

## EXTRÉMNI POVODNĚ V SEVERNÍCH ČECHÁCH V LETECH 2009-2010

Jan Šrejber<sup>1</sup>, Vladimír Fárek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí n. L., Kočkovská 18, 400 11, Ústí n. L.,  
KFGG, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, Česká republika  
[srejber@chmi.cz](mailto:srejber@chmi.cz), [farek@chmi.cz](mailto:farek@chmi.cz)

### Abstrakt:

Povodně jsou extrémní hydrometeorologický jev, který je v České republice nejčastější příčinou přírodních katastrof. Na rozdíl od minulého století vzrůstá v posledním desetiletí jejich četnost i extremita.

Objem povodňové vlny i velikost kulminačního průtoku u letních povodní jsou ovlivňovány v první řadě velikostí, intenzitou, dobou trvání a místním rozložením zejména přívalových srážek. Extrémní intenzivní srážky mohou na našem území vypadnout kdekoliv. Jejich měření je však doprovázeno zjevnými problémy. Pozemní stanice nejsou schopny postihnout lokální maxima přívalových srážek, neboť hustota jejich sítě není dostatečná. Radarové odhady srážek vypočtené na základě naměřené odrazivosti vodních částic v atmosféře jsou výborným nástrojem pro kvantifikaci a lokalizaci srážek. Ale i ty jsou zatíženy chybou vyplývající z technologie radarových měření.

Zatímco v létě roku 2009 se vyskytly přívalové srážky téměř na celém území České republiky a způsobily extrémní odtokové situace např. na Jesenicku, Novojičínsku v severních i jižních Čechách, povodně v roce 2010 měly spíše lokální charakter a zasáhly zejména severní Čechy. Specifickou oblastí bylo děčínsko, kde se během uplynulých dvou let vyskytly extrémní povodně s dobou opakování cca 100 let celkem třikrát.

Na příkladech povodní v povodí Kamenice, Ploučnice, Smědé a dalších toků bude demonstrován vznik a průběh nedávných extrémních povodní, které se vyskytly na území severních Čech. Vyhodnocení příčinných srážek jednotlivých epizod, odtokové situace a následků bude dokumentováno GIS analýzou srážkového pole, povodňovými hydrogramy a fotodokumentací.

**Klíčová slova:** povodně, přívalové srážky, radarové odhady

### Abstract:

The flood is an extreme hydrometeorological event and the most common natural disaster occurring in Czech Republic. Contrary of the last year the frequency and extremity of the floods have increased during last decades.

The flood wave volume and discharge peak as well are affected by precipitation total, rainfall duration, rainfall intensity and location of the storm precipitation especially. Extreme storm precipitation can occur anywhere in our country. The evaluation of a storm precipitation maximum however faces the problem of ground rain gauge network density. The precipitation totals estimated by meteorological radars appear as useful tools for quantification and localization of the storm rainfall. However, there are several uncertainties results from the principle of the radar measurement.

During the summer in the year 2009 the storm precipitation affected almost the whole of the Czech Republic and caused an extreme runoff events in many regions (e.g. Jeseníky Mts., Nový Jičín district, Northern and Southern Bohemia). The extreme floods in 2010 had more local pattern and they affected Northern Bohemia especially. The special example appeared in Děčín district. There was found three 100-year's floods during the two last years.

The origin and progression of the recent extreme floods will be shown on Kamenice, Ploučnice and Smědá catchments. Evaluation of particular effective rainfalls, runoff situation and consequences will be documented using GIS analysis, flood hydrograms and photodocumentation.

**Keywords:** floods, storm precipitation, radar estimation

## 1 ÚVOD

Povodně jsou extrémní hydrometeorologický jev, který je v České republice nejčastější příčinou přírodních katastrof. Na rozdíl od minulého století vzrůstá v posledním desetiletí jejich četnost i extremita. Přírozené povodně můžeme dle geneze a sezonality rozdělit na čtyři hlavní typy: jarní povodně z tání sněhu, letní povodně z regionálních dešťů trvajících několik dní, přívalové povodně z intenzivních srážek a zimní povodně způsobené ledovými jevy. V příspěvku bude věnována pozornost specifickým letním povodním na území severních Čech v posledních dvou letech.

V létě roku 2009 se vyskytly přívalové srážky téměř na celém území České republiky a způsobily extrémní odtokové situace v mnoha regionech zejména na Jesenicku, Novojičínsku a v severních i jižních Čechách. Letní povodně v roce 2010 měly spíše lokální charakter a zasáhly zejména území severních Čech. Jejich extremitu charakterizují nejen naměřené úhrny a intenzity srážek, ale i vysoké specifické i kulminační průtoky a v neposlední řadě i škody, které jimi byly způsobeny.

## 2 POVODŇOVÉ EPIZODY

### 2.1 Červenec 2009

Ve střední Evropě všeobecně převládá přenos vzduchových hmot od západu na východ. Situace, při kterých se k nám od východu dostává vlhký a teplý vzduch, jsou v létě méně časté a jsou velmi často spojeny s výskytem bouřek. Jde o tzv. východní cyklonální situaci (Vc), kdy se kolem středu tlakové níže nad Balkánským poloostrovem dostává do střední Evropy vzduch nasycený vodní parou ze Středomoří nebo i z oblasti Černého moře. Tato povětrnostní situace se vyskytovala po celé období trvání povodní na přelomu června a července 2009 a měla za následek intenzivní bouřky na mnoha místech České republiky.

