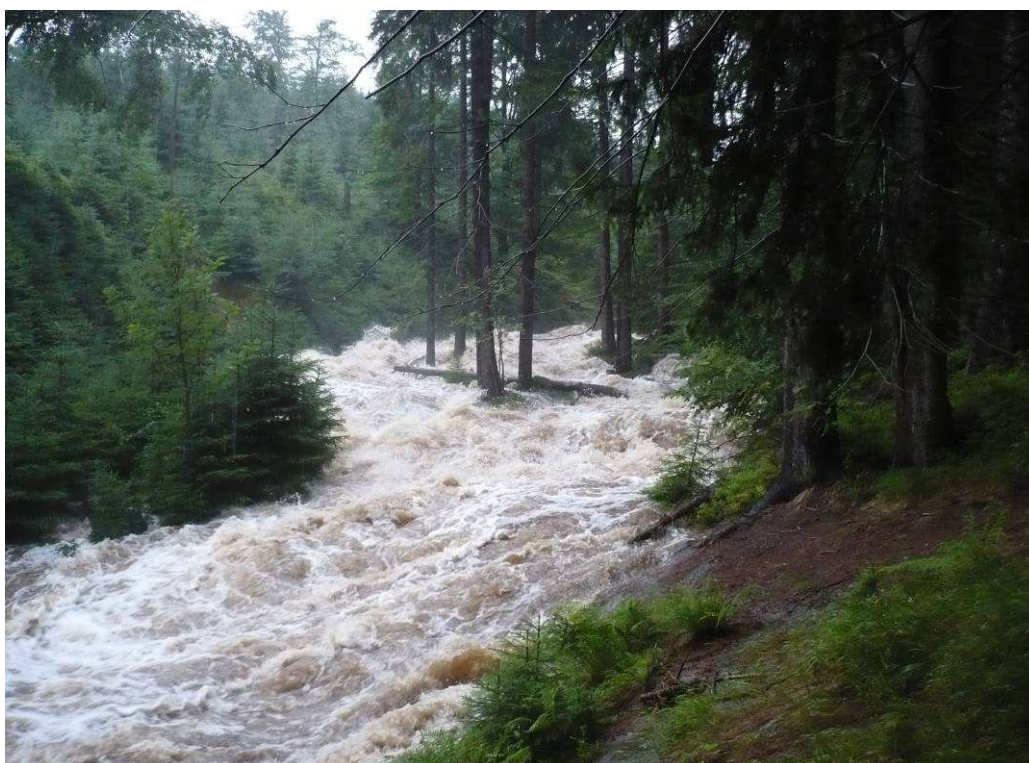




Ministerstvo životního prostředí
České republiky

VYHODNOCENÍ POVODNÍ V SRPNU 2010



VYHODNOCENÍ PRŮBĚHU POVODNĚ VE VRCHOLOVÝCH PARTIÍCH JIZERSKÝCH HOR

Příloha č. 3 k dílčí zprávě
HYDROLOGICKÉ VYHODNOCENÍ PRŮBĚHU POVODNÍ



Český
hydrometeorologický
ústav

Oddělení aplikovaného
hydrologického výzkumu
Jizerské hory

Zadavatel: Ministerstvo životního prostředí
odbor ochrany vod
Vršovická 65
100 00 Praha 10

Projekt: **VYHODNOCENÍ POVODNÍ V SRPNU 2010**

Nositel projektu: Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 17
143 06 Praha 4

Koordinátor projektu: Ing. Jan Kubát

Doba řešení projektu: září 2010 – prosinec 2010

Dílčí část: **HYDROLOGICKÉ VYHODNOCENÍ PRŮBĚHU
POVODNÍ**

**VYHODNOCENÍ PRŮBĚHU POVODNĚ
VE VRCHOLOVÝCH PARTIÍCH
JIZERSKÝCH HOR**
(PŘÍLOHA Č. 3)

Nositel dílčí části: Český hydrometeorologický ústav
Oddělení aplikovaného hydrologického výzkumu
Želivského 5
446 05 Jablonec nad Nisou

Odpovědný řešitel: Ing. Jana Pobříslová

Řešitelé: Mgr. Libor Ducháček
Mgr. Jan Jirák
Mgr. Václav Vajskebr

Místo uložení zprávy: MŽP odbor ochrany vod
ČHMÚ středisko informačních služeb

uložení u řešitele:
ČHMÚ, OHV Jablonec nad Nisou

OBSAH:

	strana
1 ÚVOD.....	4
2 PŘÍČINNÉ SRÁŽKY	5
2.1 Charakter srážek	5
2.2 Vývoj srážkové činnosti	6
3 VYHODNOCENÍ PRŮTOKŮ	10
3.1 Hydrologická situace před povodní	10
3.2 Průběh povodňových vln na jednotlivých tocích	11
4 POROVNÁNÍ POVODNÍ ZE SRPNA 2002, 2006 a 2010	20
4.1 Charakter příčinných srážek	20
4.2 Porovnání nasycenosti území	21
4.3 Porovnání srážek a průtoků	22
4.4. Porovnání srážkových intenzit	26
4.5 Bilanční porovnání	27
4.6 Zhodnocení	28
5 NÁSLEDKY POVODNĚ	29
5.1 Škody na měřicích stanicích	29
5.2 Sesuvy	32
6 SHRUTÍ	34

1. ÚVOD

Monitoring srážek a průtoků na území Jizerských hor byl iniciován vládou ČSR v roce 1981 za účelem získat podklady ke kvantifikaci odtokových změn v důsledku velkoplošného odlesnění. V současnosti probíhá podrobné sledování sedmi malých povodí o rozloze 1,8 - 10,3 km². Jedná se o horská povodí v nadmořské výšce 700 až 1100 m n.m. v pramenné oblasti Kamenice, Lužické Nisy a Smědé na rozvodí Labe a Odry.

Intenzivní srážky a následná povodňová situace počátkem srpna zasáhla i Jizerské hory. Ačkoliv srážky ve vrcholových partiích hor nedosahovaly intenzit a objemu srážek spadlých na severním a severozápadním úpatí hor, přesto i zde byla odezva velice rychlá a stavy hladin vodních toků v některých profilech dosáhly hodnot, které nebyly v historii pozorování doposud zaznamenány. Rychlá odtoková odezva způsobená kombinací vytrvalých srážek se srážkami konvekčního typu byla navíc zesílená vysokým nasycením půdy po předchozích deštích a významnou roli hrála i velká svažitost terénu.

Rozsáhlé škody na úpravě toků, komunikacích a masivní sesuvy půdy na Smědavské hoře jsou důkazem extremity nastalé situace.



Obr. 1.1 Sesuvy na Smědavské hoře



Obr. 1.2 Silnice Smědava – Bílý potok



Obr. 1.3 Zničená úprava toku na Smědavě

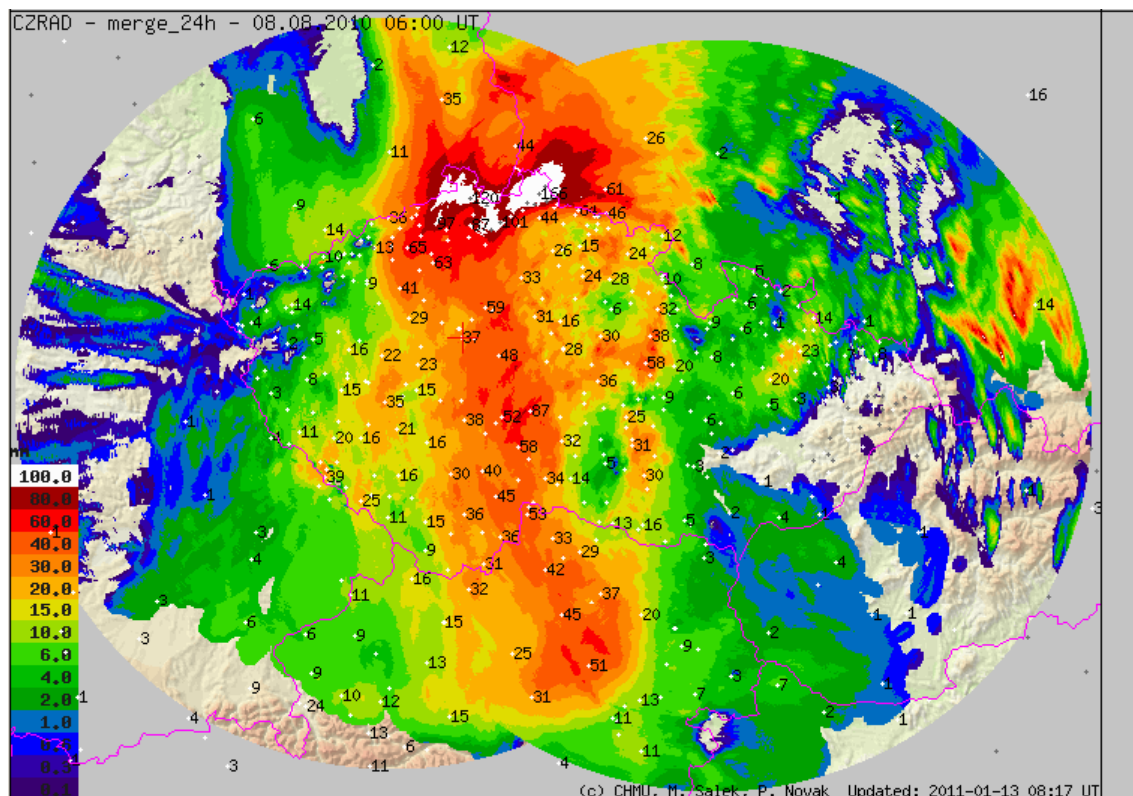


Obr. 1.4 Silnice u Nové Louky

2. PŘÍČINNÉ SRÁŽKY

2.1 Charakter srážek

Počátek intenzivní srážkové činnosti v Jizerských horách byl zaznamenán 6. 8. v 16:00 (všechny údaje jsou nadále v SELČ) a nejintenzivněji se srážky projevíly v sobotu 7. 8. Podle údajů z meteorologického radaru a z pozorování z klimatologických stanic byly srážky lokálně zesíleny konvekční činností. V neděli 8. 8. srážková činnost pomalu ustávala.



Obr. 1.1 Odhad denních srážkových úhrnů – kombinace radarového odhadu a měření pozemních srážkoměrů (7.8. 2010 8:00 – 8.8. 2010 8:00 SELČ)

Určujícím faktorem této situace, který zásadně ovlivnil rozsah a průběh povodně, byl výskyt bouřkových jader. Právě kombinace vytrvalých srážek s epizodami konvekčních srážek, trvajících dvě až tři hodiny, zapříčinila razantní odezvu a zejména u malých toků i velmi rychlý nástup povodňových vln.

Zajímavým atributem této situace bylo i to, že srážky byly mnohem intenzivnější v podhůří, než ve vyšších polohách. U nejvýznamnějších povodňových situací (za cca

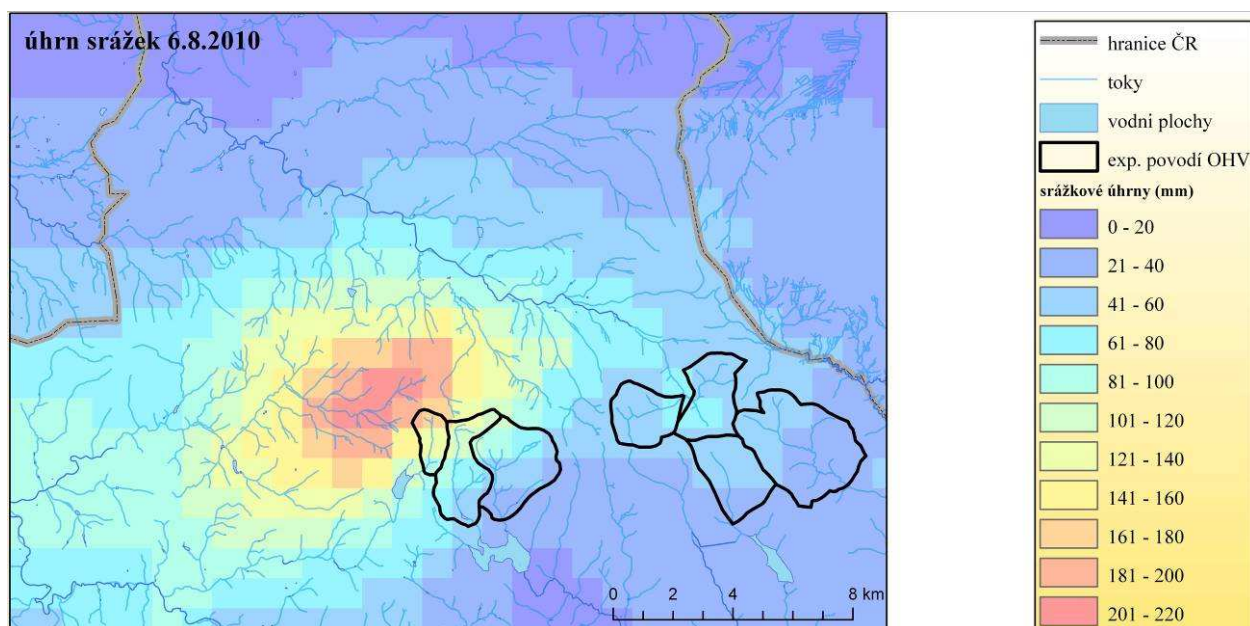
posledních 15 let) v letech 1997, 2002 a 2006 byly srážky výrazně orograficky zesíleny a nejvyšší úhrny i intenzity byly naměřeny právě na nejvýše položených stanicích.

