,1	0,79
30.5.2009 9:00	0,9	1	0,866

**Příloha 15** Hodinové průtoky Černé Smědé (st. Smědava II.) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]		průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Černá Smědá	U Jeřábu	
28.5.2009 9:00	0	0	0,161
28.5.2009 10:00	0,1	0	0,155
28.5.2009 11:00	0	0	0,15
28.5.2009 12:00	0,7	0,7	0,147
28.5.2009 13:00	0,4	0,6	0,146
28.5.2009 14:00	2,2	1,9	0,154
28.5.2009 15:00	3,2	5	0,173
28.5.2009 16:00	0	0	0,192
28.5.2009 17:00	0	0	0,201
28.5.2009 18:00	0,9	0,5	0,203
28.5.2009 19:00	0,1	0,1	0,202
28.5.2009 20:00	0,1	0	0,201
28.5.2009 21:00	0,6	1,4	0,207
28.5.2009 22:00	1,2	2,1	0,213
28.5.2009 23:00	0,3	0,8	0,223
29.5.2009 0:00	0,2	0,6	0,228
29.5.2009 1:00	0	0,1	0,228
29.5.2009 2:00	0	0	0,226
29.5.2009 3:00	0	0	0,219
29.5.2009 4:00	0	0	0,213
29.5.2009 5:00	0	0,1	0,208
29.5.2009 6:00	0,9	0,3	0,23
29.5.2009 7:00	6,5	6,6	0,387
29.5.2009 8:00	5,4	5,7	0,719
29.5.2009 9:00	4,4	3,5	1,034
29.5.2009 10:00	2,7	3,4	1,224
29.5.2009 11:00	0,2	0,2	1,293
29.5.2009 12:00	3,9	3,8	1,395
29.5.2009 13:00	2,7	2,8	1,55
29.5.2009 14:00	5,7	5,5	1,811
29.5.2009 15:00	4,8	4,9	2,074
29.5.2009 16:00	3	3,8	1,954
29.5.2009 17:00	1,5	1,9	1,918
29.5.2009 18:00	0,3	0,7	1,667
29.5.2009 19:00	0	0,1	1,444
29.5.2009 20:00	0,1	0	1,286
29.5.2009 21:00	0	0	1,13
29.5.2009 22:00	0	0,1	1,037
29.5.2009 23:00	0,1	0	0,939
30.5.2009 0:00	0,2	0,2	0,876
30.5.2009 1:00	0,9	0,9	0,835
30.5.2009 2:00	0,1	0,1	0,782
30.5.2009 3:00	0,3	0,2	0,748
30.5.2009 4:00	0,4	0,3	0,71
30.5.2009 5:00	0,1	0,1	0,681
30.5.2009 6:00	1,7	1,2	0,682
30.5.2009 7:00	2,4	2,1	0,708
30.5.2009 8:00	1,3	0,7	0,727
30.5.2009 9:00	1,3	1,8	0,742



**Příloha 16** Hodinové průtoky Černé Desné (st. Jezdecká) a úhrn srážek nad povodím 28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]			průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Kůrovec	Jezdecká	Kasárenská	
28.5.2009 9:00	0	–	0	0,19
28.5.2009 10:00	0	–	0	0,186
28.5.2009 11:00	0	–	0,1	0,177
28.5.2009 12:00	0,5	–	0,6	0,177
28.5.2009 13:00	0,7	–	1,1	0,177
28.5.2009 14:00	2,3	–	1,3	0,182
28.5.2009 15:00	3,9	–	4,9	0,195
28.5.2009 16:00	0	–	0,5	0,218
28.5.2009 17:00	0	–	0	0,241
28.5.2009 18:00	0,6	–	0,8	0,246
28.5.2009 19:00	0,1	–	0	0,246
28.5.2009 20:00	0	–	0,1	0,246
28.5.2009 21:00	0,6	–	0,5	0,246
28.5.2009 22:00	0,9	–	0,4	0,246
28.5.2009 23:00	0,6	–	0,4	0,252
29.5.2009 0:00	0,1	–	0,1	0,264
29.5.2009 1:00	0	–	0,1	0,264
29.5.2009 2:00	0	–	0,1	0,264
29.5.2009 3:00	0	–	0	0,258
29.5.2009 4:00	0	–	0	0,246
29.5.2009 5:00	0	–	0,1	0,246
29.5.2009 6:00	0,3	–	0	0,252
29.5.2009 7:00	6,5	–	0	0,316
29.5.2009 8:00	5,2	–	0	0,539
29.5.2009 9:00	5,6	–	0	0,884
29.5.2009 10:00	3,5	–	0	1,189
29.5.2009 11:00	0,1	–	0	1,457
29.5.2009 12:00	3,4	–	0	1,739
29.5.2009 13:00	2,2	–	0	2,105
29.5.2009 14:00	4,2	–	0	2,567
29.5.2009 15:00	3,6	–	0	2,911
29.5.2009 16:00	2,3	–	0	2,982
29.5.2009 17:00	1,3	–	0	2,776
29.5.2009 18:00	0,5	–	0	2,413
29.5.2009 19:00	0,1	–	0	2,009
29.5.2009 20:00	0	–	0	1,803
29.5.2009 21:00	0	–	0	1,572
29.5.2009 22:00	0,2	–	0	1,317
29.5.2009 23:00	0,1	–	0	1,177
30.5.2009 0:00	0,1	–	0	1,065
30.5.2009 1:00	0,6	–	0	0,99
30.5.2009 2:00	0,1	–	0	0,931
30.5.2009 3:00	0,1	–	0	0,856
30.5.2009 4:00	0,3	–	0	0,811
30.5.2009 5:00	0,1	–	0	0,779
30.5.2009 6:00	1,1	–	0	0,764
30.5.2009 7:00	1,7	–	0	0,734
30.5.2009 8:00	0,6	–	0	0,748
30.5.2009 9:00	1,4	–	0	0,764

**Příloha 17 Hodinové průtoky Jizerky (st. Jizerka) a úhrn srážek nad povodím  
28.5.2009 9:00 – 30.5.2009 9:00**

Datum, čas	Klimatická stanice [mm]			průtok [m <sup>3</sup> /s]
	Jizerka	Jizerská	Lasičí	
28.5.2009 9:00	0	0	0	0,381
28.5.2009 10:00	0	0	0	0,368
28.5.2009 11:00	0,1	0,2	0,2	0,356
28.5.2009 12:00	0,4	0,4	0,5	0,348
28.5.2009 13:00	0,8	0,7	0,6	0,339
28.5.2009 14:00	0,9	0,4	1	0,345
28.5.2009 15:00	4,6	5,5	4,3	0,355
28.5.2009 16:00	0,1	0,3	0,1	0,378
28.5.2009 17:00	0	0	0	0,433
28.5.2009 18:00	0,9	0,8	1,2	0,498
28.5.2009 19:00	0,1	0,1	0	0,543
28.5.2009 20:00	0	0,1	0	0,581
28.5.2009 21:00	2,2	1,4	1,2	0,61
28.5.2009 22:00	2	1	0,9	0,63
28.5.2009 23:00	1,2	1,5	1,8	0,663
29.5.2009 0:00	1,1	0,8	1,2	0,705
29.5.2009 1:00	1,1	0,2	0,4	0,748
29.5.2009 2:00	0,2	0,1	0,6	0,775
29.5.2009 3:00	0	0	0,1	0,796
29.5.2009 4:00	0	0	0	0,802
29.5.2009 5:00	0,1	0	0,1	0,799
29.5.2009 6:00	0,4	0	0,3	0,815
29.5.2009 7:00	6,7	6,4	3,7	0,889
29.5.2009 8:00	3,9	4,9	3,1	1,052
29.5.2009 9:00	2,8	4,5	5,2	1,423
29.5.2009 10:00	3,3	4,1	4,6	1,951
29.5.2009 11:00	0,9	1,3	1,1	2,537
29.5.2009 12:00	3,9	2,4	2	3,15
29.5.2009 13:00	1,1	1,8	2,3	3,903
29.5.2009 14:00	4,6	5,1	3,9	4,789
29.5.2009 15:00	3,4	3,9	4,2	5,746
29.5.2009 16:00	2,3	3,3	3	6,927
29.5.2009 17:00	1,4	2	1,9	7,328
29.5.2009 18:00	0,5	0,8	0,7	6,832
29.5.2009 19:00	0,1	0	0	5,859
29.5.2009 20:00	0	0	0	5,036
29.5.2009 21:00	0	0	0,1	4,256
29.5.2009 22:00	0,3	0,3	0,8	3,643
29.5.2009 23:00	0,1	0	0	3,239
30.5.2009 0:00	0,1	0,2	0,2	2,858
30.5.2009 1:00	1,8	0,6	1,8	2,563
30.5.2009 2:00	0,1	0,1	0,1	2,288
30.5.2009 3:00	0,2	0,1	0,2	2,094
30.5.2009 4:00	0,2	0,2	0,3	1,924
30.5.2009 5:00	0,3	0,4	0,3	1,795
30.5.2009 6:00	0,8	0,9	0,9	1,679
30.5.2009 7:00	0,4	1,1	0,5	1,611
30.5.2009 8:00	0,7	1	0,9	1,577
30.5.2009 9:00	1,4	1,4	2	1,571