V severních Čechách se první intenzivní bouřky doprovázené přívalovými dešti vyskytly v prvním červencovém víkendu, a zejména na Děčínsku měly za následek opakované rychlé vzestupy hladin menších toků. Nejvíce zasaženou oblastí bylo povodí Kamenice se svými přítoky a dolní Ploučnice od Žandova po ústí do Labe v Děčíně.

První povodňovou epizodu způsobila srážka 1.7. ve večerních hodinách, kdy došlo v profilu Srbská Kamenice k velmi rychlému vzestupu hladin nad úroveň 3. SPA. Centrum příčinných srážek leželo v úzkém severojižním pásu od České Kamenice po Úštěk. Srážkoměrné stanice v oblasti zaznamenaly úhrny srážek mezi 30-50 mm (Česká Kamenice 51,5 mm, ale necelých 6 km vzdálená stanice Kytlice jen 12 mm), přičemž téměř všechny srážky spadly mezi 16. a 18. hodinou. Z analýzy radarových snímků a z průběhu 15 min intenzit srážek z jediné automatické stanice v oblasti - Verneřice lze usoudit, že příčinná srážka však trvala pouze několik desítek minut. Hydrologická stanice Srbská Kamenice zaznamenala vzestup hladiny během jediné hodiny z 53 cm na kulminačních 221 cm v 18:10. Vyhodnocený kulminační průtok  $63 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  přesahoval  $Q_{100}$ . V závěrové stanici Hřensko, Kamenice kulminovala ve 21:10 na stavu 170 cm ( $67 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ). Mezipovodí včetně největšího pravostranného přítoku Chřibské Kamenice leželo mimo srážkovou oblast a jeho podíl na výsledném průtoku byl zanedbatelný (stanice Všemily měla maximální hodinový průtok jen  $0,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ).

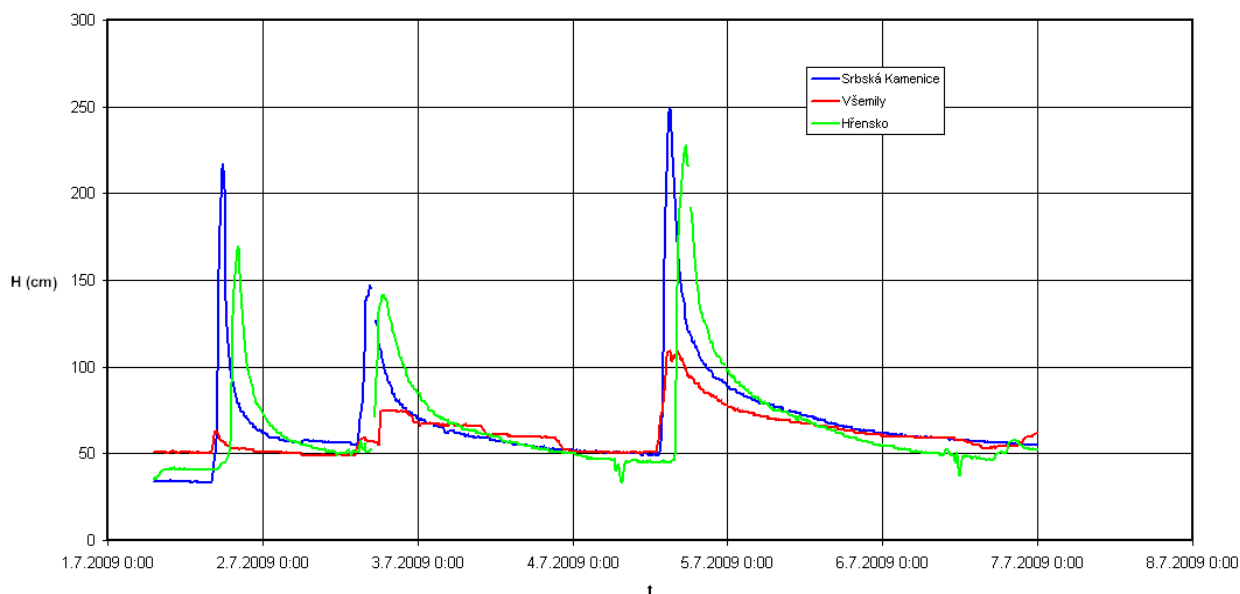
Kromě Kamenice patřily mezi nejvíce zasažená povodí řeka Bystrá a přítoky dolní Ploučnice mezi Žandovem a Benešovem n. Pl. (Merboltický p., Valkeřický p., Fojtovický p.). Ve stanici Benešov byl v 18:40 překročen 1.SPA a hodinu poté řeka kulminovala na stavu 151 cm ( $54 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ). Významnou část tohoto průtoku tvořila voda dotékající z pravostranného přítoku Bystré, která ústí do Ploučnice těsně nad stanicí.