2.2 Vývoj srážkové činnosti

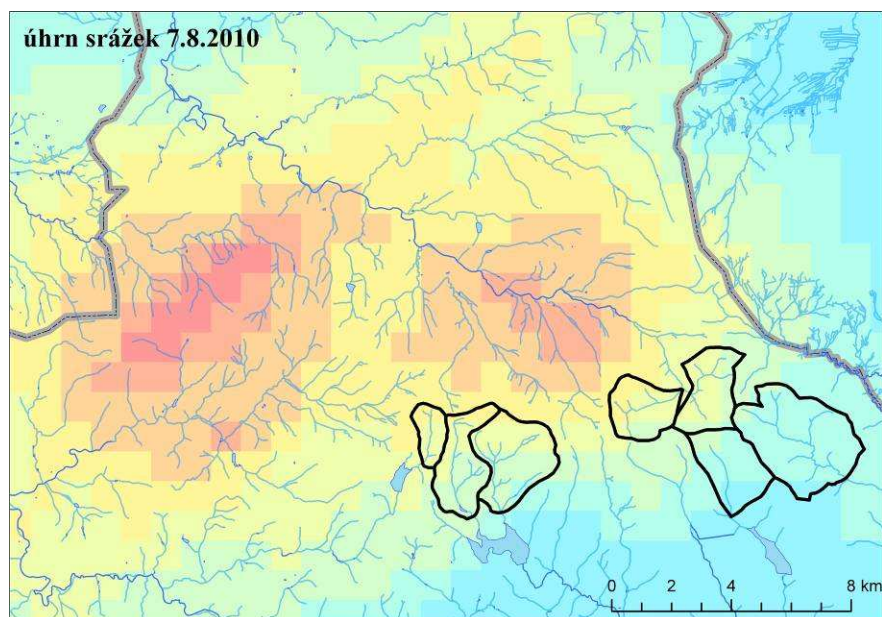
Na sledovaných povodích začalo vytrvale pršet 6. srpna kolem 16. hodiny, v povodí Jizerky o hodinu dříve. Lokální srážky konvekčního charakteru se objevily již 6. 8. krátce po 23. hodině na Smědavě, kde za 15 minut napršelo patnáct milimetrů. O něco nižší intenzity byly zaznamenány ještě na lokalitě Kůrovec a Jizerská cesta.

První velmi intenzivní konvekční srážky s delším trváním nastaly v noci 7. srpna mezi druhou a pátou hodinou ranní, s maximálními intenzitami mezi 3:00 až 4:30 (**Obr. 2.2**). Centrum intenzivní srážkové činnosti se nacházelo na severozápadním úpatí Jizerských hor – v lokalitě Mlýnice a Fojtka. Srážky zasáhly prakticky celé povodí Černé Nisy a horní část povodí Blatného potoka a Kamenice. Jen okrajově se projevila zvýšenými úhrny i na Smědavě. V povodí Černé Nisy přesahovaly hodinové úhrny 50 mm. Největší hodinová intenzita srážek – 60,1 mm, byla naměřena na lokalitě Tomšovka a to mezi 3:15 a 4:15 hodinou.

Další velmi intenzivní srážky konvekčního typu měly své jádro na severním úpatí Jizerských hor v oblasti Hejnic. Zasáhly všechna sledovaná povodí a nejvíce ovlivnily průběh odtokové odezvy (včetně kulminačních průtoků) na všech tocích, kromě Černé Nisy, která kulminovala již po první srážkové epizodě v ranních hodinách. Tato velmi intenzivní srážková činnost trvala zhruba od 9:00 do 11:30, přičemž nejvyšší intenzity se vyskytly mezi 10 a 11 hodinou. (**Obr. 2.3**) Maximální hodinový úhrn byl naměřen na Smědavě - 40,4 mm. Podle odtokové odezvy v povodích Bílé a Černé Smědé a výskytu půdních sesuvů na Smědavské hoře lze usoudit, že v oblasti Smědavské hory byly srážky lokálně mnohem intenzivnější, než byly zaznamenány srážkoměrem na Knajpě, který je situován na hranici povodí. U srážkoměru na Smědavské hoře došlo při záznamu dat k selhání a k dispozici je pouze totalizovaný úhrn za období 6. 8. – 9. 8. 2010. Ten je o 55 mm vyšší, než na zmiňované lokalitě Knajpa, vzdálené přibližně jeden kilometr.



Obr.2.2 Srážkové úhrny z 6.8. (do 7.8. 8:00)
Jizerské hory zasaženy okrajově, nejvíce v povodí Černé Nisy

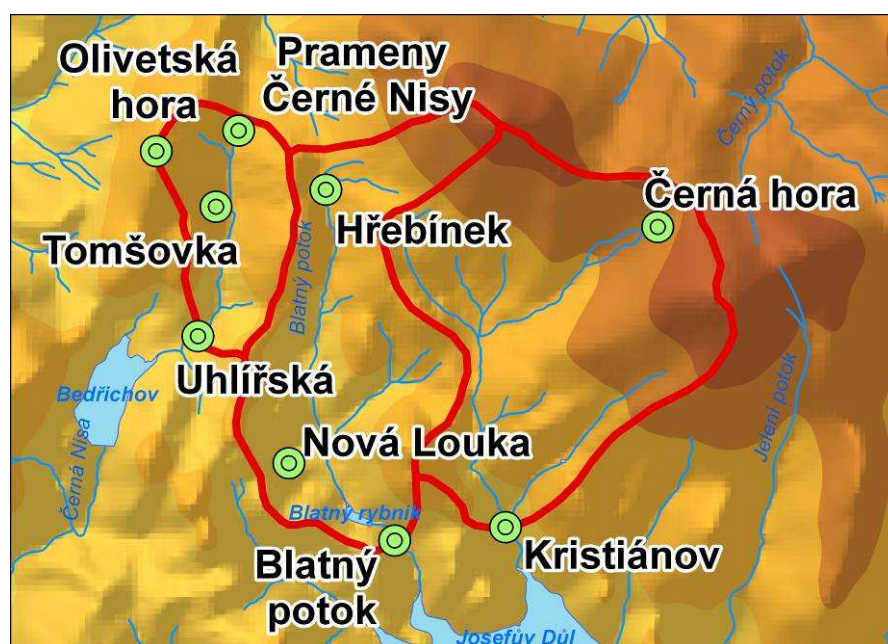


Obr.2.3 Srážkové úhrny ze 7.8. (do 8.8. 8:00)

Ve vrcholových partiích Jizerských hor byly srážky měřeny v 19 srážkoměrech. Úhrny a maximální intenzity naměřené v jednotlivých lokalitách jsou uvedené v následujících tabulkách (**Tab. 2.1** a **Tab. 2.2**). Čas uvedený u intenzit se vztahuje k počátku příslušného intervalu, kdy bylo dosaženo maximální intenzity (tj. údaj 3:15 u maximální hodinové intenzity znamená, že maximální hodinový úhrn byl změřen mezi 3:15 a 4:15).

Tab. 2.1 Přehled naměřených úhrnů a maximálních intenzit srážek – západní část JH

povodí	srážkoměr /nadm.výška	celkový úhrn 6.8. - 8.8.	maximální naměřené Intenzity		
			24-hod.	hodinové	15-min.
Uhlířská 1,87 km ² tok Černá Nisa	Olivetská hora 866 m n.m.	330 mm	289,6 mm	55,1 mm	16,6 mm
	Uhlířská 783 m n.m.	249 mm	202,3 mm	39,2 mm	12,9 mm
	Tomšovka 810 m n.m.	328 mm	287,2 mm	60,1 mm	19,9 mm
	Prameny Černé Nisy 825 m n.m.	335 mm	295,8 mm	52,2 mm	14,5 mm
				6.8. 18:45	7.8. 3:15
Blatný rybník 5 km ² tok Blatný potok	Hřebínek 827 m n.m.	303 mm	257,8 mm	48,6 mm	11,7 mm
	Nová Louka 786 m n.m.	176 mm	133,2 mm	24,8 mm	10 mm
	Blatný potok 756 m n.m.	166 mm	121,3 mm	26,6 mm	10,8 mm
Kristiánov 6,28 km ² tok Kamenice	Černá hora 988 m n.m.	215 mm	161,1 mm	23,9 mm	9,5 mm
	Kristiánov 778 m n.m.	168 mm	120,5 mm	32,8 mm	12,8 mm
			6.8. 20:00	7.8. 9:00	7.8. 3:00
			6.8. 20:00	7.8. 9:00	7.8. 3:00
			6.8. 20:00	7.8. 3:45	7.8. 3:45
			6.8. 20:00	7.8. 9:15	7.8. 9:30

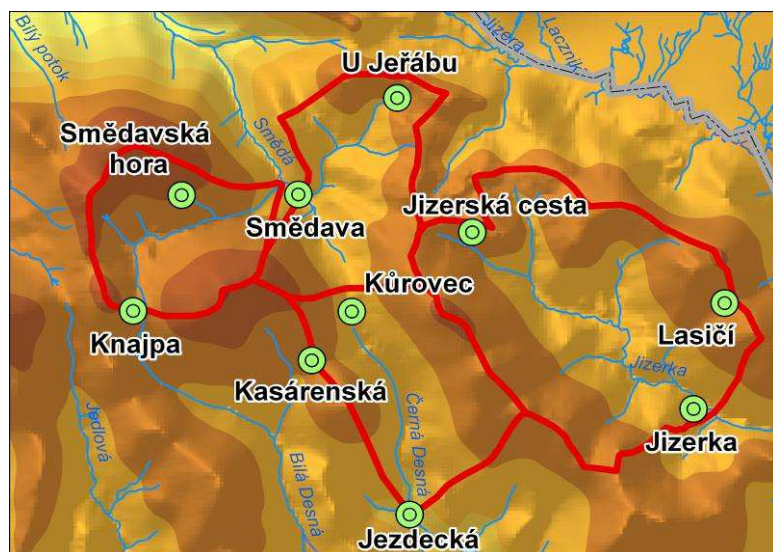


Obr.2.4 Poloha jednotlivých srážkoměrů – západní část JH

Tab. 2.2 Přehled naměřených úhrnů a maximálních intenzit srážek – východní část JH

povodí	srážkoměr / nadm.výška	celkový úhrn 6.8. – 8.8.	maximální	naměřené	Intenzity
			24 h.	hodinové	15 min.
Jezdecká 4,78 km ² tok Černá Desná	Kůrovec 893 m n.m.	163 mm	136,7 mm 6.8. 19:00	30,4 mm 7.8. 9:15	9,4 mm 7.8. 9:45
	Kasárenská 922 m n.m.	149 mm	119,6 mm 6.8. 19:00	26,9 mm 7.8. 9:30	8,1 mm 7.8. 10:15
	Jezdecká 788 m n.m.	104 mm	79,9 mm 6.8. 15:00	16,8 mm 7.8. 10:00	5,7 mm 7.8. 10:15
	Smědava 1 3,73 km ² Tok Bílá Smědá	Knajpa 997 m n.m.	186 mm	142,9 mm 6.8. 19:30	32 mm 7.8. 9:30
	Smědavská hora * 1006 m n.m.	240 mm	-	-	-
Smědava 2 4,63 km ² tok Černá Smědá	Smědava 842 m n.m.	215 mm	174,9 mm 6.8. 18:00	40,4 mm 7.8. 10:00	13,4 mm 7.8. 10:15
	U Jeřábu 916 m n.m.	192 mm	150,7 mm 6.8. 21:30	37,7 mm 7.8. 10:00	13,5 mm 7.8. 10:30
Jizerka 10,27 km ² tok Jizerka	Jizerská cesta 938 m n.m.	172 mm	146,7 mm 6.8. 19:00	30,8 mm 7.8. 10:00	9,5 mm 6.8. 23:30
	Lasičí 950 m n.m.	136 mm	102,4 mm 6.8. 20:30	18,3 mm 7.8. 10:30	7,0 mm 7.8. 11:30
	Jizerka 866 m n.m.	120 mm	96,1 mm 6.8. 19:30	19,5 mm 7.8. 10:45	6,9 mm 7.8. 11:15

* Pozn.: u srážkoměru Smědavská hora se vyskytla chyba v záznamu dat, k dispozici pouze totalizovaný úhrn srážek za období 6. 8. – 9. 8.



Obr. 2.5 Poloha jednotlivých srážkoměrů – východní část Jizerských hor

3. VYHODNOCENÍ PRŮTOKŮ

Průběh povodně byl měřicími přístroji zaznamenán bez výpadků ve čtyřech vodoměrných profilech, ve dvou případech (Smědava 1 a Smědava 2) došlo k výpadku měření vlivem narušení měrného objektu a v profilu Blatný rybník byl měrný přepad poničen a rovněž bylo utrženo tlakové čidlo snímající výšku hladiny.

Pro vodní stavy dosažené za povodně nejsou zatím k dispozici přímá měření průtoku. Vyhodnocené průtoky za povodňových stavů jsou proto zatíženy určitou mírou nejistoty, protože ve všech profilech je extrapolace měrné křivky průtoku provedena na základě odborného odhadu.

Na všech stanicích byly vyznačeny stopy po povodňových vlnách a bylo provedeno geodetické zaměření hladiny. To bylo podkladem pro stanovení kulminačních průtoků, který byl odvozen na základě průtočné plochy a odhadu středních profilových rychlostí proudění. Odhad kulminačního průtoku v profilech Smědava 1 a Smědava 2 byl vypočítán pomocí hydraulického modelu na základě externí zakázky (viz Příloha 1 dílčí zprávy).