Dne 2.7. pokračovala srážková činnost nejprve v horní části povodí Kamenice a odpoledne postupně v celé oblasti. Srážkové úhrny ve stanicích se pohybovaly kolem 20 mm, ale radarové odhady v pramenné části Kamenice dosahovaly až 70 mm. Hladiny toků přechodně znovu rychle stouply a ve stanici Srbská

Kamenice byl dosažen průtok přibližně  $38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Ve stanicích v povodí Ploučnice se srážky tento den na odtoku projeví jen nepatrně.

Avšak v sobotu 4.7. spadla do nasycené oblasti další přívalová srážka, která způsobila znovu bleskovou povodeň na Kamenici, říčce Bystré a dalších přítocích dolní Ploučnice. Denní srážkové úhrny ve stanicích se pohybovaly od 20 do 40 mm (Česká Lípa 29 mm, Benešov 41,5 mm, Kytlice 35 mm, Žandov 25 mm). Plošné kumulativní srážky na povodí dle odhadu radaru od 1.-4.7. dosahovaly 70-80 mm. Většina srážek spadla mezi 14.-16. hodinou a srážkoměrné stanice ležely většinou na okraji centra srážek vyhodnoceného z radarových snímků (Obr. 2). Hladina v Srbské Kamenici znovu rychle stoupla z neškodných 50 cm ve 14:30 hodin až na 251 cm v 16:00. Vyhodnocený kulminační průtok byl  $76 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Ve Hřensku Kamenice kulminovala v 17:30 při průtoku  $119 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . V obou stanicích byl opět překročen stoletý průtok. Průběh hladin v jednotlivých stanicích ukazuje obr. 1.

Průběh vodních stavů na povodí Kamenice ve dnech 1.7. - 7.7. 2009



Obr. 1. Průběh hladin ve stanicích ČHMÚ v povodí Kamenice v červenci 2009

Dramatičtější průběh však měla přívalová povodeň v sousedních povodích menších přítoků Ploučnice v okolí Žandova a Benešova nad Ploučnicí. Zejména povodňová vlna v povodí Bystré, která postihla všechny obce ležící na tomto toku včetně Benešova nad Ploučnicí ležícího na soutoku, vykazovala vysokou extremitu. V limnigrafické stanici Benešov n. Pl. ležící těsně pod soutokem obou řek se hladina Ploučnice zvedla z 90 cm v 15:00 na kulminačních 213 cm kolem 18. hodiny.

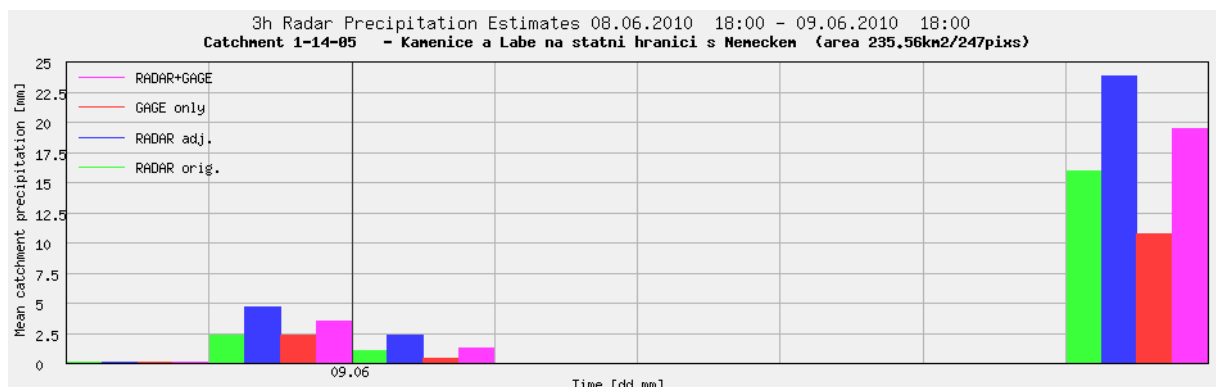
Vlastní Ploučnice přispívala ke kulminačnímu průtoku jen minimálně. Na základě terénního průzkumu a dalších dostupných informací odhadujeme průtok v Ploučnici nad soutokem přibližně jen na  $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Odhadnutý průtok přítékající z Bystré jen pár desítek metrů nad stanicí dosahoval  $100\text{-}120 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  přičemž současná hodnota  $Q_{100}$  je  $27 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ !



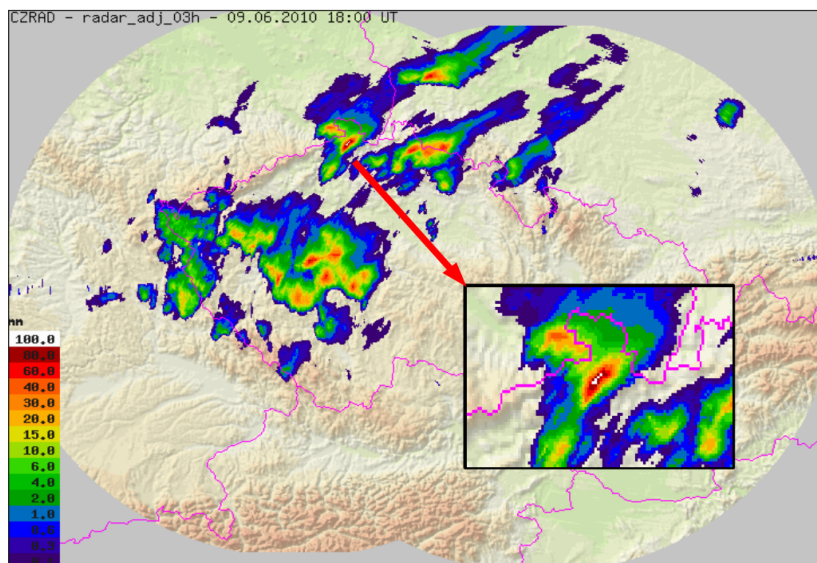
## 2.2 Červen 2010

Brázda nižšího tlaku vzduchu se nacházela přibližně severozápadně od území ČR. Na její přední straně k nám proudil teplejší vzduch před zvlněnou studenou frontou. V odpoledních hodinách 9.6. došlo k značnému nárůstu konvektivní aktivity. Výskyt bouřek započal během poledních hodin mimo území Ústeckého kraje. Část bouřek zasáhla už kolem 13 hodiny především Jizerské hory v Libereckém kraji. Kolem 15. hodiny započala další tvorba bouřek v sousedním Sasku poblíž Krušných hor. Severně od východního cípu Krušných hor se přibližně v 17:30 vytvořilo velice silné bouřkové jádro v Sasku jen několik kilometrů od českých hranic. Tato bouřka se posléze stala zdrojem pro vznik nového ještě silnějšího bouřkového jádra na našem území přibližně mezi Krásnou Lípou a Českou Kamenicí. Toto jádro setrvalo bez pohybu více než hodinu od 17:45 do 19:10, kdy jeho intenzita definitivně zeslábla. Největší intenzita bouřky a potažmo i srážek byla dle radaru zaznamenána přibližně mezi 18:15 a 18:40. Nejvíce srážek v postižené oblasti bylo zaznamenáno na srážkoměru v Chřibské 22,5 mm. Na nejbližších okolních stanicích byly srážky spíše slabé, jádro bouřky se vyskytlo zcela mimo jejich dosah.

Lepší obrázek o situaci dává adjustovaný odhad meteorologického radaru. Tato oblast je ve větší vzdálenosti od radaru navíc částečně zakrytá Českým středohořím. Odhad průměrné srážky na plochu povodí Kamenice je cca 24 mm za 3 hod (Obr. 3). Maximální odhadovaná srážka v tomto povodí byla však 130 mm. Srážky nad 100 mm se vyskytovaly v úzkém pásu cca 5 km dlouhém, který se nacházel v oblasti pravobřežních přítoků Chřibské Kamenice mezi obcemi Chřibská a Srbská Kamenice (Obr. 4).