V profilech Jizerka a Jezdecká bylo navíc možné měrné křivky průtoků zpřesnit pomocí hydrometrických měření, která byla přístrojem ADCP provedena za spolupráce s pracovníky oddělení hydrologie pobočky ČHMÚ v Praze. 7. srpna před 18. hodinou byl v profilu Jezdecká při stavu 93 cm změřen průtok $2,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a před 19. hodinou na Jizerce průtok o velikosti $8,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ při stavu 85 cm. V obou případech šlo o největší změřené průtoky v historii pozorování těchto vodoměrných stanic.

3.1 Hydrologická situace před povodní

V pátek 6. 8. byly průtoky na všech monitorovaných tocích pod úrovní dlouhodobých ročních průměrů. Na Černé Nise byl vodní stav na úrovni 350denní vody, u Blatného potoka 300denní vody u dalších stanic se pohybovaly v rozmezí 270 až 240 denní vody. Nasycenost území však byla po vydatných červencových srážkách vysoká.

K posouzení nasycenosti povodí, která výrazně ovlivňuje reakci na spadlé srážky, byl vypočten index předchozího nasycení pro 30 dní před příčinnou srážkou, poměr k normálu za období 1961 – 2000 a ukazatel nasycení.

Tab. 3.1 Nasycenost povodí před příčinnou srážkou

povodí	API30d k 6. 8. 2010 [mm]	Poměr API30d k normálu 1961-2000	Ukazatel nasycení k 6.8. 2010	srážky 6. 8. 2010 [mm]	srážky 7. 8. 2010 [mm]	srážky 8. 8. 2010 [mm]
Uhlířská	66,1	1,23	0,75	152,5	137,3	11,7
Blatný rybník	63,7	1,20	0,71	86,0	118,1	16,0
Kristiánov	60,2	1,12	0,72	54,4	113,6	18,9
Jezdecká	51,5	1,00	0,65	39,4	89,7	10,1
Smědava 1	55,6	1,04	0,79	49,3	136,4	16,0
Smědava 2	54,9	1,05	0,77	57,0	126,1	11,8
Jizerka	49,6	0,96	0,46	41,6	89,4	10,4

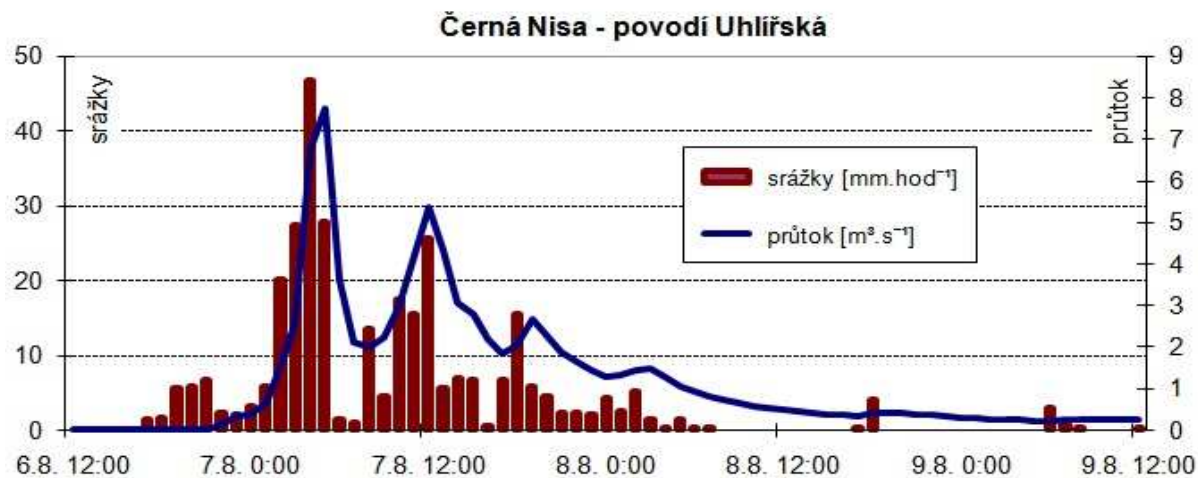
Hodnota API_{30} se určuje na základě úhrnů srážek v předchozích třiceti dnech se zahrnutím vlivu evapotranspirace. Normál API_{30} v podstatě odpovídá dlouhodobým klimatickým charakteristikám dané lokality. Poměr aktuální hodnoty API_{30} k normálu vyjadřuje odchylku od dlouhodobého průměrného nasycení území pro příslušný den v roce.

Ukazatel nasycení (U_N) zohledňuje kromě evapotranspirace i infiltrační vlastnosti půdního povrchu, čímž ještě lépe vyjadřuje míru potenciálního vzniku povodňové situace. Hodnoty ukazatele $U_N > 0,7$ již spadají do kategorie silného nasycení. Většina území byla tedy silně nasycena, kromě povodí Jezdecká, které se k této mezní hodnotě také blížilo a povodí Jizerky, které můžeme hodnotit jako nasycené.

3.2 Průběh povodňových vln na jednotlivých tocích

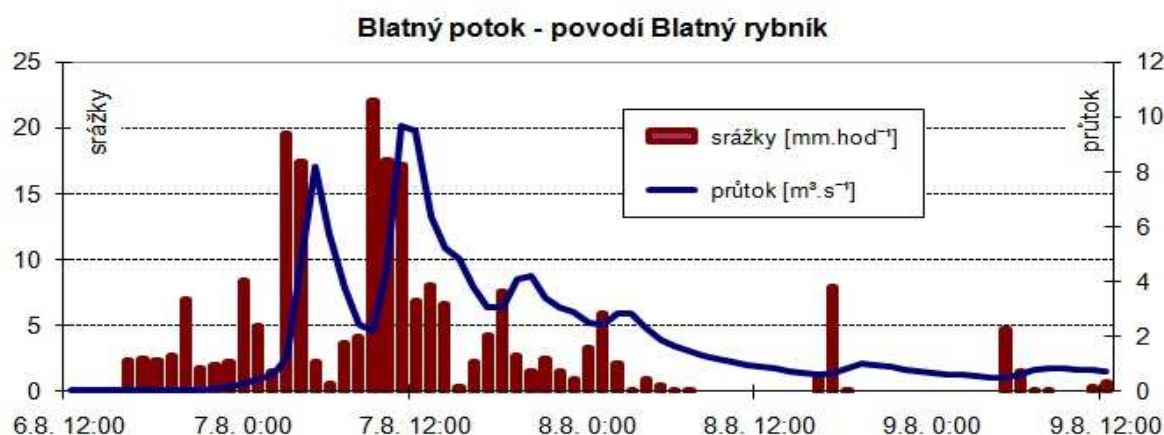
Nejvyšší celkový srážkový úhrn a zároveň i nejintenzivnější srážky byly zaznamenány v nejmenším povodí Uhlířská. V závěrovém profilu Uhlířská má tok Černá Nisa délku necelé dva kilometry a plochu povodí $1,78 \text{ km}^2$. Počáteční průtok se pohyboval kolem $12 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Vytrvalý déšť do druhé hodiny ranní způsobil vzestup hladiny o 60 cm na průtok okolo $1 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Silné srážky zasáhly povodí před třetí hodinou ranní s maximální intenzitou mezi 3:30 a 4:15. Po čtvrté hodině nastal prudký vzestup hladiny. Každých 10 minut vzrostl průtok přibližně o $1 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ až na hodnotu $10,9 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ v 5:10, která odpovídá 100letému průtoku. Poté začal průtok rychle klesat až na hodnotu $1,7 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ v 8:20, kdy vlivem dalších vydatných

srážek nastal opětovný vzestup hladiny. Druhá kulminace o průtoku zhruba $5,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nastala ve 12:50.



Obr. 3.1 Průměrný hodinový průtok a hodinové úhrny srážek na povodí Uhlířská

Ranními intenzivními srážkami bylo ovlivněno i povodí Blatného rybníka. Vysoké srážkové intenzity kolem 50 mm za hodinu byly naměřeny v horní části povodí. Směrem k jihu byla srážková činnost slabší. Stejně jako na Černé Nise došlo i zde po čtvrté hodině k velice rychlému vzestupu hladiny a kulminace o velikosti $9,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nastala v 5:10. Před devátou hodinou přišla druhá vlna intenzivních a vydatných srážek a nastal další prudký vzestup hladiny. Hladina dosáhla maxima kolem 12:00 a kulminační průtok byl větší než u první vlny, přičemž dosáhl hodnoty $11,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Obr. 3.2), což představuje dobu opakování 2–5 let. Další záznam vodního stavu byl narušen poničením měrného přepadu a utržením tlakového čidla.



Obr. 3.2 Průměrný hodinový průtok a hodinové úhrny srážek na povodí Blatný rybník



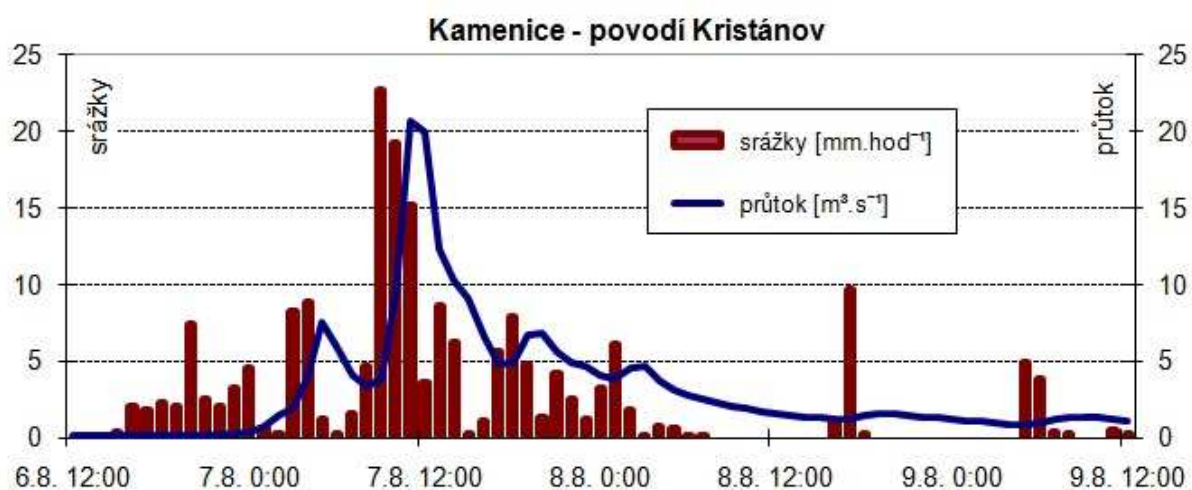
Obr. 3.3 Blatný rybník po 12. hodině



Obr. 3.4 Rozvodněný Blatný potok

V povodí Kristiánov zasáhly první intenzivní srážky pouze západní úbočí Černé hory. Z počátečního průtoku $120 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ se do čtvrté hodiny zvedl průtok na Kamenici na $2,2 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, dále během hodiny a půl, jako odezva na další vydatné srážky, vystoupal na $8,5 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Do deváté hodiny hladina klesala, pak opět začala stoupat. Od desáté hodiny do půl dvanácté rostl průtok velice rychle, každou čtvrt hodinu přibližně o $2,5 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Kamenice na přítoku do nádrže Josefův Důl kulminovala ve 12 hodin za stavu 160 cm a průtoku $27 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což odpovídá průtoku o době opakování 10 let.

Nasycenost povodí, vysoká intenzita srážek a větší sklon povodí (průměrný sklon povodí činí 13,6 %) způsobily, že srážková voda a erozní účinky vytvořily na svazích množství nových koryt a dočasných vodotečí. (Obr. 3.7).



Obr. 3.5 Průměrný hodinový průtok a hodinové úhrny srážek na povodí Kristiánov



Obr. 3.6 Kamenice u limnigrafu

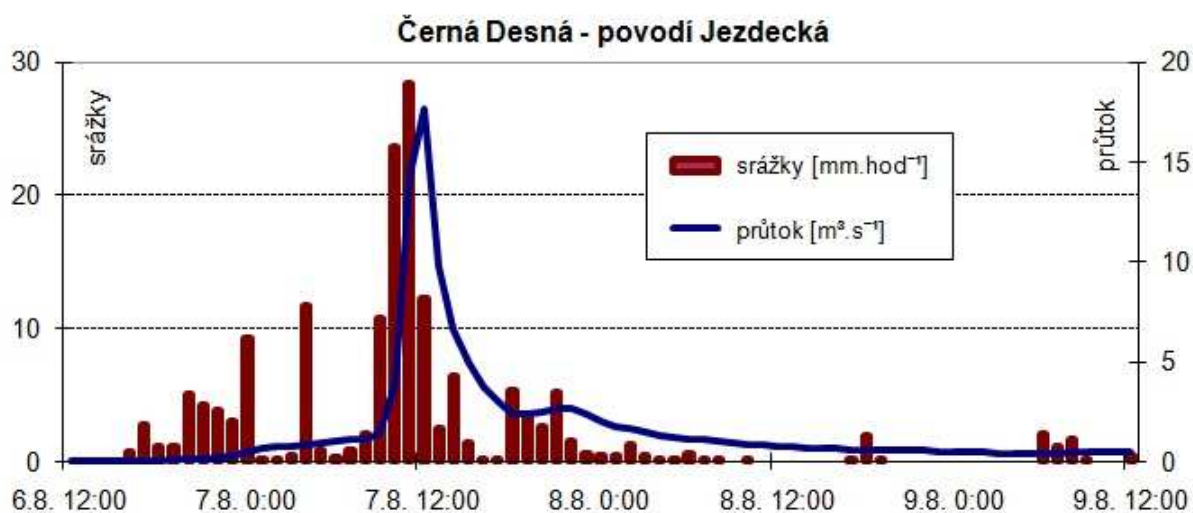


Obr. 3.7 Odtok ze svahu Černé hory

Tab. 3.1 Údaje ke kulminačním průtokům – západní část JH

Tok	Povodí	Plocha povodí [km ²]	Q _a [m ³ .s ⁻¹]	Čas Kulminace SELČ	vodní stav [cm]	kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	doba opakování [roky]
Černá Nisa	Uhlířská	1,79	0,063	7.8.2010 5:10	240	10,9	100
Blatný Potok	Blatný rybník	5,0	0,187	7.8.2010 12:00	135	11,5	2 – 5
Kamenice	Kristiánov	6,28	0,263	7.8.2010 12:00	159	27	10

Průběh povodňové vlny byl v povodí Jezdecká dominantním způsobem ovlivněn až intenzivními srážkami, které povodí zasáhly kolem 10. hodiny dopolední. Jejich jádro bylo na severním úpatí hor, přičemž směrem k jihu byla intenzita srážek slabší. Hladina se začala prudce zvedat téměř okamžitě po nástupu intenzivních srážek a během dvou hodin se průtok z 1,5 m³.s⁻¹ zvětšil na 20 m³.s⁻¹. Pak došlo vlivem slábnoucích srážek k chvilkovému poklesu a kulminace o velikosti 22 m³.s⁻¹ (doba opakování 10 let) nastala ve 12:20. Následoval opět velice rychlý pokles hladiny zpomalený intenzivnějšími srážkami ve večerních hodinách.