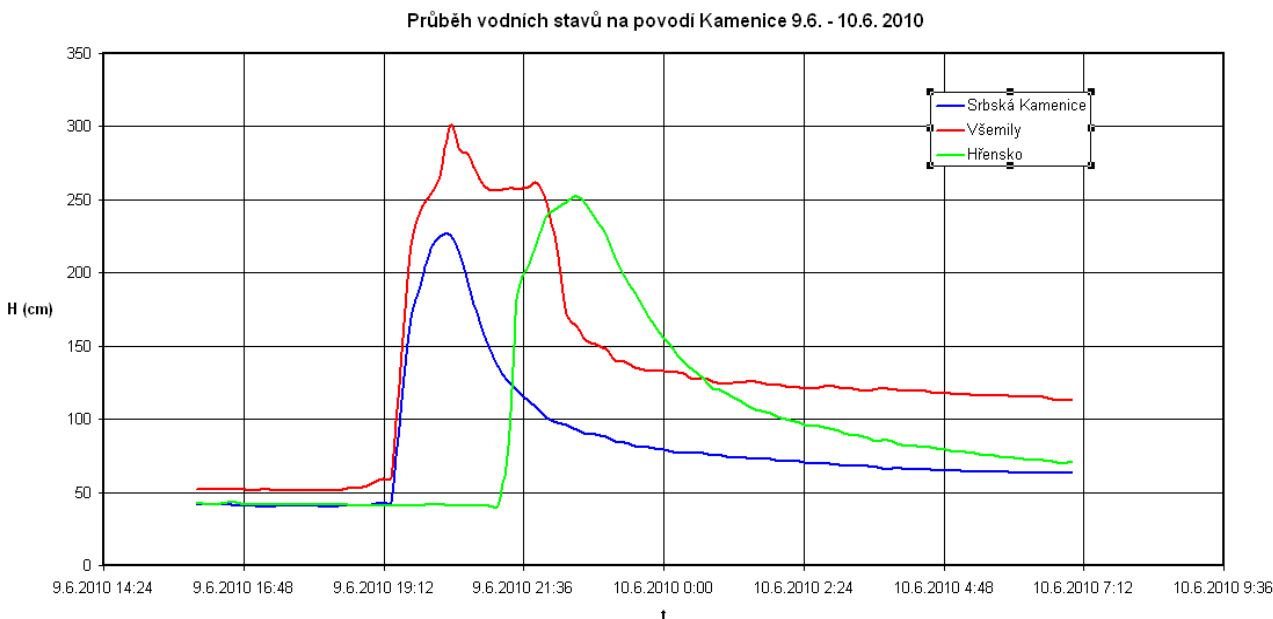


Obr. 3. Odhad tříhodinových úhrnů srážek na povodí Kamenice 8.-9.6.2010



Obr. 4. Adjustovaný radarový odhad plošné srážky od 17 do 20 hodin

Téměř okamžitě po příčných srážkách došlo k velmi rychlému vzestupu hladin na Kamenici i na Chřibské Kamenici. Ve stanici Srbská Kamenice hladina stoupla během jedné hodiny z 43 cm v 19:20 na kulminační 231 cm ve 20:20 ( $67 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ). Ve Všemilech voda zničila měřicí zařízení a kulminační stav a průtok musel být zaměřen a vyhodnocen až po povodni. V každém případě vyhodnocených  $70 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  překonalo stoletý průtok ve stanici. Ve Hřensku byl zaznamenán vzestup hladiny o více než 1 m během 10 minut! Řeka tu kulminovala ve 22:30 na 252 cm což odpovídá průtoku  $148 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (Obr. 5).



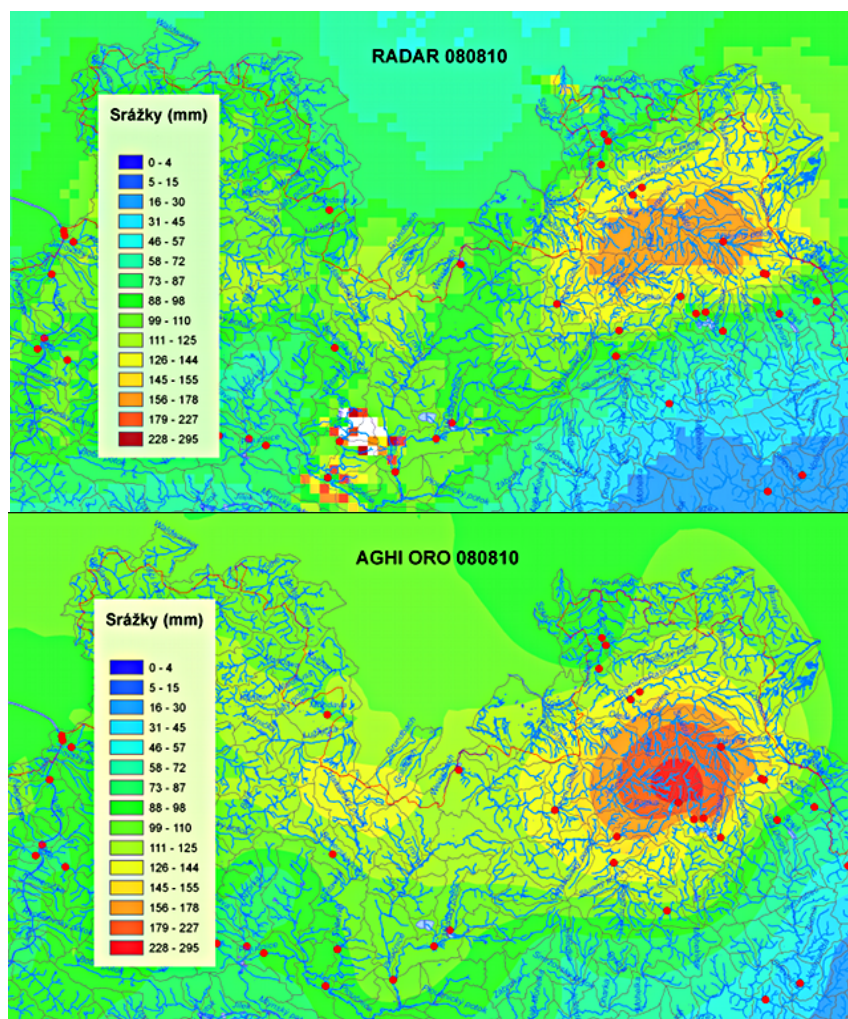
Obr. 5. Průběh vodních stavů na stanicích ČHMÚ na Kamenici v červnu 2010

### 2.3 Srpen 2010

Synoptickou příčinou intenzivních srážek byla výrazná cyklonalita v celém vertikálním profilu troposféry. V nižších hladinách se přesunula tlaková níže z oblasti Jaderského moře a severní Itálie k severoseverovýchodu, v sobotu 7.8. (den s maximálními srážkovými úhrny) už byl střed tlakové níže nad severovýchodním Polskem. Zejména s výraznější cyklónou ve vyšších hladinách troposféry bylo spojené frontální rozhraní, které se pohybovalo jen velmi zvolna a udržovalo se po dobu více než 12 hodin v oblasti Jizerských a Lužických hor.

Příčinné srážky měly charakter trvalých srážek s trváním od dopoledne 6.8. do pozdního odpoledne až večera dne 7.8.2010. Jejich intenzita byla přechodně zvýšená konvekcí vyvolanou návětrným efektem Jizerských a Lužických hor. Dalším faktorem ovlivňujícím průběh srpnové povodně byla vyšší nasycenost půdy v povodí. Před vlastní povodňovou situací, v období od 1. do 5.8., spadlo v oblasti od 30 do 60 mm srážek. Plošné průměrné úhrny srážek vypočtené aplikací ClidataGIS pro některá dílčí povodí dosahovaly 7.8. hodnoty 150 mm. Prostorové rozdělení příčných srážek je patrné i na analýze srážkového pole (Obr. 6) a snímcích z radarů ČHMÚ (Obr. 7 a 8).

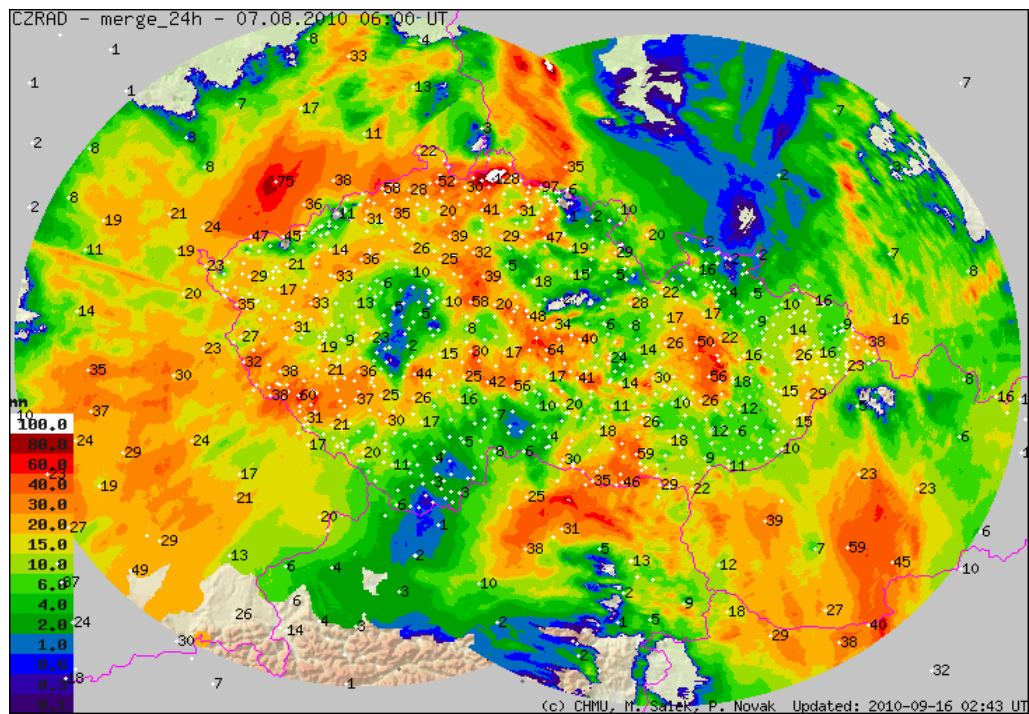
Hydrologická odezva povodí byla za těchto podmínek velice rychlá. Kulminační průtoky překonaly v mnoha profilech hodnoty  $Q_{100}$ . Na několika stanicích byly zaznamenány vzestupy hladin o 1,5 m za hodinu resp. o 2,5 m za dvě hodiny.



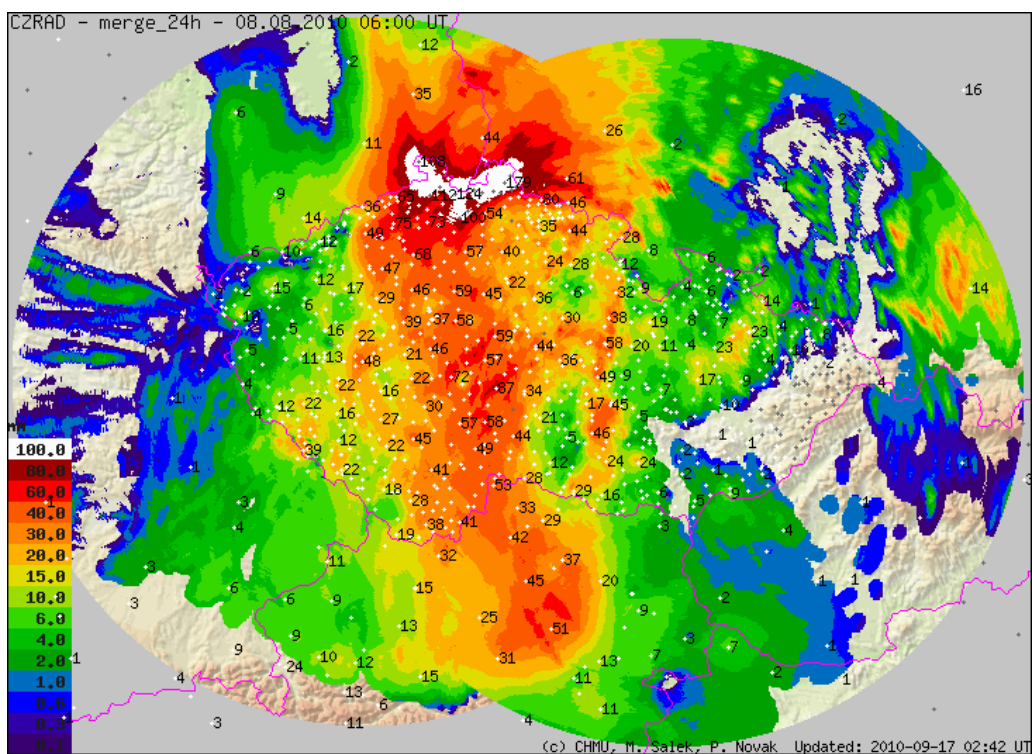
**Obr. 6.** Příklad analýzy srážkového pole dne 8.8.2010 v prostředí ArcGIS. Nahoře sloučená informace radar + srážkoměr, dole orografická interpolace v aplikaci AGHI. Červené body reprezentují srážkoměrné stanice.