Obr. 3.8 Průměrný hodinový průtok a hodinové úhrny srážek na povodí Jezdecká



Obr. 3.9 Měření průtoku 7.8.



Obr. 3.10 Limnigraf Jezdecká 7.8. v 17hod
Tok se rychle vrátil do původního koryta

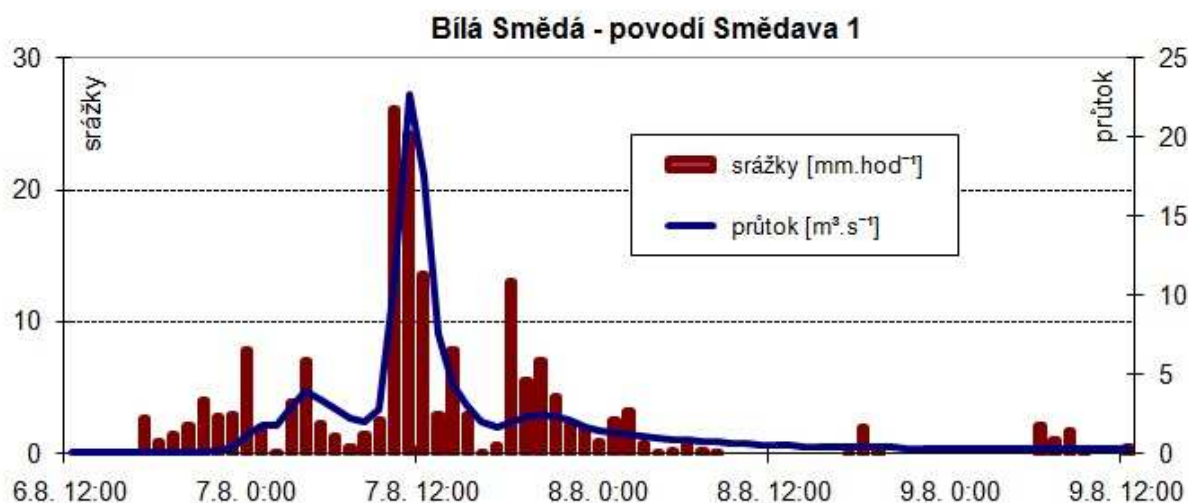
Největší škody v Jizerských horách napáchala povodeň v oblasti Smědavy a Smědavské hory, a to nejen na samotné úpravě toků, ale i na relativně velkých plochách území. Především masivní sesuvy půdy poškodily jak lesní porosty, tak i silnice. Jižní svahy Smědavské hory spadají do povodí Bílé Smědě. Sevřené údolí je z druhé strany ohraničeno svahy hory Jizery.

Před začátkem intenzivních srážek se průtok dne 6. 8. večer na Bílé Smědě v profilu Smědava 1 pohyboval kolem 70 l.s^{-1} a po začátku srážkové epizody pozvolna stoupal. Nástup srážek s vysokou intenzitou byl zaznamenán 7. 8. dopoledne od 9:30 na Knajpě a v druhé epizodě od 10:30 na Smědavě. K prudkému vzestupu vodního stavu došlo již po desáté

hodině. Do dvanácté hodiny vzrostl průtok ze 4 na $27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Od dvanácti hodin hladina rychle klesala a po 17. hodině již vodní stav poklesl na 70 cm a průtok pod $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

V toku i podél něj se objevily vyvrácené stromy a nánosy balvanů a zeminy. Pět metrů před limnigrafickou stanicí se nacházel kovový most přes řeku. Ten byl v průběhu povodně stržen, odnesen a po čtyřiceti metrech zůstal zaklíněný níže v toku.

Díky nové úpravě měřicího profilu po povodni 2006, kdy bylo vybudováno opevnění s náběhem, nebyly škody na úpravě toku velké. Balvany unášené v toku vyvrátily plech měrného přepadu a několik stavebních kamenů, kde byl přepad usazen, se uvolnilo. Tlakové čidlo nebylo poškozeno a měření zůstalo zachováno.



Obr. 3.11 Průměrný hodinový průtok a hodinové úhrny srážek na povodí Smědava 1



Obr. 3.12 Naplavené balvany u limnigrafu na Bílé Smědě



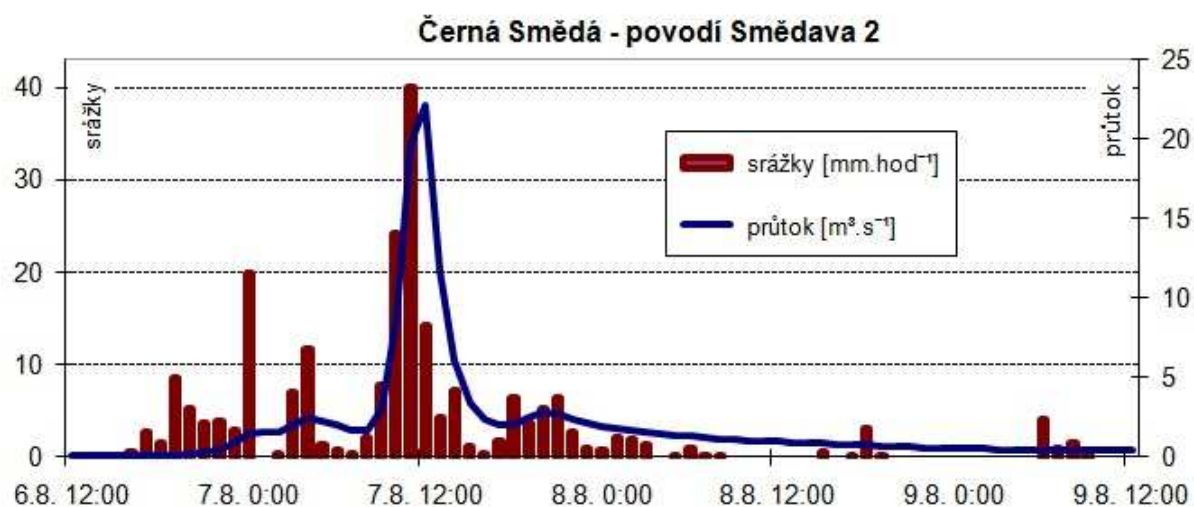
Obr. 3.13 Stržený a odplavený mostek

Velikost kulminačního průtoku byla stanovena externě. Na základě stop po povodni bylo provedeno geodetické zaměření hladiny kulminačního průtoku a za použití odhadu středních profilových rychlostí pro příslušné části profilu byla stanovena hodnota kulminačního průtoku na $27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

S touto hodnotou koresponduje i určení průtoku podle projektové dokumentace retenční přehrážky, která je vystavěna cca 75 m nad limnigrafickou stanicí. Byla navržena a postavena pro převedení 50leté vody se stanoveným průtokem $31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Přehrážka byla zcela naplněna a přetékala přes korunu hráze.

Při porovnání s naměřenými srážkami v povodí, s hodnotami získanými ze srážkoodtokového modelu (viz Příloha 2) i po srovnání s údaji z předchozích zaznamenaných významných povodní, se zdá hodnota kulminačního průtoku příliš vysoká. Je možné, že tok byl v blízkosti limnigrafické stanice přechodně zúžen strženým mostem a naplavenými balvany a tudíž stopy po povodňové vlně se nacházely výše, než by odpovídalo volnému korytu. Velké škody v povodí však vedou k domněnce, že se v povodí pravděpodobně vyskytly srážky s vyšší intenzitou, než ty, které byly zaznamenány srážkoměrem na Knajpě.

Podobně jako na Bílé Smědě se vyvíjela i situace na sousedícím povodí Černé Smědě. Před začátkem intenzivních srážek byl průtok dne 6. 8. večer v profilu Smědava 2 $65 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. První lokální intenzivní srážky 6. 8. mezi 23:00 a 23:30 způsobily vzestup průtoku na cca $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dále se hladina začala zvedat s nástupem intenzivních srážek 7. 8. kolem deváté hodiny dopoledne. Od 10:00 do 12:20, kdy nastala kulminace, vzrostl průtok z pěti na téměř $28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 3.14 Průměrný hodinový průtok a hodinové úhrny srážek na povodí Smědava 2

I zde byl kulminační průtok stanoven pomocí hydraulických výpočtů externě. Průtok vyhodnocený srážkoodtokovým modelem je opět výrazně menší (viz Příloha 2).

Upravený měrný profil byl povodní zcela zničen. Voda a nesené balvany zcela strhly zídku, ve které byl umístěn měrný přeliv, byla poškozena a odplavena dlažba. Tlakové čidlo bylo utrženo a měření bylo dočasně přerušeno.



Obr. 3.15 Zničený příčný práh u limnigrafu

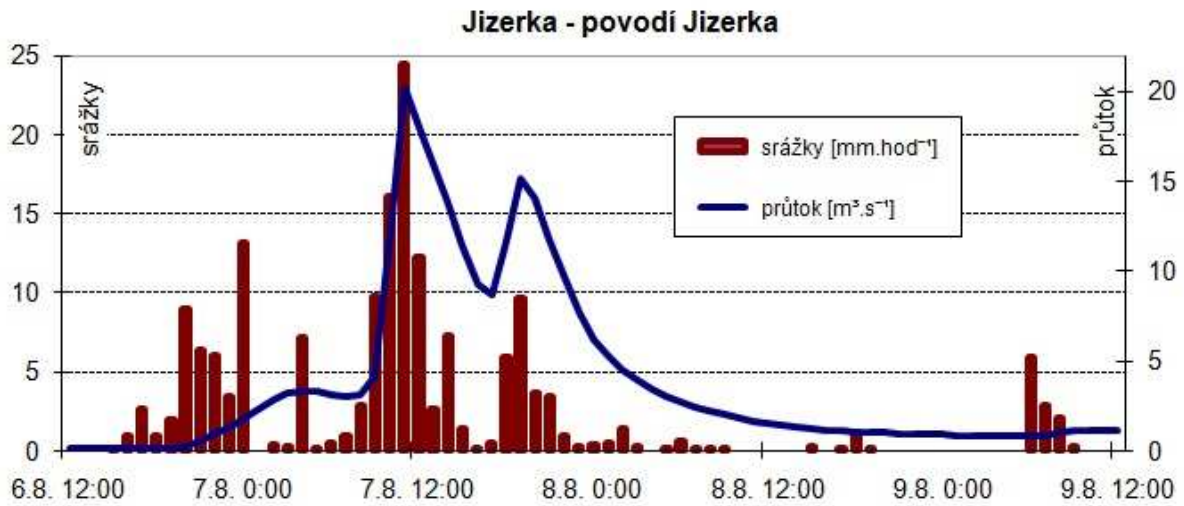


Obr. 3.16 Poškozená dlažba na Černé Smědě

Povodí Jizerky je největším a nejvýchodněji položeným experimentálním povodím s vysokým podílem rašelinišť.

Před začátkem první srážkové epizody byl průtok na Jizerce $135 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Před půlnocí 6. 8. zasáhly horní část povodí srážky, jejichž centrum se nacházelo nad Smědavou. I další intenzivní srážky byly vydatnější v severní části povodí (viz srážkoměr Jizerská). Jejich následkem nastal prudký vzestup hladiny, který začal po 10:30. Do 12:20, kdy Jizerka kulminovala, stoupl průtok ze 4 na $22 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

V povodí Jizerky se vyskytly intenzivnější srážky ještě večer po 18. hodině. Tentokrát byly výraznější v centrální části povodí. Průtoky opět začaly stoupat v 18:30 a maxima dosáhly ve 20:30.



Obr. 3.15 Průměrný hodinový průtok a hodinové úhrny srážek na povodí Jizerka



Obr. 3.16 Měření průtoku u limnigrafu na Jizerce



Obr. 3.17 Kulminace na Jizerce

Tab. 3.2 Údaje ke kulminačním průtokům – západní část JH.

Tok	Povodí	Plocha povodí [km ²]	Q _a [m ³ .s ⁻¹]	Čas kulminace SELČ	vodní stav [cm]	kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	dobu opakování [roky]
Černá Desná	Jezdecká	4,78	0,19	7.8.2010 12:20	180	22	10
Bílá Smědá	Smědava 1	3,7	0,146	7.8.2010 12:00	183	27	20 - 50
Černá Smědá	Smědava 2	4,63	0,183	7.8.2010 12:20	180	28	20
Jizerka	Jizerka	10,27	0,402	7.8.2010 12:20	133	22	10 - 20

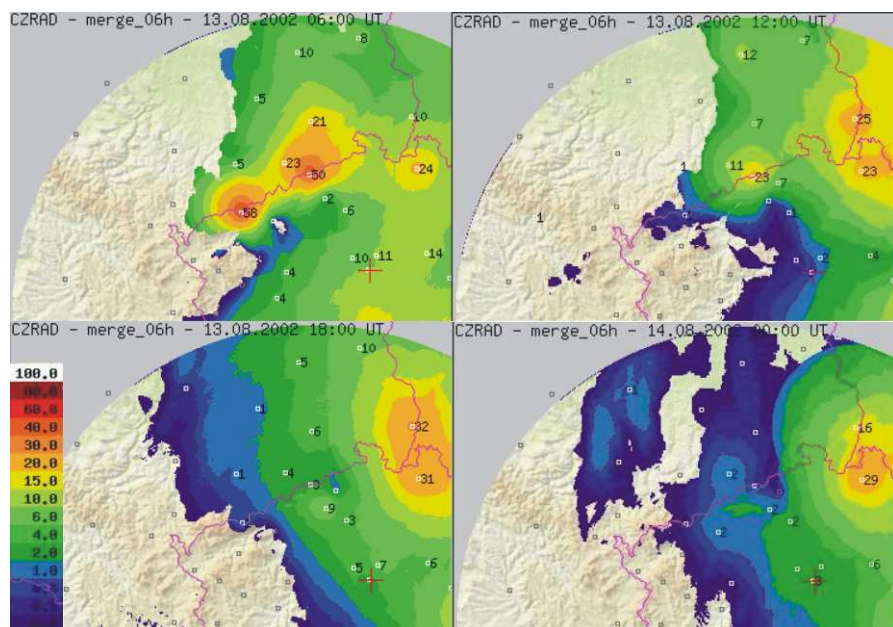
Všechny sledované toky dne 7. 8. vystoupily ze svých koryt. Jak vzestup, tak i pokles hladin byl rychlý a již ve večerních hodinách toky nevybřežovaly. Výjimkou byl tok Jizerky, kde hladinu ještě zvedly večerní srážky.

4. POROVNÁNÍ POVODNÍ ZE SRPNA 2002, 2006 A 2010

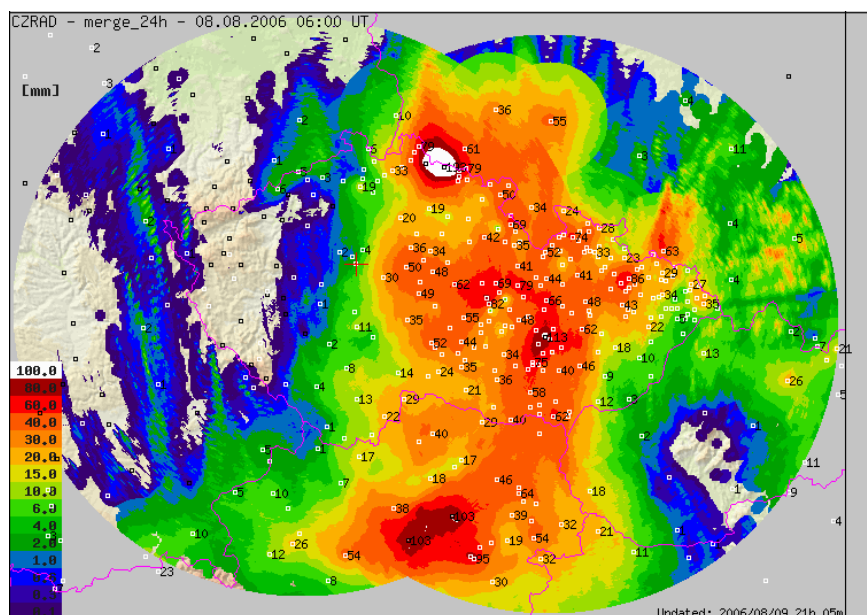
4.1. Charakter příčinných srážek

V posledních 10 letech se v oblasti Jizerských hor vyskytly (kromě srpnové povodně 2010) ještě dvě významné srážkové epizody, a sice v srpnu 2002 a v srpnu 2006. U obou epizod šlo o déletrvajících orograficky zesílené regionální srážky, výskyt konvekčních srážek v oblasti Jizerských hor nebyl prokázán. Zatímco nejvýznamnější srážky v srpnu 2006 byly lokálně omezeny na hřebeny Jizerských hor a především Krkonoš, srážky v první polovině srpna 2002 byly příčinou katastrofálních povodní, které zasáhly většinu území Čech.

V srpnu 2002 se na hřebenech Jizerských hor vyskytly velmi vydatné srážky 13. srpna, kdy např. na Knajpě napršelo 317 mm srážek za 24 hodin, v srpnu 2006 byly vyšší srážkové úhrny naměřeny 6. 8. v západních partiích Jizerských hor a 7. 8. ve východní části, kde srážky byly i celkově vydatnější. Od 5. do 7. 8. 2006 byl úhrn srážek v západní části Jizerských hor do 300 mm, ve východní části více než 300 mm.



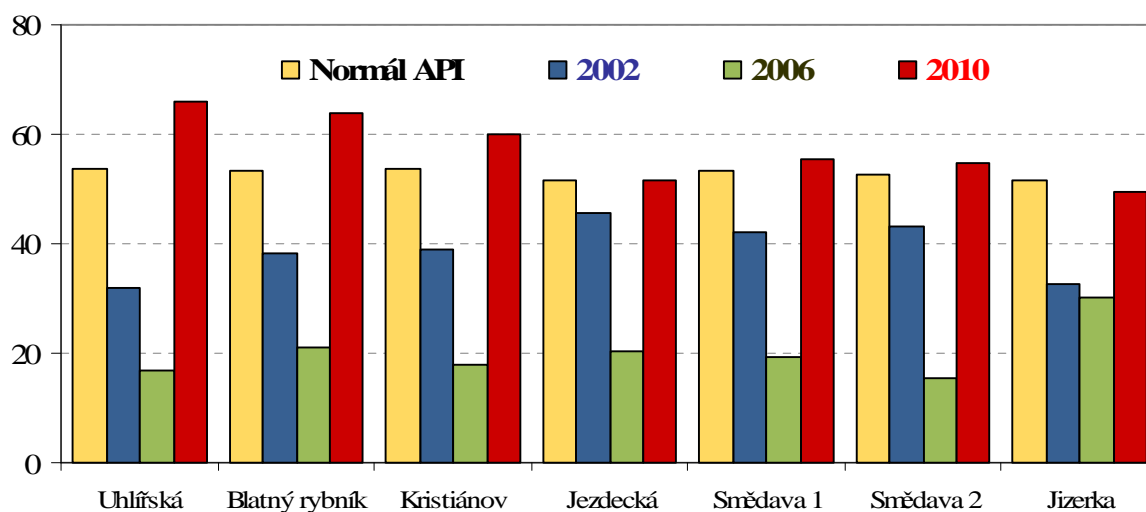
Obr. 4.1 Odhad šestihodinových srážkových úhrnů – kombinace radarového odhadu a měření pozemních srážkoměrů (13.8. 2002 00:00 – 14.8. 2002 00:00 SEČ)



Obr. 4.2 Odhad denních srážkových úhrnů – kombinace radarového odhadu a měření pozemních srážkoměrů (7.8. 2006 8:00 – 8.8. 2006 8:00 SELČ)

4.2 Porovnání nasycenosti území

Nasycenost území před uvedenými povodňovými situacemi byly porovnány pomocí indexu předchozího nasycení API_{30} a jeho poměru k normálu (Obr. 4.1, Tab. 4.1). V letech 2002 a 2006 bylo nasycení území podnormální, červenec 2006 lze považovat za extrémně suchý. V roce 2010 převládalo silné nasycení povodí.



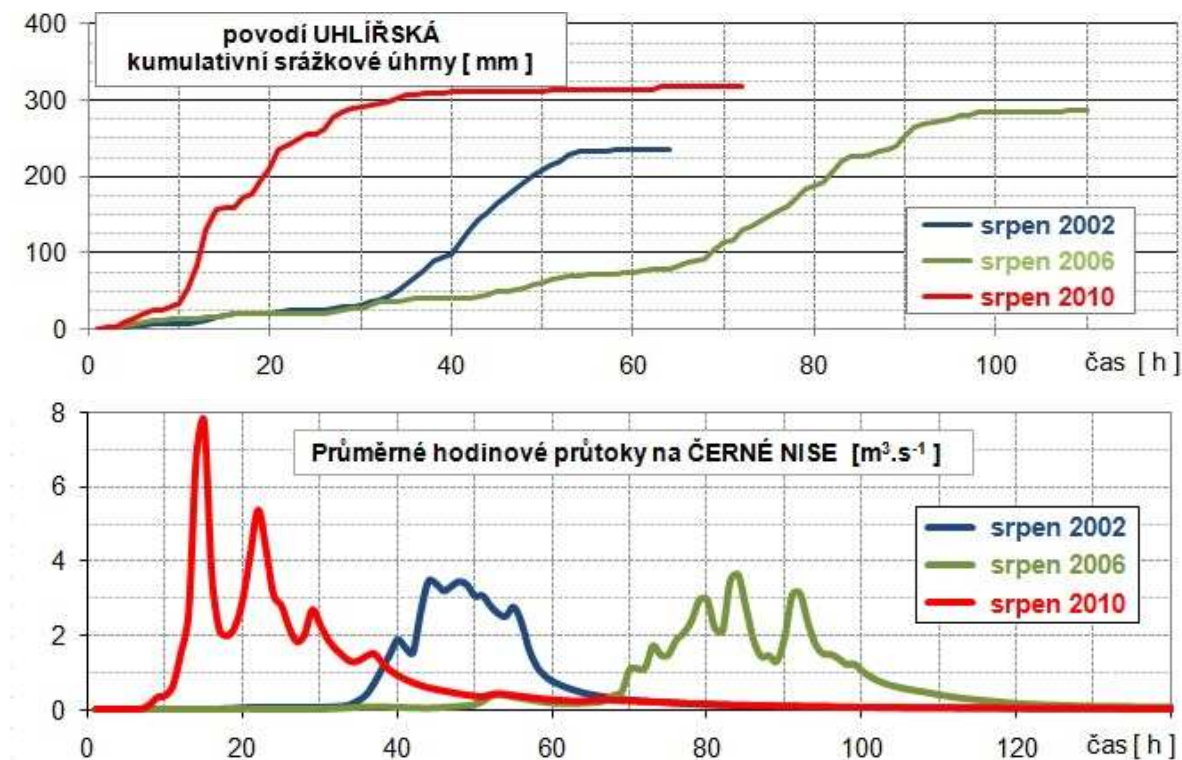
Obr. 4.1 Hodnoty API_{30} před povodněmi v letech 2002, 2006 a 2010

Tab. 4.1 Nasycenost povodí před příčinnou srážkou

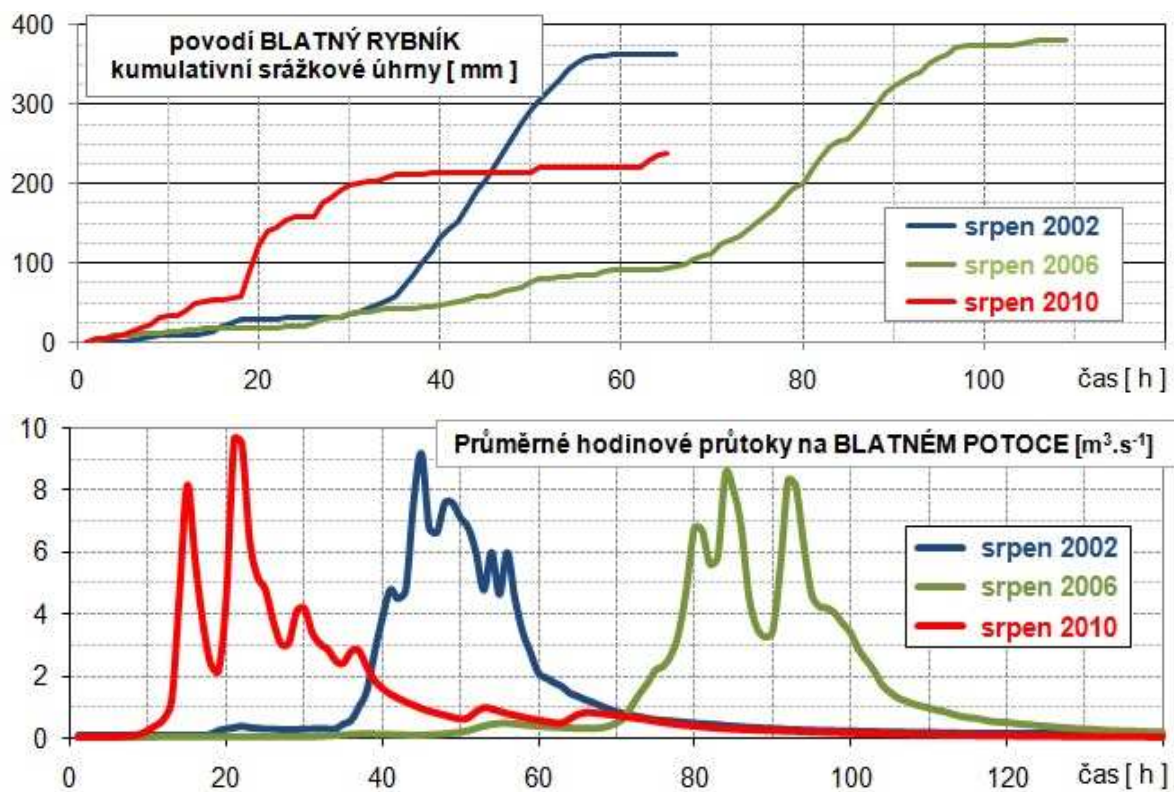
povodí	Normál API	API30d k 11.8.2002 [mm]	API30d k 3.8.2006 [mm]	API30d k 6. 8. 2010 [mm]	Poměr API30d 2002 k normálu 1961-2000	Poměr API30d 2006 k normálu 1961-2000	Poměr API30d 2010 k normálu 1961-2000
Uhlířská	54	32,1	17,0	66,1	0,60	0,32	1,23
Blatný rybník	53	38,3	21,1	63,7	0,72	0,40	1,20
Kristiánov	54	39,0	18,1	60,2	0,73	0,34	1,12
Jezdecká	51	45,8	20,2	51,5	0,89	0,39	1,00
Smědava 1	53	41,9	19,5	55,6	0,79	0,37	1,04
Smědava 2	53	43,2	15,4	54,9	0,82	0,29	1,05
Jizerka	52	32,8	30,0	49,6	0,64	0,58	0,96

4.3 Porovnání srážek a průtoků

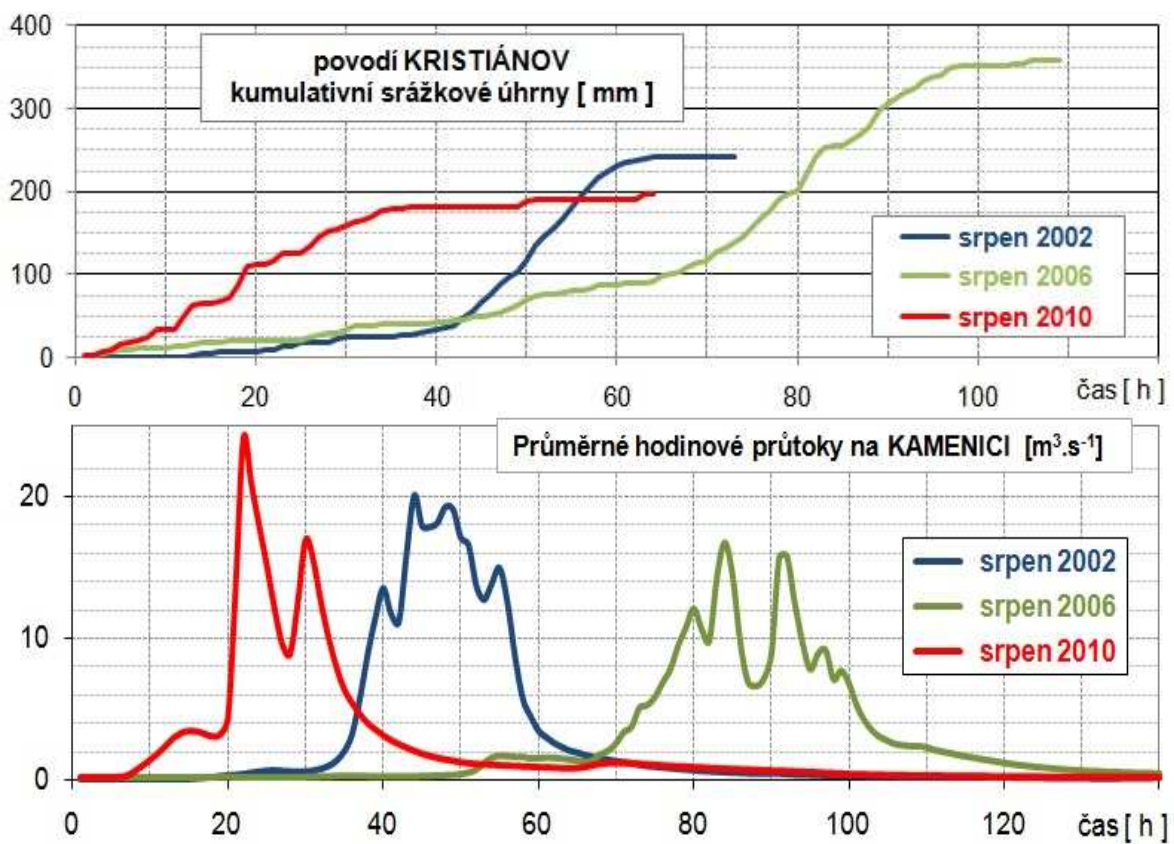
Povodně v letech 2002, 2006 a 2010 proběhly shodně v první polovině srpna. Rozdíly byly v délce trvání povodňových situací i v rychlosti jejich nástupu. Vývoj srážkových poměrů v jednotlivých epizodách zobrazují grafy kumulativních úhrnů. Nástup a průběh povodňových vln je ukázán v grafech průtoků. Jako výchozí bod u obou grafů byl zvolen počátek příčinných srážek.



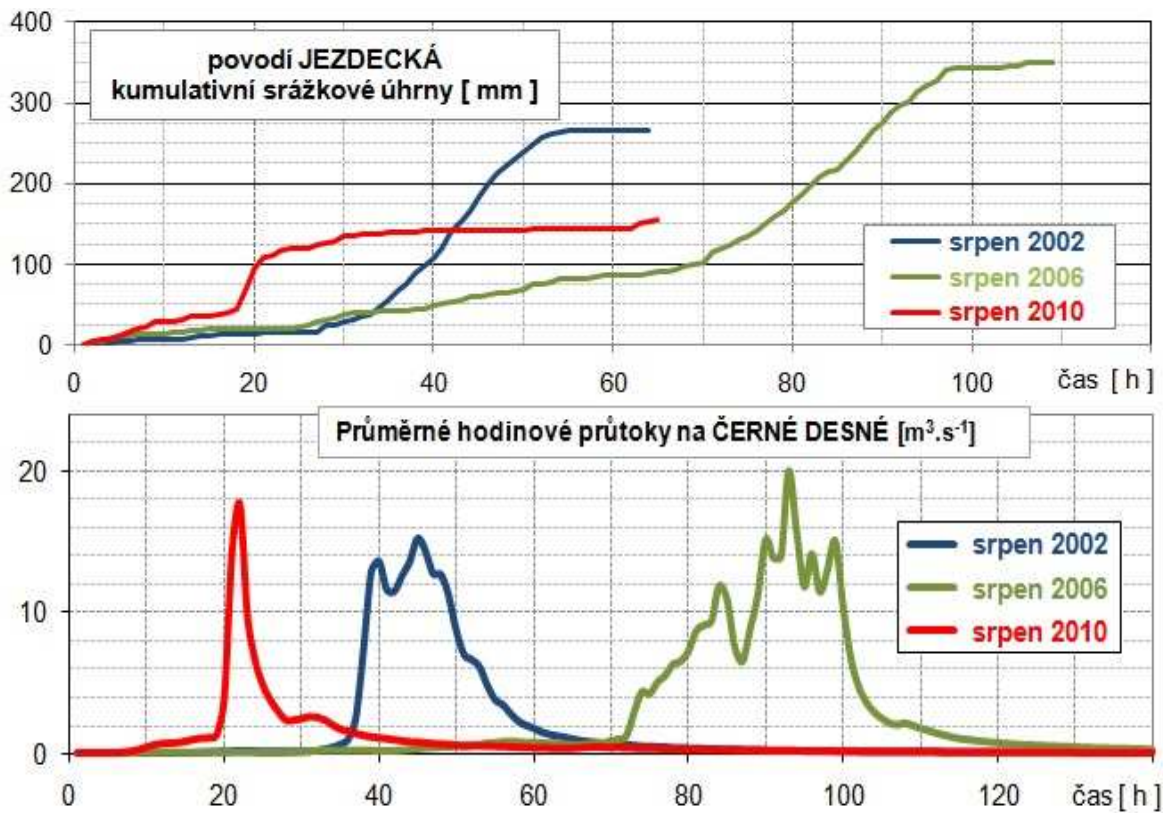
Obr. 4.2 Průběh srážek a průtoků v povodí Uhlířská



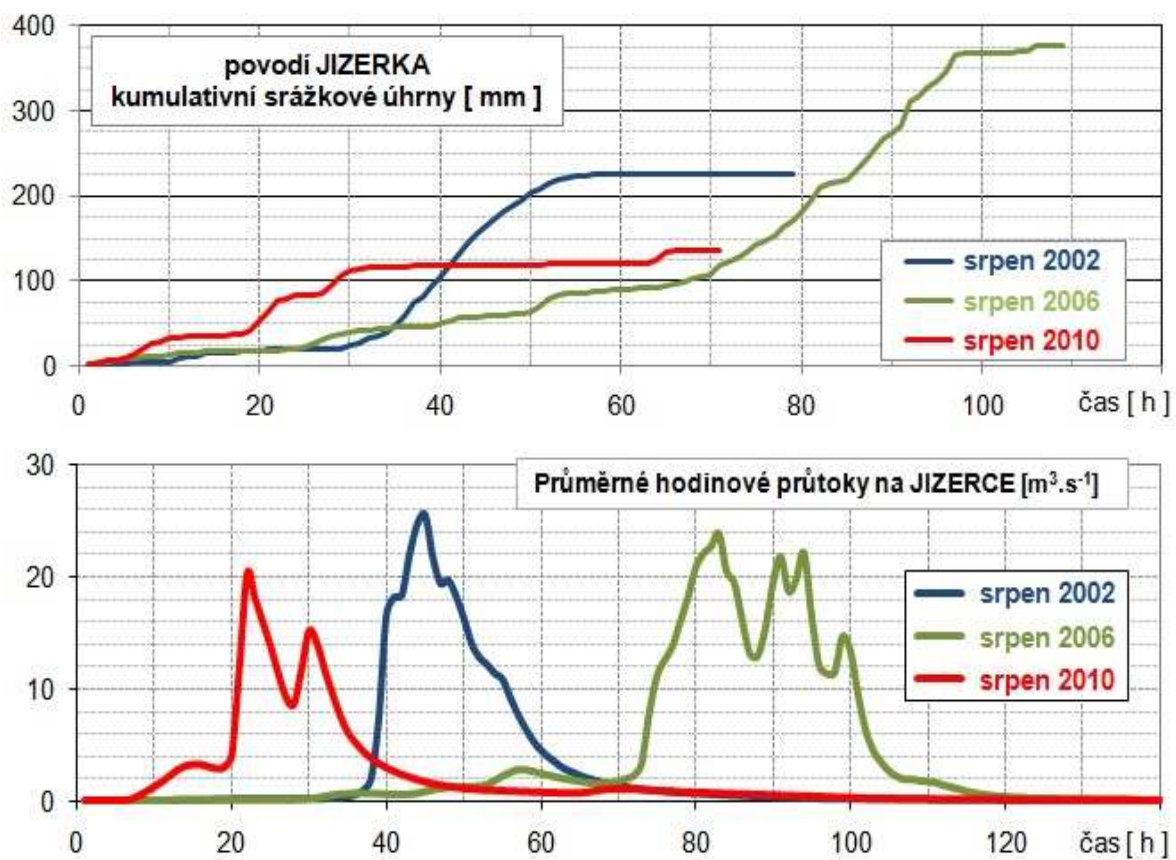
Obr. 4.3 Průběh srážek a průtoků v povodí Blatný rybník



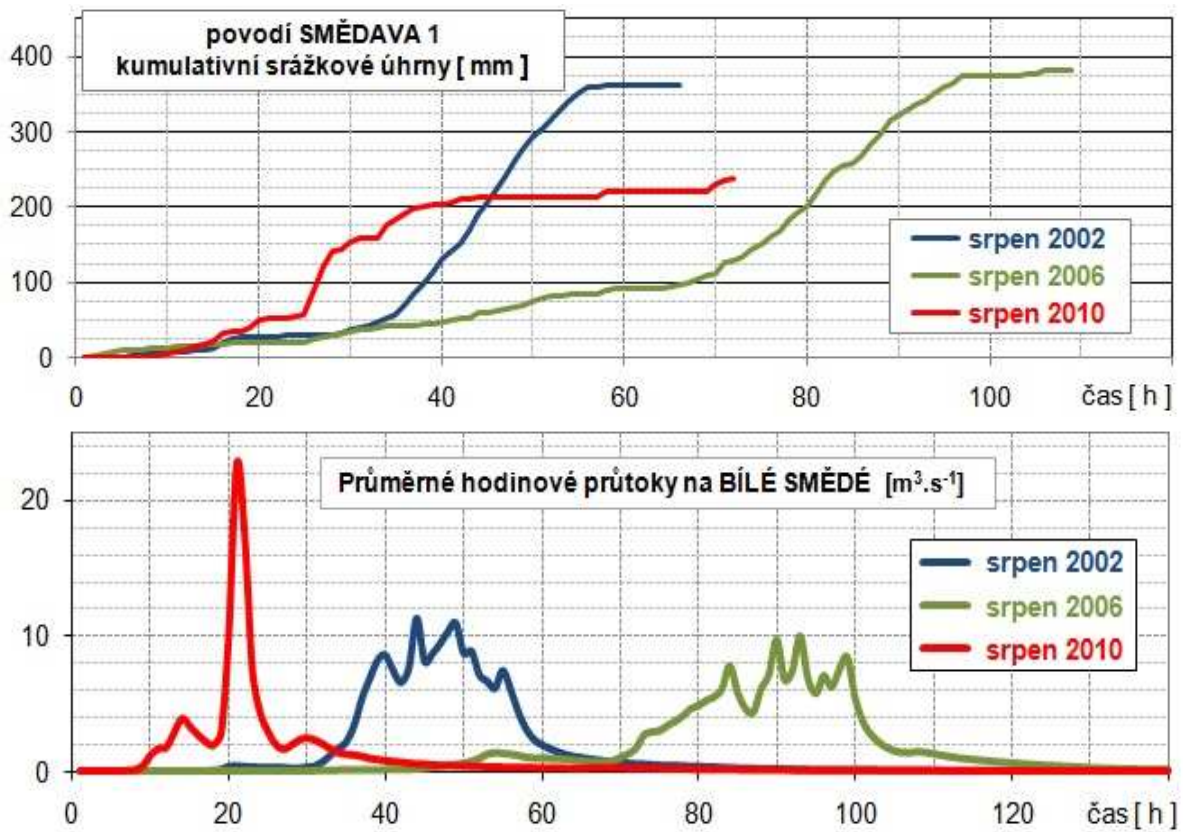
Obr. 4.4 Průběh srážek a průtoků v povodí Kristiánov



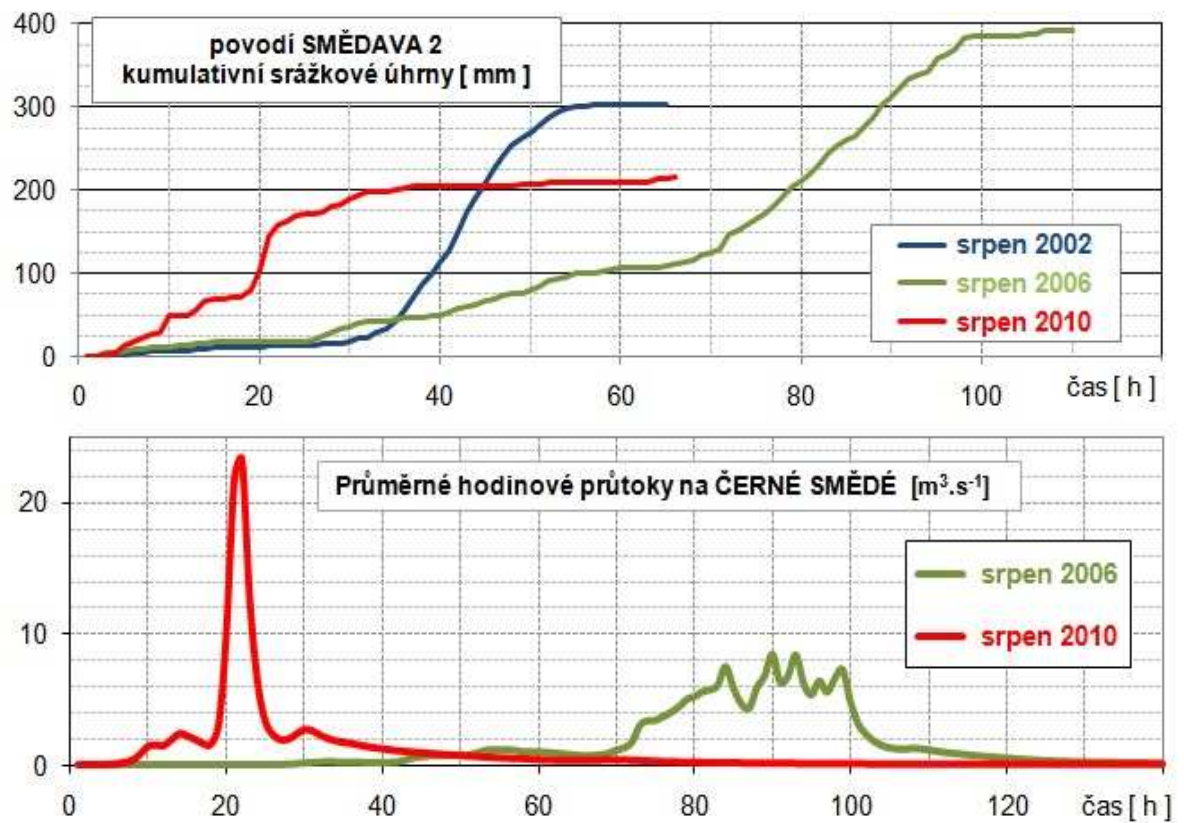
Obr. 4.5 Průběh srážek a průtoků v povodí Jezdecká



Obr. 4.6 Průběh srážek a průtoků v povodí Jizerka



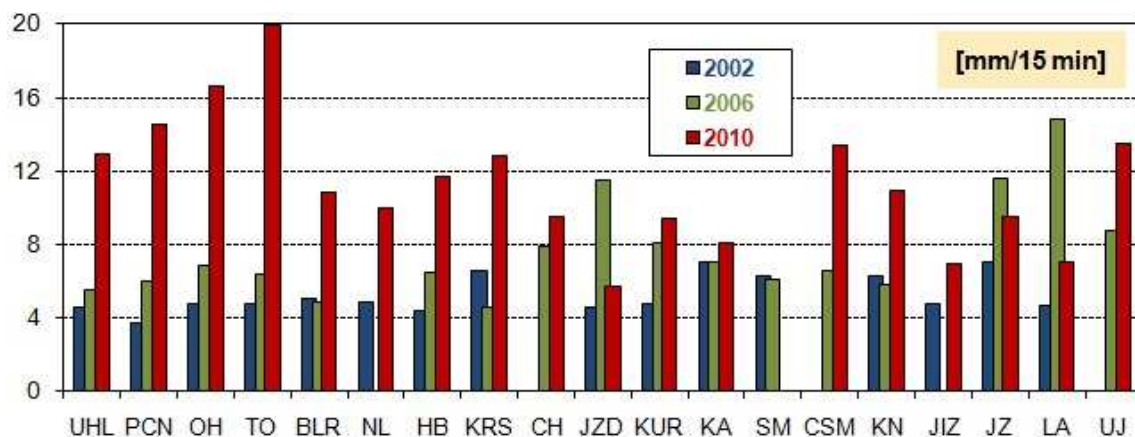
Obr. 4.7 Průběh srážek a průtoků v povodí Smědava 1



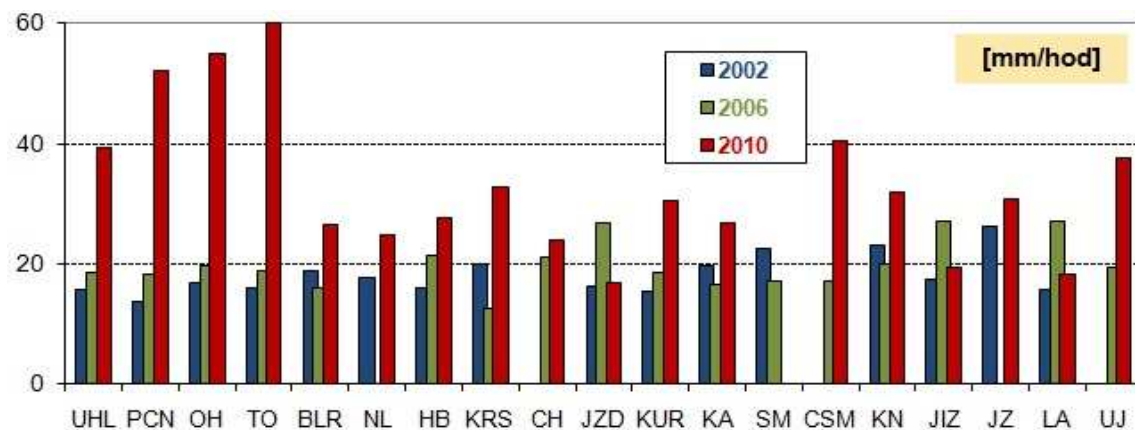
Obr. 4.8 Průběh srážek a průtoků v povodí Smědava 2

4.4 Porovnání srážkových intenzit

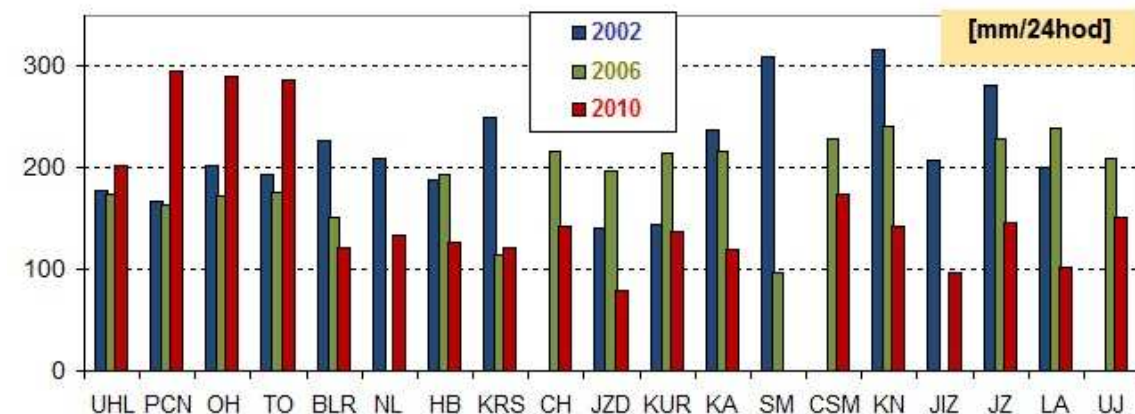
Jak plyne z Obr. 4.2 – Obr. 4.8, velikost kulminace i rychlost jejího dosažení je u malých povodí, více než srážkovým úhrnem, určena intenzitou spadlých srážek. Maximální srážkové intenzity naměřené v jednotlivých lokalitách a příslušných letech jsou znázorněny v následujících grafech na Obr. 4.9 – Obr. 4.11.



Obr. 4.9 Maximální 15minutové intenzity srážek



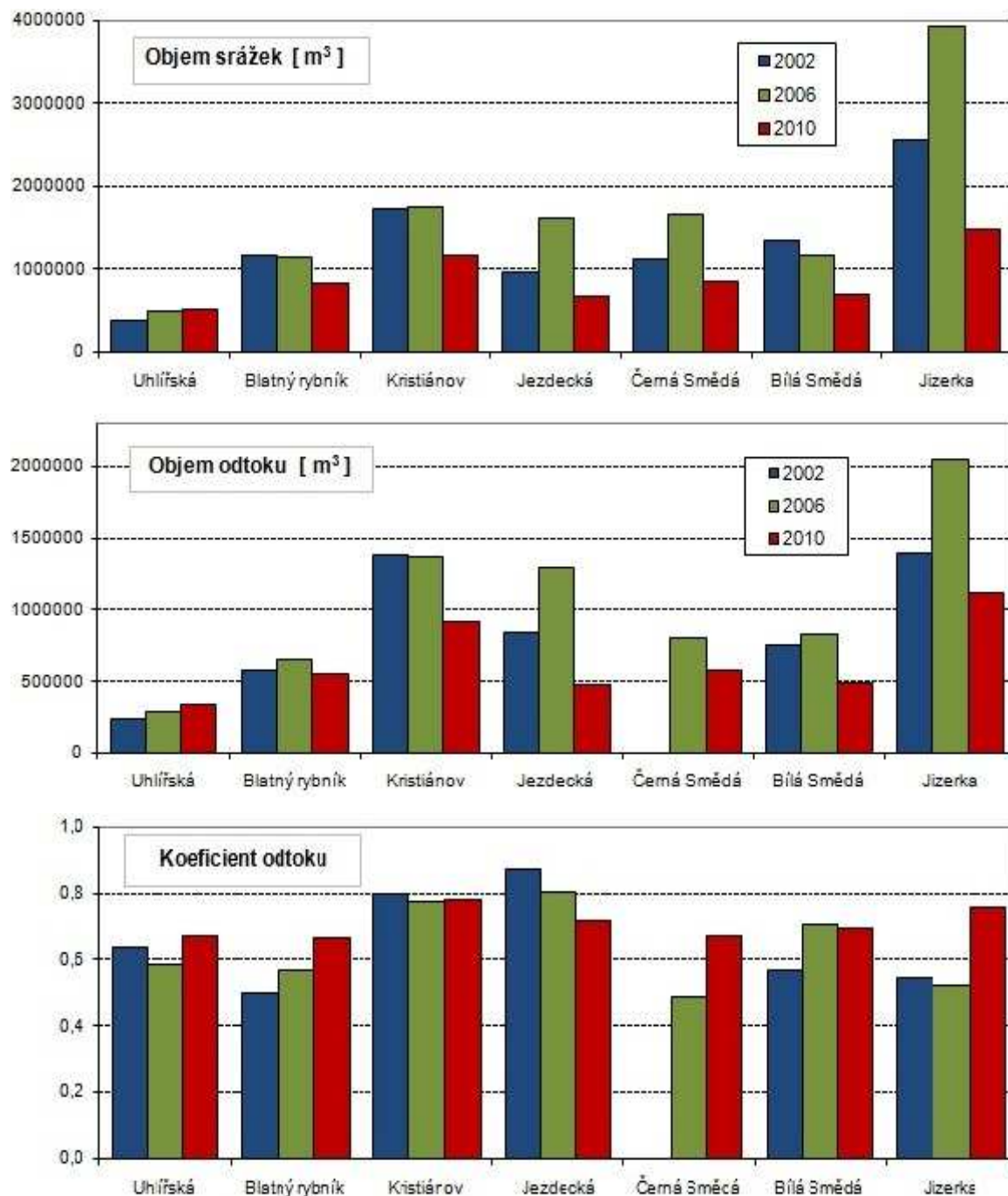
Obr. 4.10 Maximální hodinové intenzity srážek



Obr. 4.11 Maximální 24-hodinové úhrny srážek

4.5 Bilanční porovnání

Kromě povodí Uhlířská byly celkové objemy srážek a odtoků v roce 2010 nižší než v letech 2002 a 2006. Koeficienty odtoku se pro situaci v srpnu 2010 pohybují v rozmezí 0,67 – 0,78. Takto vysoké hodnoty odtoku jsou důsledkem snížené retenční kapacity území a vysoké intenzity srážek.



4.12 Celkové objemy srážek a odtoku pro jednotlivé povodňové vlny.

4.6 Zhodnocení

Srpnové povodně v letech 2002 a 2006 byly způsobeny silnými vytrvalými dešti. Celkové objemy srážek výrazně převyšovaly množství srážek, které spadly v Jizerských horách v roce 2010. Přesto, kromě povodí Jizerky, bylo dosaženo největších průtoků právě v roce 2010. (Tab. 4.2)

Tab. 4.2 Kulminační průtoky za povodňových situací

rok	kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]						
	Černá Nisa	Blatný potok	Kamenice	Černá Desná	Bílá Smědá	Černá Smědá	Jizerka
2010	10,9	11,5	27	22	27	28	22,1
2006	3,8	9,4	18,3	21,5	11,6	9,4	28,1
2002	3,6	10,5	22,9	16,5	9,9	x	27,8
1997	2,2	7,1	15,1	14	9,1	6,4	x

Výjimečná situace byla v srpnu 2010 v povodí Uhlířská. Zde byly srážky tak intenzivní, že ve všech parametrech byly překonány dříve měřené hodnoty. Monitoring zde probíhá od roku 1982. Situace se možná blížila k 29. 7. 1897, kdy na nedaleké Nové Louce byl naměřen historický denní úhrn 345 mm. Kulminační průtok na Černé Nise několikanásobně převýšil průtoky z dřívějších povodní a také celkový objem odtoku byl vyšší.

Povodňové vlny z roku 2010 se vyznačovaly jak strmým vzestupem, tak okamžitým prudkým poklesem, což je typické pro povodně s dominantním vlivem velmi intenzivních až přívalových srážek. Toky velmi rychle reagovaly na intenzitu srážek v povodí. U povodní 2002 a 2006 došlo k delšímu setrvání vysokých stavů.

5. NÁSLEDKY POVODNĚ

5.1 Škody na měřících stanicích

Na experimentálních povodích byly významně poškozeny tři ze sedmi vodoměrných stanic. Byly zničeny úpravy na tocích sloužící k přesnému měření vodních stavů. Objekty na břehu s přístrojovým vybavením zůstaly zachovány.

V západní části Jizerských hor byla poškozena stanice Blatný rybník na Blatném potoce, kde došlo k poškození vzdouvacího objektu s měrným přelivem a k odplavení měrného přelivu. Tlakové čidlo na měření stavů bylo utrženo a zničeno. Stanice se stala nefunkční. Díky potřebě monitorovat přítok do nádrže Josefův Důl provedli pracovníci Povodí Labe s. p. provizorní zahrazení toku a zprovoznili měření.



Obr. 5.1 Stržený vzdouvací objekt na Blatném potoce



Obr. 5.2 Úprava toku před poškozením povodní

V severní části Jizerských hor byly poškozeny limnigrafické stanice Smědava 1 na Bílé Smědě a Smědava 2 na Černé Smědě.

Na stanici Smědava 1 byla po povodni 2006 provedena oprava měrného objektu. Na stupni bylo vybudováno opevnění s náběhem, které při srpnové povodni 2010 zabránilo úplnému rozvalení stupně. Část opevnění na vzdušné straně byla ovšem narušena a došlo k vytržení měrného přelivu a částečnému poškození opevnění. O síle povodně svědčí odplavení 500 kilogramů vážící lávky z ocelových traverz, která sloužila při měření průtoku, a byla nalezena 40 metrů dále po proudu. Měření na stanici bylo obnoveno v říjnu 2010.



Obr. 5.3 Vytržený měrný přepad na Bílé Smědě



Obr. 5.4 Utržená a odnesená lávka na Bílé Smědě

Nad limnigrafickou stanicí Bílá Smědá je za účelem chránit silnici ze Smědavy do Bílého potoka postavena průcezná retenční přehrážka (**Obr. 5.5 a 5.6**). Přehrážka je navržena pro převedení 50leté vody. Byla zmiňována v kapitole 3.2 (str. 17) v souvislosti se stanovením kulminačního průtoku. Je vidět, že přehrážka byla naplněna a břeh před i za ní je podemletý.



Obr. 5.5 Retenční přehrážka po povodňové vlně na Bílé Smědě



Obr. 5.6 Vymletý břeh nad přehrážkou

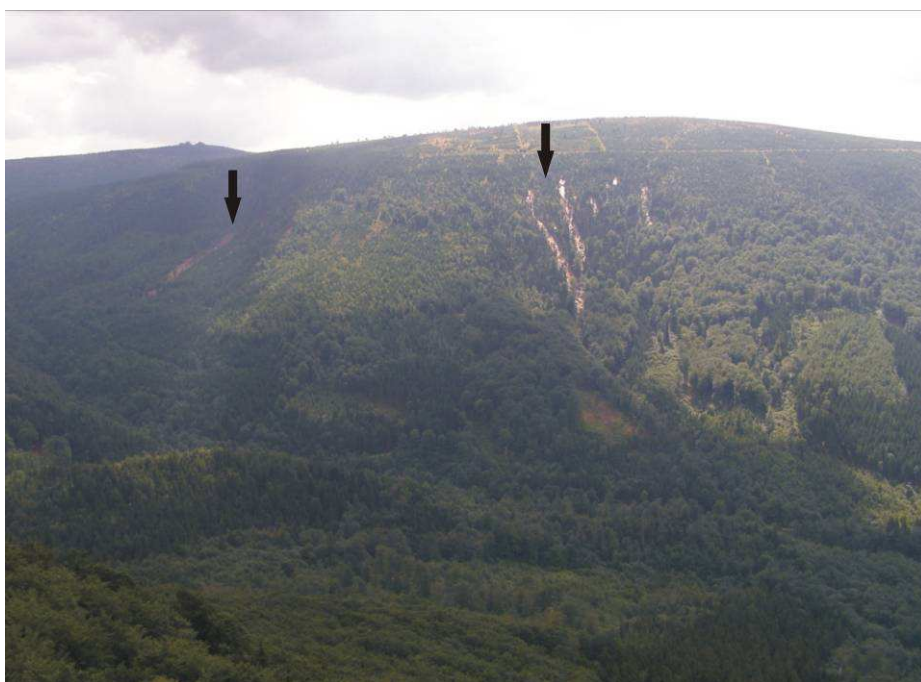
Stanice Smědava 2 na Černé Smědě byla poškozena nejzávažněji. Došlo k rozvalení vzdouvacího objektu a k odplavení měrného přelivu. Ze dna byla vytržena chránička s tlakovým čidlem. Částečně byla poškozena dlažba na stupni a stupeň samotný v levé části (**Obr. 5.7**).



Obr. 5.7 Kompletně zničený měrný objekt na stanici Smědava 2

5.2 Sesuvy

V povodí Smědé byly zaznamenány rozsáhlé sesuvy vyvolané intenzivními srážkami. Jednalo se o proudové sesuvy (mury), kdy došlo k prudkému pohybu hlinitokamenitého materiálu nasyceného vodou po skalním podkladu, který byl obnažen, ale nebyl sesuvem narušen.



Obr. 5.8 Oblast sesuvů na svazích Smědavské hory (1084 m n. m.) – foto P. Horký.

Byly zmapovány dvě oblasti sesuvů. Na severním úbočí Smědavské hory (1084 m n. m.) se uvolnily dva proudové sesuvy, jejichž odtrhová zóna byla v nadmořské výšce přibližně 870 m. V nadmořské výšce 770 m (nad Čínskou cestou) se spojily v jeden a pokračovaly ve směru vodoteče do údolí Smědé k Sedmitrámovému mostu (600 m n. m.). Délka sesuvu byla přibližně 900 m. Sesuvy byly velmi mělké (v odtrhové zóně pouze 0,5 m) a došlo k úplnému obnažení skalního podkladu. (**Obr. 5.9**)



Obr. 5.9 Dráha sesuvu na severním úbočí Smědavské hory. Šířka sesuvu v horní části je přibližně 20 m, délka celého sesuvu je 850 – 900 metrů.

Druhou oblastí s výskytem sesuvů bylo severovýchodní úbočí Smědavské hory nad silnicí č. 290 spojující obec Bílý Potok a Smědavu. V této oblasti již byly v minulosti svahové pohyby zaznamenány.

Odtrhová zóna sesuvu ležela přibližně v nadmořské výšce 830 m. Plošně byly tyto sesuvy rozsáhlejší než na severním úbočí, ovšem svojí délkou 450 – 500 m poloviční. Sesuv byl poměrně mělký a byla zasažena pouze svrchní část zvětralinového pláště, půdní profil a povrchové svahové sedimenty. Dráha sesuvu se nad silnicí rozdělila na dva samostatné proudy, z nichž levý přetnul celkem třikrát silnici č. 290.



Obr. 5.10 Levý proud sesuvu nad silnicí Bílý Potok – Smědava.

6. SHRNU TÍ

Povodeň v srpnu 2010 byla v Jizerských horách nejvýraznější povodní posledních let. Byla vyvolána velmi intenzivními dešti z velké části konvekčního charakteru, jejichž jádro se nacházelo na severozápadním a severním úpatí hor a pouze okrajem zasáhlo vrcholové partie. Je to poměrně atypický jev, neboť k povodňovým epizodám v oblasti Jizerských hor obvykle dochází za situací orograficky zesílených stratiformních srážek, kde ve vyšších polohách jsou zpravidla jak srážkové úhrny, tak srážkové intenzity vyšší.

Na sledovaných povodích byly 7. srpna 2010 zaznamenány dvě výrazné srážkové epizody. První nastala mezi druhou a pátou hodinou ranní a projevila se extrémní odtokovou odezvou v povodí Uhlířská. Úhrny srážek byly největší za dobu pozorování (od roku 1982). Hodnota 100letých srážek jednodenního trvání, stanovená pro toto povodí, byla o 50 mm překročena. Druhá vlna srážek, mezi devátou a jedenáctou hodinou dopoledne, zasáhla rozsáhlejší část území. Nejintenzivněji se projevila v severní části Jizerských hor, v oblasti Smědavy a Smědavské hory, kde mimo jiné způsobila i mohutné sesuvy půdy.

Srážky, které spadly mimo uvedené epizody, se na průběhu povodňových vln podílely jen nevýznamně, i když jejich podíl na celkovém úhrnu byl mezi 50–60 %. Původcem extrémních průtoků byly vysoké intenzity srážek. Voda odtékala po povrchu (plošný odtok) a

ve svažitém terénu vytvářela velké množství nových dočasných toků. Přispěl k tomu i značný stupeň nasycení území po předchozích srážkách.

Odtoková odezva na spadlé srážky byla téměř okamžitá, během dvou hodin vzrostly průtoky několikanásobně. Časová prodleva mezi maximální srážkovou intenzitou a kulminací průtoků se pohybovala kolem dvou hodin. Strmý vzestup hladin byl následován velice rychlým poklesem, zejména u toků, které byly ovlivněny pouze jednou epizodou intenzivních srážek. Povodňové průtoky trvaly jen několik hodin. Na Bílé Smědě (profil Smědava 1) trvaly průtoky přesahující úroveň 1leté vody 3,5 hodiny, na Černé Smědě (Smědava 2) 4 hodiny na Černé Desné (Jezdecká) dokonce pouze 2,5 hodiny.

U všech sledovaných toků došlo k vyběžení a kulminační průtok (kromě Jizerky) byl největší za sledovaných 30 let. V lokálním měřítku experimentálních povodí lze tuto povodeň označit za přívalovou. Bylo splněno kritérium, které za náhlou povodeň považuje takovou, kde kritická hodnota hladiny je překročena do šesti hodin od příčinné srážky. Přívalové povodně jsou charakteristickým druhem povodní pro malá povodí, přičemž v horských oblastech přispívá k rychlému odtoku i velký sklon svahů a většinou jen slabá vrstva půdy na skalním podloží navíc snižuje retenční potenciál území. Faktorem, který doposud nebyl podchycen a zmapován je možný specifický vliv rašeliništních ploch na rychlost a velikost odtoku z povodí.

Pro kvalitní měření malých průtoků na malých tocích byly v závěrových profilech experimentálních povodí vybudovány vzdouvací objekty. Byly koncipovány jako kamenné zděné prahy a osazeny měrným přelivem. Tyto úpravy byly při extrémních průtocích velice často zničeny, protože voda sebou unášela kmeny stromů a množství velkých balvanů, které práh strhly. Při posledních úpravách měřících profilů na Jizerce a na Bílé Smědě byly vystavěny vzdouvací objekty s pozvolným plynulým náběhem, aby bylo tomuto jevu zabráněno. Ukázalo se, že toto řešení je pro horské toky vhodné, a že škody způsobené unášeným materiálem jsou podstatně nižší nebo zcela eliminovány.

Velkým problémem však zůstává měření průtoků za vysokých vodních stavů. Značná rychlost vody, unášený materiál, nepřístupnost měrných objektů a krátké trvání povodňových průtoků v případě přívalových povodní za těchto situací a turbulentní proudění neumožňují i z bezpečnostních hledisek provedení měření a ověření extrapolace měrných křivek. Vyhodnocení průtoků za povodní je tak velmi obtížné a je proto zatížené značnou nejistotou.