Povodí Smědé bylo zasaženo nejintenzivnějšími srážkami zejména ve své horní části a to v dopoledních hodinách dne 7.8. Ve stanici Hejnice byl zaznamenán v 9:00 hodin nejvyšší hodinový úhrn 58 mm. Došlo k rychlému vzestupu hladin na všech tocích. Už v pramenné části Smědé byly na stanicích vyhodnoceny při kulminaci vysoké specifické odtoky okolo  $7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$  při ploše povodí okolo  $4 \text{ km}^2$ . V Bílém Potoce kulminovala řeka v 11:40 na 293 cm, vyhodnocený průtok byl  $180 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Poslední záznam ze stanice Frýdlant byl ve 12:40 a to 353 cm, poté byla stanice zničena. Kulminační vodní stav zde byl dle dostupných informací dosažen mezi 13.-14. hodinou a mohl být ještě o cca 50 cm vyšší.

Kulminační průtok vypočtený hydraulickým modelem dosahoval hodnot  $430 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . V odpoledních hodinách kulminovala Smědá ve stanicích Višňová ve 14:30 na hladině 541 cm a Předlance v 15:10 na stavu 328 cm. Konečné hodnoty kulminačních průtoků ve stanicích jsou dosud předmětem rozsáhlé analýzy v rámci ministerského projektu vyhodnocení povodní v srpnu 2010.



Obr. 7. 24h odhad srážek (kombinace radar + srážkoměrná síť) [6.8. 06 UTC – 7.8. 06 UTC]



Obr. 8. 24h odhad srážek (kombinace radar + srážkoměrná síť) [7.8. 06 UTC – 8.8. 06 UTC]

Dramatická situace byla i v povodí Jeřice (pravostranný přítok Lužické Nisy), zejména v její horní části, kde spadly nejvyšší zaznamenané dvoudenní úhrny srážek (Olivetská hora 310 mm). Povodí zasáhly nejintenzivnější srážky 7.8. ve dvou vlnách. Nejprve v ranních hodinách kdy od půlnoci do 4. hodiny ranní napadlo v oblasti od 80 do 120 mm a po krátké pauze se v dopoledních hodinách vyskytly intenzivní srážky s

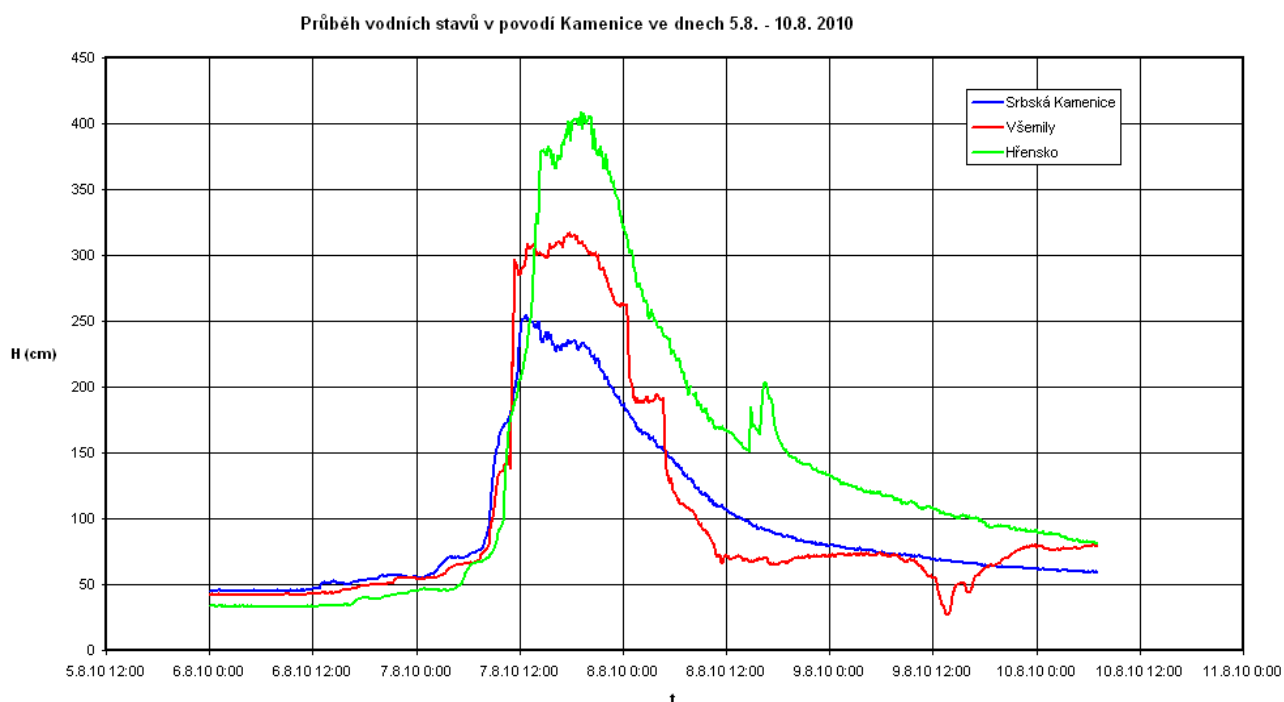


úhrny mezi 10-50 mm/hod. Prudké vzestupy hladin způsobily problémy na menších nádržích VD Fojtka a zejména VD Mlýnice, kde došlo i k přelití koruny kamenné hráze. Specifické odtoky v povodí Albrechtického potoka po VD Mlýnice (přesahující  $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ ) patří mezi nejvyšší hodnoty zaznamenané na území ČR.

Ve stanici Chrastava došlo v ranních hodinách k přechodnému vzestupu hladiny. Hlavní část povodňové vlny dorazila do Chrastavy kolem poledne. Mezi 10:00 a 12:00 hodinou stoupla hladina v řece o 240 cm! Kulminační průtok dosažený ve 12:30 přesahuje hodnotu  $200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

V reakci na intenzivní srážky, které se na srážkoměrných stanicích dne 7.8. pohybovaly od 100-130 mm došlo k zestupu hladin v ranních a dopoledních hodinách i na Kamenici. Vzestupy hladin byly oproti červnové epizodě pozvolné, ale celkový objem povodňové vlny byl mnohem větší.

V Srbské Kamenici řeka kulminovala krátce po poledni 7.8. na 255 cm, přičemž vodní stav mezi 250 a 255 cm vydržel déle než hodinu. Kulminace ve Všemilech měla podobný průběh. Obě vlny se časově sešly na začátku soutěsek. Ve Hřensku řeka kulminovala při stavu na vodočtu 409 cm a je velmi pravděpodobné, že šlo o historicky nejvyšší zaznamenanou povodeň v tomto povodí. Kulminační průtok vyhodnocený hydraulickým modelem HEC-RASS v závěrové stanici Hřensko dosahoval  $170 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  a opět výrazně překonal stávající hodnoty  $Q_{100}$ .



**Obr. 9.** Průběh vodních stavů na stanicích ČHMÚ na Kamenici v srpnu 2010

**Tab 1.** Vyhodnocené kulminační průtoky jednotlivých povodňových epizod na stanicích v povodí Kamenice

Stanice	Tok	Povodí (km <sup>2</sup> )	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	7/2009	6/2010	8/2010	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )
				Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	
Srbská Kamenice	Kamenice	97,8	1,0	<b>76</b>	<b>66</b>	<b>70</b>	<b>54</b>
Všemily	Chřibská Kamenice	61,6	0,5	<b>7,2</b>	<b>70</b>	<b>57</b>	<b>40</b>
Hřensko	Kamenice	214,9	2,6	<b>119</b>	<b>151</b>	<b>170</b>	<b>110</b>

### 3 ZÁVĚR

Průběh povodňové vlny u letních povodní je ovlivňován v první řadě velikostí, intenzitou, dobou trvání a místním rozložením přívalových srážek. Extrémní intenzivní srážky mohou na našem území vypadnout kdekoliv a jejich detekce je doprovázena zjevnými problémy. Lokální maxima přívalových srážek nejsou obvykle vzhledem k hustotě srážkoměrné sítě zaznamenána, což byl případ červnových resp. červencových epizod z roku 2009 i 2010. Srpnové srážky v roce 2010 sice vypadly z velké části na území s vysokou hustotou srážkoměrných stanic, ale i zde je třeba počítat s tím, že přesnost měření je závislá i na chybě vlastního srážkoměru při extrémní intenzitě deště. Radarové odhady srážek jsou výborným nástrojem pro kvantifikaci a lokalizaci srážek, ale i ty jsou zatíženy chybou vyplývající z technologie radarových měření. Z vyhodnocování uvedených povodňových situací vyplývá nutnost podrobné analýzy příčinných srážek za použití všech dostupných informací a nástrojů včetně distančních měření a nástrojů GIS. Prostorové rozložení srážek je nezbytným vstupem i pro řadu hydrologických modelů simulujících povrchový odtok.

### LITERATURA

Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky (2009) (Souhrnná zpráva stejnojmenného projektu), ČHMÚ, Praha.

Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2010 v oblasti povodí Horního a středního Labe a na vlastním toku Labe v oblasti povodí Ohře a Dolního Labe 7.8.-9.8.2010 (2010) Povodí Labe, státní podnik, Hradec Králové.

Klečka, V., Tanajewski, M., Renger, T. (2010) Zpráva o povodni 08/2010, Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov.