



Ministerstvo životního prostředí

Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002



Výzkumný ústav vodohospodářský
T. G. Masaryka



Mobilní protipovodňové stěny v centru Prahy

Rozvodněná Vltava protékající Prahou



Trojský zámek na severním okraji Prahy

**Katastrofální povodeň
v České republice v srpnu 2002**



© Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2005

ISBN 80-7212-350-5

PŘEDMLUVA

Škody z povodní, k nimž došlo v posledních sedmi letech na území České republiky, dosáhly z historického hlediska závratné výše 142 miliard Kč. Byly devastovány nebo poškozeny tisíce obydlí, budov a hospodářských objektů. Státisíce lidí bylo třeba evakuovat a co je nejhorší – 92 lidí zahynulo. Celkové újmy na kvalitě životního prostředí zřetelně signalizují, že zranitelnost extrémními povodněmi v prostoru střední Evropy vykazuje rostoucí tendenci. Rovněž nepřímé následky povodní dokumentují čím dál rozsáhlejší negativní řetězové reakce v sociálně-ekonomické sféře (újmy na zdraví a psychice obyvatelstva, zvyšování nezaměstnanosti, narušení tržních vztahů aj.). Zvyšuje se i citlivost rozpočtových zdrojů na následky velkých povodní, protože náhrada takto vzniklých ztrát má obvykle vliv na ekonomiku celé společnosti, třebaže není najednou zasaženo celé území státu. Dokumentují to i případy posledních dvou povodňových pohrom 1997 a 2002.

Mimořádná povodeň ze srpna 2002, u níž celkové škody dosáhly až 73 miliard Kč, znovu prokázala, že je třeba každé z takových pohrom věnovat mimořádnou pozornost a na základě důkladného interdisciplinárního vyhodnocení permanentně si rozšiřovat poznatky, jak se před škodlivými důsledky těchto přírodních extrémů co nejúčinněji chránit. Vláda České republiky na základě zkušeností z předchozí velké povodňové katastrofy v červenci 1997 k tomu uvolnila potřebné finanční dotace a svým usnesením č. 977 ze dne 7. října 2002 uložila Ministerstvu životního prostředí zorganizovat vypracování projektu *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002* (dále jen Projekt). Odborným garantem projektu byl Ing. Josef Reidinger. Koordinací vyhodnocovacích prací byl pověřen Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Dalšími spolupracujícími organizacemi byly Český hydrometeorologický ústav, Agentura ochrany přírody a krajiny a Česká geologická služba. Průběh prací kontrolovala Řídící rada projektu, složená ze zástupců zainteresovaných ministerstev. Na jednání byli rovněž zváni zástupci krajských úřadů a vodohospodářských správců příslušných povodí.

Projekt je také v mezinárodním porovnání unikátní multidisciplinární aktivitou. Jeho výsledky přispěly k formulování zásad mezinárodní spolupráce, např. v Akčním plánu ochrany před povodněmi v povodí Labe, schváleném v říjnu 2003 Mezinárodní komisí pro ochranu Labe, a dále v Akčním programu ochrany před povodněmi v povodí Odry, který schválila Mezinárodní komise pro ochranu Odry před znečištěním v prosinci 2003. Výsledky projektu jsou rovněž jedním z podkladů pro formulování evropské politiky ochrany před povodněmi Evropskou komisí.

Závěrem bych rád vyjádřil poděkování všem, kteří se podíleli na Projektu, a také těm, kteří se dokázali vypořádat se svou povodňovou situací v srpnu 2002 nebo se účastnili úsilí obnovit postižená území.

Závěrem bych rád vyjádřil poděkování všem, kteří se podíleli na Projektu, a také těm, kteří se dokázali vypořádat se svou povodňovou situací v srpnu 2002 nebo se účastnili úsilí obnovit postižená území.



A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Libor Ambrozek'. The signature is fluid and cursive.

RNDr. Libor Ambrozek
ministr životního prostředí
České republiky

OBSAH

PŘEDMLUVA	3
ÚVOD	5
1 METEOROLOGICKÉ PŘÍČINY POVODŇOVÉ KATASTROFY V SRPNU 2002	6
1.1 Klasifikační systém pro dynamiku cirkulačních poměrů	6
1.2 Synoptická povětrnostní situace v letním období roku 2002	7
1.3 Příčinné srážky povodňové situace	10
1.4 Plošné výšky a objemy spadlých srážek	12
1.5 Detekce příčinných srážek podle radarových snímků	13
1.6 Extremita srážek v srpnu 2002	15
1.7 Porovnání množství příčinných srážek v srpnu 2002 s pravděpodobnou maximální srážkou	16
1.8 Bilance vlivu předcházející srážkové činnosti na vývoj nasycenosti v povodí	16
2 HYDROLOGICKÉ HODNOCENÍ PRŮBĚHU POVODŇE	17
2.1 Povodňová situace na větších ucelených povodích	18
2.2 Průběh povodně na malých a nepozorovaných povodích	29
2.3 Vliv vodních děl na průběh povodně	32
2.4 Bilanční posouzení objemu srážek a odtoku	33
3 HODNOCENÍ EXTREMITY POVODŇE	33
3.1 Doby opakování kulminačních průtoků a objemů povodňových vln	33
3.2 Porovnání povodně 2002 s velkými historickými povodněmi	36
3.3 Porovnání příčin letních povodní v letech 1890, 1897 a 2002	38
3.4 Porovnání kulminačních specifických odtoků	39
4 HLÁSNÁ A PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÁ SLUŽBA	39
4.1 Možnosti předpovědi vydávaných meteorologickou službou ČHMÚ	39
4.2 Možnosti předpovědi vydávaných hydrologickou službou ČHMÚ	40
4.3 Hodnocení předpovědi	41
5 BEZPEČNOST VODNÍCH DĚL	41
5.1 Velké vodní nádrže	41
5.2 Malé vodní nádrže	46
5.3 Ochranné hráze	47
6 VLIV POVODŇE NA KVALITU POVRCHOVÝCH A PODZEMNÍCH VOD	48
6.1 Kvalita povrchových vod v tocích za povodně a bezprostředně po ní	49
6.2 Vyhodnocení změn v jakosti podzemních vod	50
6.3 Důsledky zaplavení čistíren odpadních vod	51
6.4 Úniky nebezpečných látek v území zasaženém povodní	51
6.5 Vliv povodně na kontaminaci substrátů v údolních nivách	53
7 VZTAHY MEZI KRAJINOU A POVODNÍ	54
7.1 Zhodnocení extremity povodně na základě výskytu fluvizemí	54
7.2 Využití krajiny v záplavových územích	55
7.3 Změny ve využívání krajiny jako možný faktor ovlivňující povodeň	56
7.4 Povodeň a revitalizace vodních toků	56
7.5 Role břehových porostů při povodni	57
7.6 Vliv povodně na zvláště chráněné části přírody	57
8 SOCIÁLNÍ A EKONOMICKÉ DŮSLEDKY POVODŇE	58
8.1 Srovnání povodní v letech 1997 a 2002	58
8.2 Dopad povodně na zdraví obyvatelstva	59
8.3 Povodňové škody na majetku	60
8.4 Hodnocení aktivit povodňové ochrany ve vztahu k příčinám povodně	60
9 INFORMAČNÍ PODKLADY A MAPOVÁ DOKUMENTACE POVODŇE	62
9.1 Datový sklad informací o povodni	62
9.2 Atlas map	63
9.3 Ortofotomapa zaplaveného území	63
9.4 Digitální model reliéfu území dotčeného povodní	63
9.5 Multimediální výstupy	63
SHRNUTÍ A ZÁVĚRY	64
LITERATURA	66
VÝSTUPY PROJEKTU A SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTACE	66

ÚVOD

Extrémní povodně, které postihly střední Evropu v posledním desetiletí, vyvolávají ve veřejnosti dvojí negativní dojem: jednak, že se budou vyskytovat častěji, a jednak, že mohou být ještě větší. Obavy pramení z náznaků změny klimatu, z rostoucího vlivu antropogenní činnosti a ze zhoršování retence odtoku v jednotlivých povodích. Pro zevšeobecnění těchto domněnek nejsou zatím k dispozici dostatečně dlouhé řady pozorování. Podle závěrů četných vědeckých studií, výsledků průzkumů a výstupů z monitorovacích systémů, jakož i existujících statistik je zřejmé a alarmující, že rozsah, a tím i výše povodňových škod stále narůstá. Logickou odezvou na tento vývoj je zesilování preventivních investičních opatření a aktivit povodňové ochrany a s tím souvisejícího výzkumu jak v domácím prostředí, tak i na poli mezinárodní spolupráce.

Abychom se dokázali před povodněmi chránit efektivním způsobem, je třeba dobře znát průběh a účinky povodní, které nás postihly, a na tomto základě umět určit i možný rozsah a pravděpodobnost výskytu povodní budoucích. Při návrhu opatření, která mají zmenšit povodňové škody, by měl být kladen důraz na využití retenčního účinku přírody, zejména údolních niv. Za podstatný přínos k úvahám tohoto druhu se považují především studie a porovnávání proběhlých povodňových katastrof.

Příspěvkem z České republiky k celosvětové snaze redukovat škody z přírodních pohrom v zájmu udržitelného rozvoje je i tato publikace. Stručně shrnuje výsledky z projektu *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*, k němuž dalo podnět Ministerstvo životního prostředí.

Na řešení projektu se podílelo více než sto specialistů z deseti různých vědních oborů. Kromě identifikace meteorologických příčin neobyčejně vydatných srážek, analýzy a modelování dynamiky povodňových vln, posouzení funkce informačních, výstražných a předpovědních systémů byly zkoumány rovněž dopady povodně na životní prostředí, změny kvality vody jak v průběhu povodně, tak i po jejím odeznění, geologické změny v údolních nivách a v kolektorech podzemních vod, vliv nádrží na vývoj povodňové situace v říční síti, zkušenosti z činnosti povodňových orgánů za krizových podmínek, újmy na zdraví obyvatelstva, dopady povodně na sociální poměry v postižených oblastech a odhady povodňových škod. Bylo vytvořeno skladové centrum informací o povodňové situaci a zmapovány rozlivy i jejich hloubky atp.

Povodeň, která postihla v Čechách zejména povodí Vltavy, patří mezi jevy, které se opakují v průměru s intervalem o délce několika staletí. Jsme přesvědčeni, že souhrn poznatků, které jsme o ní získali, může být užitečnou informací nejen pro odborníky, ale i pro všechny, které srpnová povodeň 2002 postihla, nebo je povodně mohou postihnout v budoucnu.

Při této příležitosti si dovoluji srdečně poděkovat všem, kteří se ať již ve větší či menší míře podíleli na vyhodnocení srpnové povodňové katastrofy, a tím přispěli i ke vzniku této publikace.



Ing. Jan Bouček
koordinátor projektu
Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002

1 METEOROLOGICKÉ PŘÍČINY POVODŇOVÉ KATASTROFY V SRPNU 2002



Obr. 1.1. Postup tlakových níží po tyzizované dráze V, které přinášejí významné úhrny srážek do střední Evropy



Obr. 1.2. Postup středu tlakové níže v průběhu první vlny srážek



Obr. 1.3. Postup středu tlakové níže v průběhu druhé vlny srážek

Vznik a vývoj přírodních povodní jsou vždy vyvolány určitými cirkulačními poměry v atmosféře. Při jejich zkoumání z hlediska zájmu o zvýšení efektivity povodňové ochrany je třeba objasňovat řadu s tím spojených otázek, jako jsou například:

- O jaký druh poruchy normálních povětrnostních podmínek jde? Jde o studenou nebo teplou frontu, frontální systém, tlakovou níži, bouřku?
- Jaká plocha a výšková poloha krajiny byla nebo bude zasazena srážkovou činností?
- Postupuje srážková zóna proti směru hlavního toku, nebo naopak?
- Přesouvá se příčinná povětrnostní situace nad sledovaným povodím relativně rychle, nebo pomalu, či se dočasně zastaví?
- V jakém směru probíhá příčinné proudění ve vztahu k zeměpisné orientaci horských pásem?
- Lze očekávat návětrné, či závětrné orografické efekty?

Z toho všeho vyplývá, že vyhodnocování povodňové situace by mělo probíhat komplexně, od analýzy příčinných cirkulačních podmínek v atmosféře přes studium časového a prostorového rozdělení srážek v daných fyzicko-geografických poměrech povodí až po vyšetření odtokové odezvy v příslušné říční síti.

Rozdíly ve skladbě a využívání krajiny, v členitosti orografických poměrů, v topologii říčního systému v jednotlivých povodích, obdobně jako jejich prostorově odlišná hydrologická situace před počátkem povodně (nasycenost povodí, míra naplnění objemu říční sítě, stav vegetace aj.) se projevují tím, že jednotlivé územní celky mohou reagovat na stejné povětrnostní zatížení rozličně. To znamená, že je třeba vývoji povodně v každém větším povodí věnovat samostatnou pozornost. Zároveň je to argument, proč hydrosynoptickou analýzu povodňových povětrnostních podmínek nelze provádět bez uvážení fyzicko-geografických a hydrologických souvislostí.

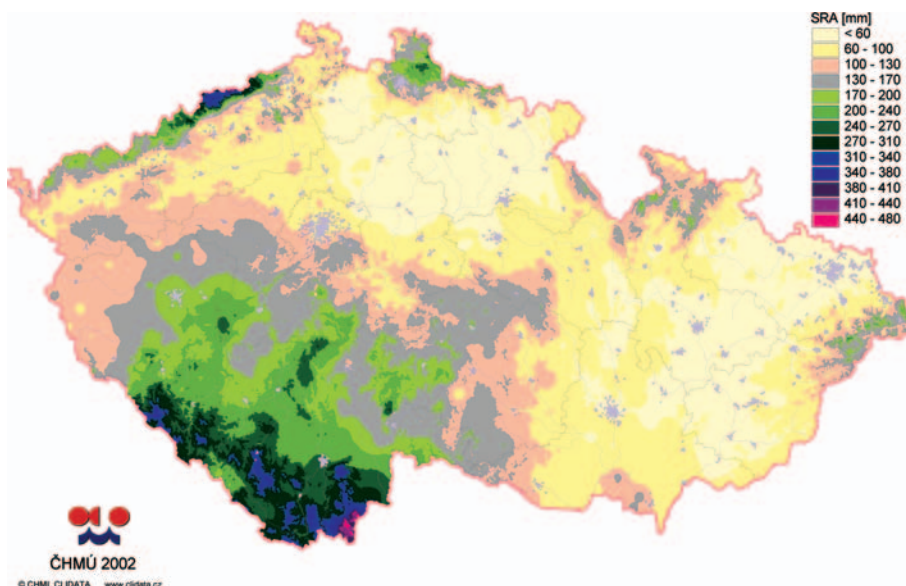
Aby bylo možné respektovat oba zmíněné přístupy, je tedy třeba disponovat informacemi nejen o poloze a vzniku, vývoji a tvaru tlakových řídicích útvarů, ale i o směru a rychlosti jejich pohybu.

S tímto zřetelem bylo prováděno i vyšetření meteorologických příčin srpnové povodňové pohromy v roce 2002. Bylo zaměřeno na

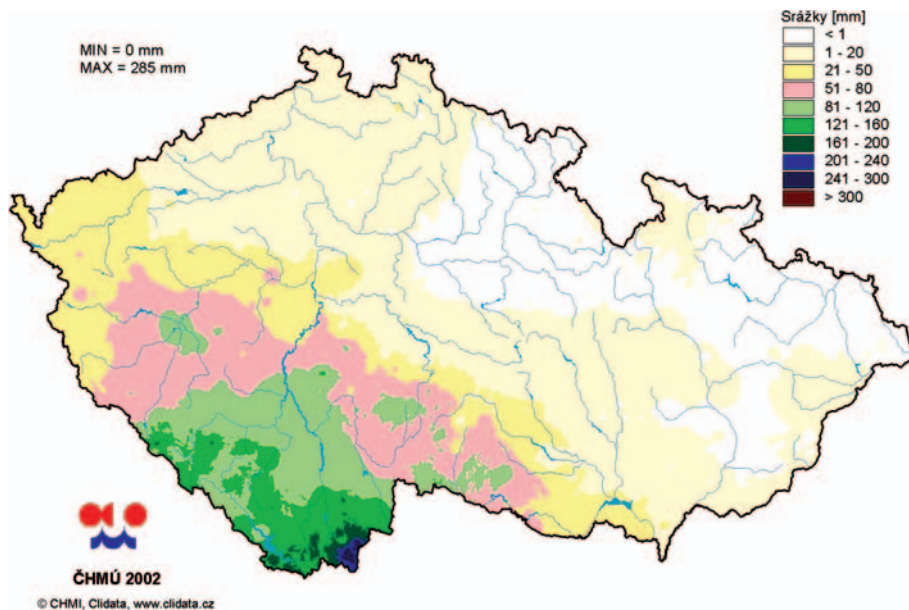
- zhodnocení příčinných cirkulačních poměrů v atmosféře,
- identifikaci časového a prostorového rozdělení srážek, včetně shrnutí zkušeností s jejich detekcí pomocí distančních metod,
- bilancování vlivu předcházející srážkové činnosti na vývoj nasycenosti v povodí,
- posouzení extremity srážek v jejich historickém kontextu.

1.1 Klasifikační systém pro dynamiku cirkulačních poměrů

Jednotlivé druhy povětrnostních situací byly oklasifikovány na základě dlouhodobých pozorování již koncem 19. století. Z nich je nejpodobnější srpnovým cirkulačním podmínkám v roce 2002 systém atmosférických poruch – tlakových níží (cyklon) pohybujících se v letním půlroce obvykle po trase



Obr. 1.4. Mapa úhrnů srážek za období od 6. do 15. srpna 2002



Obr. 1.5. Mapa úhrnů srážek za období od 6. do 7. srpna 2002

nazývané podle van Bebbera (Brázdil a Štekl, 1986) jako dráha V. Trajektorie pohybu středů cyklon u tohoto typu směřují z Biskajského zálivu do oblasti Janovského zálivu ve Středozemním moři (větev Va, viz obr. 1.1). Někdy se také teprve zde v prostoru západního Středozeří vyvine uzavřená cyklona a postupuje pak nad severní Jadran. Tam se další jejich postup obvykle rozděluje v závislosti na poloze středu řídicí tlakové výše (anticyklony) nad evropským kontinentem do tří různých směrových větví (Vb, Vc a Vd, viz obr. 1.1).

Pro Českou republiku je z hlediska vzniku povodní nejnebezpečnější „středomořská situace“, kdy se frontálními poruchami ponejvíce právě po dráze Vb dostává vzduch ze Středozeří do střední Evropy. Typické pro postupující cyklony jsou výstupné pohyby tohoto vlhkého a teplého vzduchu se severovýchodní až severní složkou proudění ve vyšších vrstvách a proudění chladnějšího vzduchu do týlu oblasti s cyklonou v opačném směru. Tyto „srážkotvorné“ cyklony bývají za určitých fyzikálních poměrů v atmosféře zdrojem plošně rozsáhlých a dlouhotrvajících srážek ve střední Evropě. To byl i případ povodně v srpnu 2002.

Významný vliv na počasí v českém prostoru mají však i cyklony přesouvající se po dráze Vc.

1.2 Synoptická povětrnostní situace v letním období roku 2002

Podle údajů Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) převažoval v letních měsících červnu až srpnu v Evropě a v prostoru Atlantického oceánu meridionální (poledníkový) charakter cirkulace daný opakovaně se obnovujícími tlakovými výšemi nad severní Evropou. Zonální proudění (ve směru rovnoběžek), pokud se vyskytlo, mělo jen krátké trvání. V důsledku toho byla frontální zóna často posunu-

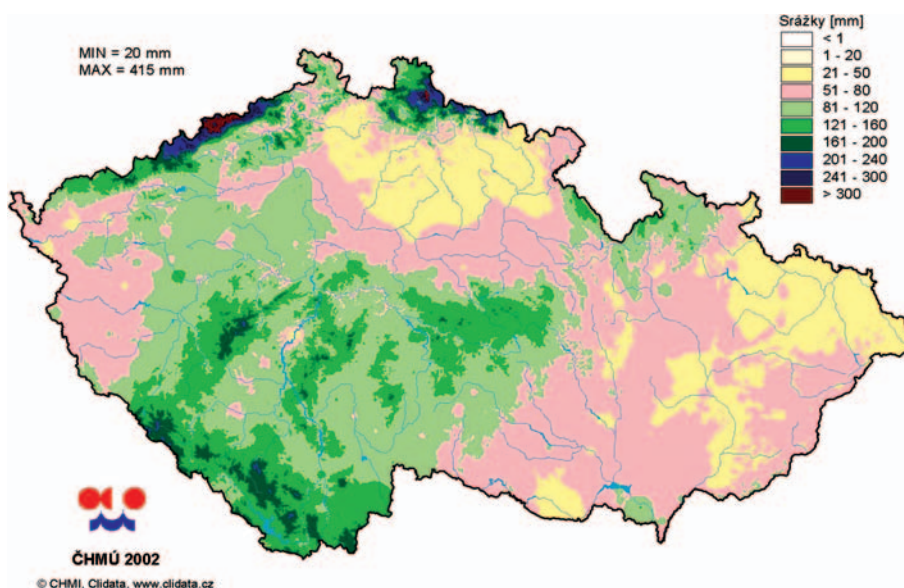
ta až do Středomoří. Ve všech letních měsících zde vypadávaly velmi vydatné srážky, jejichž relativní maximální úhrny se například na území Řecka pohybovaly mezi 300 až 500 % dlouhodobého normálu.

Typický byl i příliv tropického vzduchu od jihu, který měl zejména v srpnu za následek výskyt mimořádně nadnormálních teplot vzduchu v severní Evropě. Ve střední části Švédska přesahovala průměrná měsíční teplota normál o více než 5 °C.

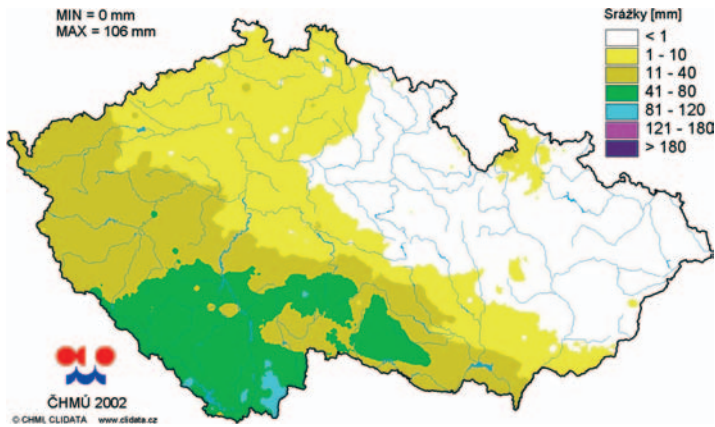
Pro Českou republiku byl rozhodující fází meteorologického vývoje, který vedl ke vzniku katastrofální povodně, sled dvou srážkových vln v časově krátkém odstupu za sebou. Řídicím mechanismem v atmosféře byla cirkulační situace podmíněná existencí vysokého tlaku vzduchu nad severní

Evropou a následným postupem tlakových níží ze Středomoří do střední Evropy. Docházelo k tomu v průběhu období 5. až 8. srpna a 9. až 13. srpna 2002. V obou případech se pohybovaly středy vytvořených cyklon prostorovými koridory, které odpovídaly zhruba trasám Vb podle zavedené meteorologické klasifikace (viz obr. 1.2 a 1.3).

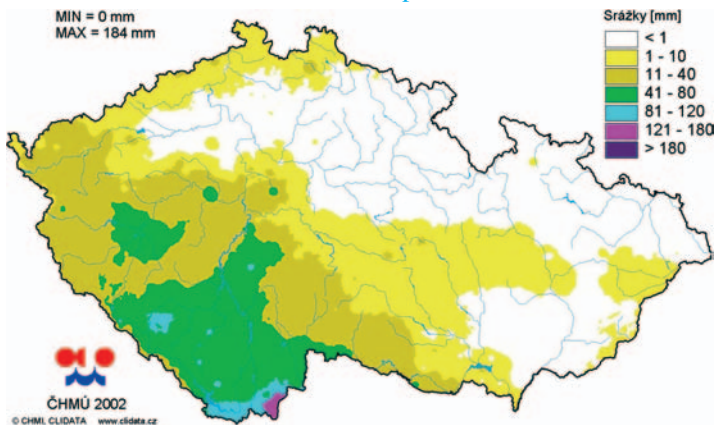
Postup těchto dvou výrazných cyklon a s nimi spojených frontálních systémů v relativně krátkém časovém rozmezí byl doprovázen silnými srážkami, které způsobily ve střední Evropě ničivé povodně. Území České republiky zasáhly cyklony svou týlovou stranou s nejdeštivějším sektorem situovaným západně až jihozápadně od jejich středu. Obě postupovaly jen zvolna, čímž se období trvalých srážek na českém území prodlužovalo. Zejména druhá z cyklon, jejíž střed přecházel přímo přes Čechy směrem k severu, byla srážkově mimořádně exponovaná. Vzduch v jejím teplém sektoru, který živil srážkovou oblačnost na okluzní frontě, měl poměrně velmi vysoké teploty. Cyklona se vyznačovala rovněž vysokým tlakovým gradientem, který významně přispíval k zesílení srážek na návětrné straně hor.



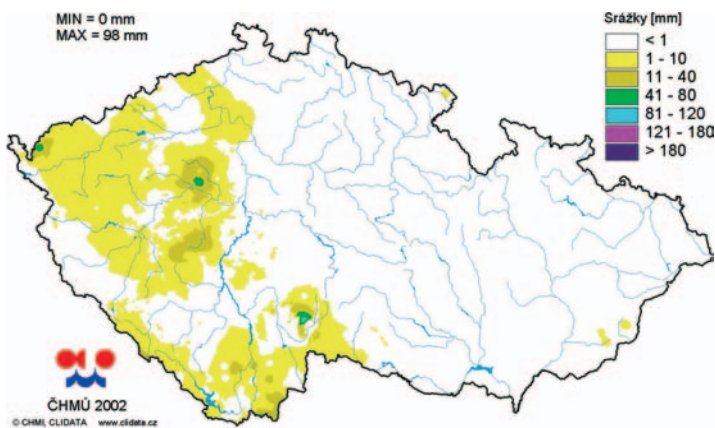
Obr. 1.6. Mapa úhrnů srážek za období od 11. do 13. srpna 2002



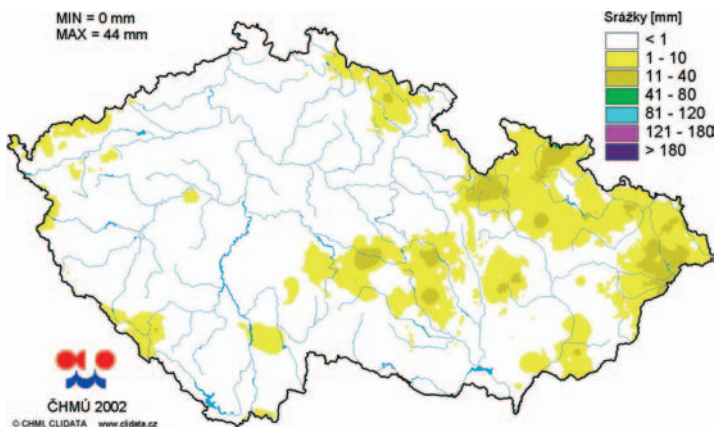
Obr. 1.7. Mapa denních úhrnů srážek pro 6. srpen 2002 od 07 hod. SEČ do 07 hod. SEČ 7. srpna 2002



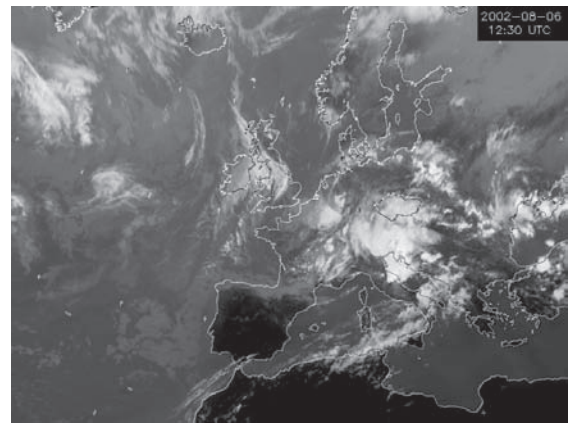
Obr. 1.9. Mapa denních úhrnů srážek pro 7. srpen 2002



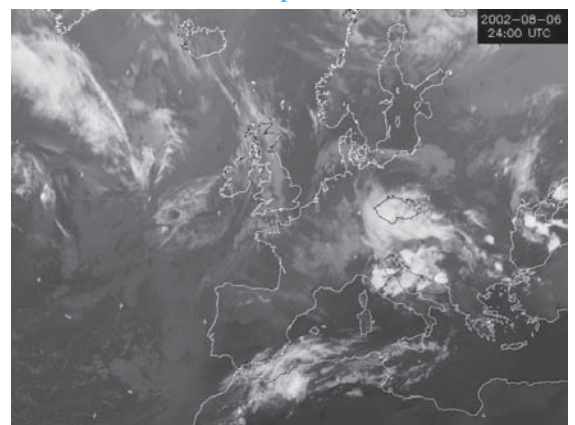
Obr. 1.11. Mapa denních úhrnů srážek pro 8. srpen 2002



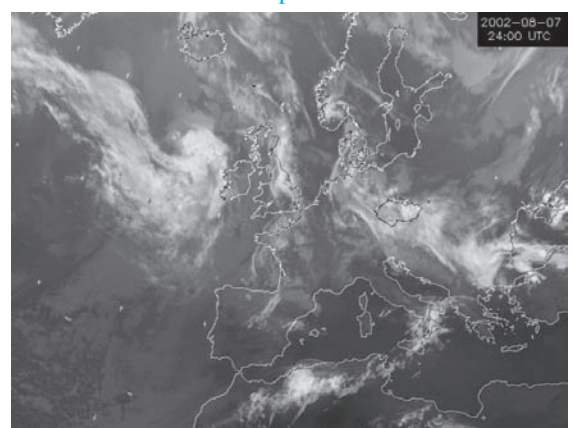
Obr. 1.13. Mapa denních úhrnů srážek pro 9. srpen 2002



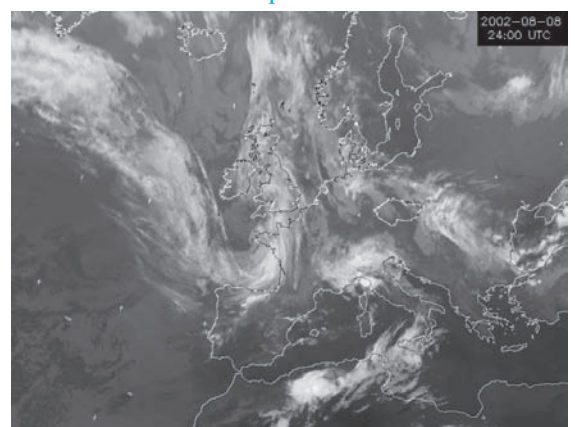
Obr. 1.8. Infračervený snímek geostacionární družice Meteosat ze 6. srpna 2002 12:30 UTC



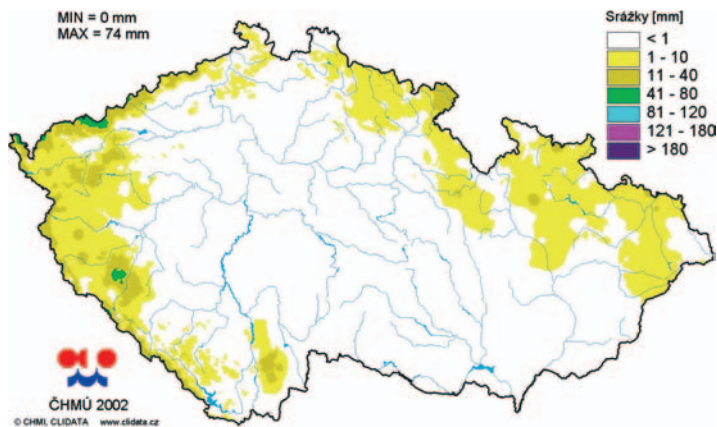
Obr. 1.10. Infračervený snímek geostacionární družice Meteosat ze 7. srpna 2002 00:00 UTC



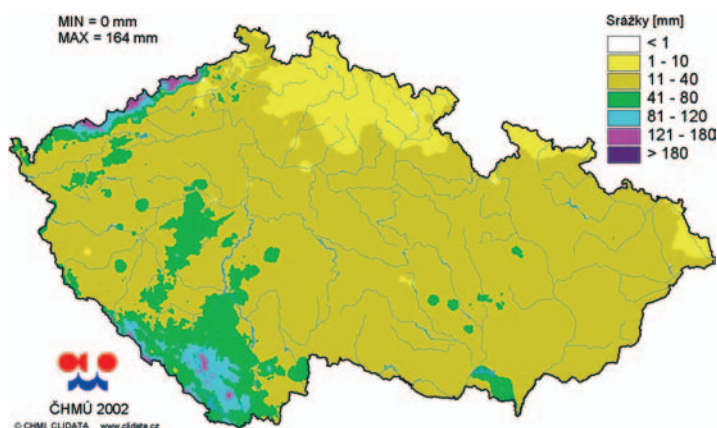
Obr. 1.12. Infračervený snímek geostacionární družice Meteosat z 8. srpna 2002 00:00 UTC



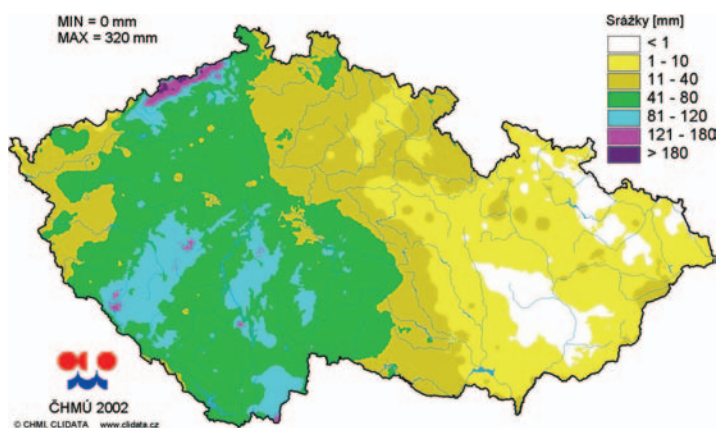
Obr. 1.14. Infračervený snímek geostacionární družice Meteosat z 9. srpna 2002 00:00 UTC



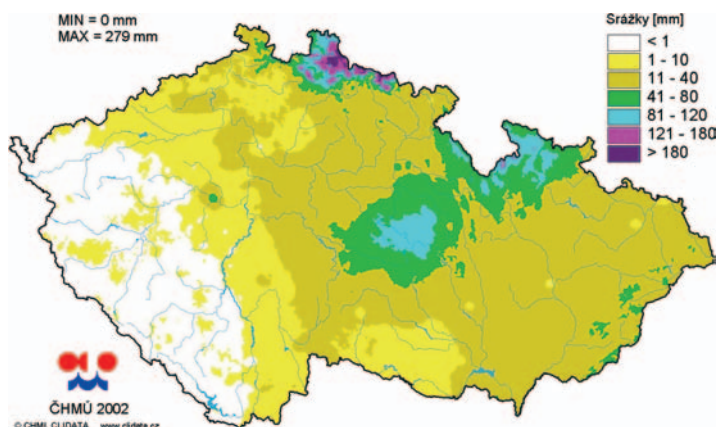
Obr. 1.15. Mapa denních úhrnů srážek pro 10. srpen 2002



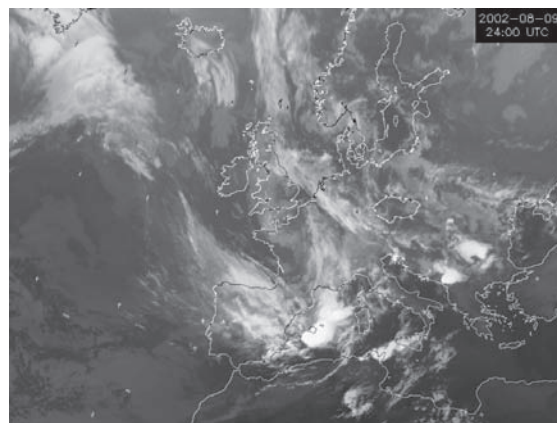
Obr. 1.17. Mapa denních úhrnů srážek pro 11. srpen 2002



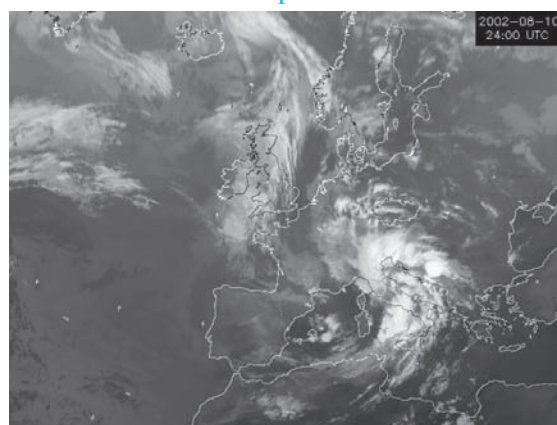
Obr. 1.19. Mapa denních úhrnů srážek pro 12. srpen 2002



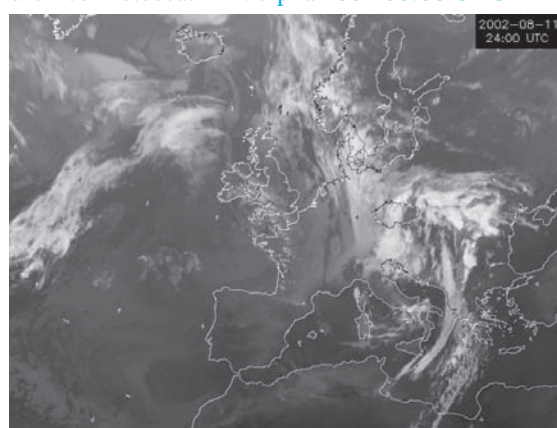
Obr. 1.21. Mapa denních úhrnů srážek pro 13. srpen 2002



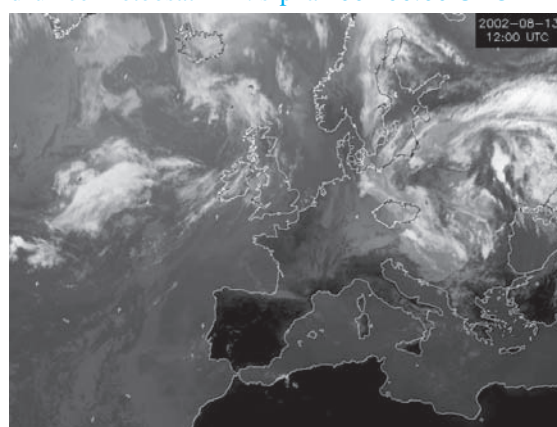
Obr. 1.16. Infračervený snímek z geostacionární družice Meteosat z 10. srpna 2002 00:00 UTC



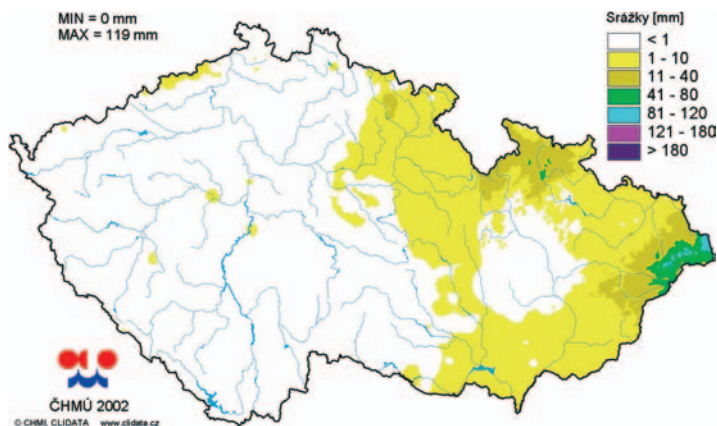
Obr. 1.18. Infračervený snímek z geostacionární družice Meteosat z 11. srpna 2002 00:00 UTC



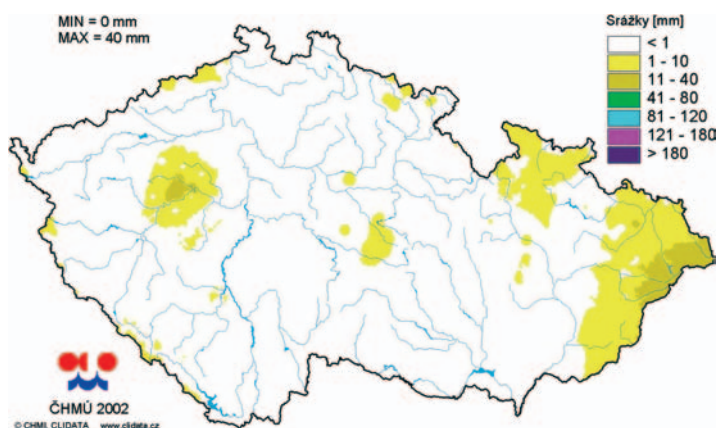
Obr. 1.20. Infračervený snímek geostacionární družice Meteosat z 12. srpna 2002 00:00 UTC



Obr. 1.22. Infračervený snímek geostacionární družice Meteosat ze 13. srpna 2002 12:00 UTC



Obr. 1.23. Mapa denních úhrnů srážek pro 14. srpen 2002



Obr. 1.24. Mapa denních úhrnů srážek pro 15. srpen 2002

1.3 Příčinné srážky povodňové situace

Systematické zpracování srážkových poměrů v průběhu srpna 2002 provedla klimatologická služba ČHMÚ. Výsledky zpracování ilustrují mapy rozložení úhrnů srážek na území České republiky v období od 6. do 15. srpna 2002, které jsou konfrontovány s rozložením příslušné oblačnosti zachycené na infračervených snímcích družice Meteosat, viz obr. 1.7 až 1.24.

Největší úhrny srážek za těchto deset dní, které přesáhly až 400 mm, byly zjištěny ve vrcholových partiích Novohradských

hor v hraničním pásmu s Rakouskem a ve východní části Krušných hor (viz obr. 1.4). Srážky vyšší než 300 mm se vyskytly na podstatné části území Šumavy i v Novohradských horách včetně jejich podhůří a dále také ve vyšších polohách Jizerských hor. Úhrny mezi 170 až 250 mm byly dosaženy v celé oblasti Krušných hor, Krkonoš, Orlických hor, Jihlavských vrchů, Jeseníků a Moravskoslezských Beskyd. Nejvyšší denní dosažené úhrny srážek naměřené ve vybraných srážkoměrných stanicích dokumentuje tab. 1.1. Je v ní uveden i rekordní úhrn u stanice Cínovec, která se nachází poblíž hranice na německém území.

Pásmo silných srážek zasáhlo i území jiných evropských států, zejména Itálie, Rakouska a Německa.

V České republice lze rozdělit celkové období srpnové povodňové situace podle průběhu příčných srážek do tří časových úseků.

První vlna srážek v období od 6. do 7. srpna 2002

Hydrosynoptické příčiny

Na frontální zóně probíhající od Pyrenejského poloostrova přes Středomoří k východu se vytvořil 5. srpna poměrně velký teplotní kontrast. Na jihu dosahovala teplota vzduchu nad severní Afrikou až 28 °C a v chladném vzduchu ze severu se teploty v oblasti řídicí tlakové níže pohybovaly okolo 7 °C. Na této frontě vznikla vlna, která spolu s mělkou tlakovou níží postupovala přes Pádkou nížinu severovýchodním směrem. Postupně se přízemní tlaková níže prohlubovala, oblačný systém mohutněl a srážky zesilovaly. Pásmo vydatných srážek se pak přesouvalo přes severní Itálii nad Bavorsko a Rakousko. Dne 6. srpna začalo v odpoledních hodinách silně a vytrvale pršet v jižních Čechách, místy se vyskytovaly i přívalové srážky. Dešť byl přitom orograficky výrazně zesilován návětrnými efekty, což se projevilo zejména při severovýchodním proudění na návětrné straně Šumavy a Novohradských hor (viz obr. 1.8). Fronta spolu se srážkovým pásmem se pak udržovala během 7. srpna nad jižními Čechami téměř bez pohybu a až ve večerních hodinách se tlaková níže začala přesouvat přes Balkán nad západní Turecko. Srážková činnost na území České republiky pak již postupně slábala.

Tabulka 1.1. Denní úhrny srážek ve vybraných srážkoměrných stanicích v době od 6. 8. do 15. 8. 2002

Stanice	Okres	Výška [m n. m.]	Úhrn srážek [mm] ve dnech ¹⁾										
			6. 8.	7. 8.	8. 8.	9. 8.	10. 8.	11. 8.	12. 8.	13. 8.	14. 8.	15. 8.	6.–15. 8.
Lodhéřov	Jindřichův Hradec	528	38,0	18,7	98,0	0,0	0,0	11,0	90,0	15,7	0,0	0,0	271,4
Pohorská Ves	Český Krumlov	750	97,2	180,5	3,1	0,0	0,0	44,4	114,5	10,8	0,0	0,0	450,5
Staré Hutě	České Budějovice	792	101,4	152,9	27,1	0,0	0,0	35,2	107,4	9,1	0,0	0,0	433,1
Slavkov	Český Krumlov	777	65,6	64,0	1,7	0,0	0,0	157,4	54,7	0,0	0,0	0,0	343,4
Chudenice	Klatovy	494	34,8	30,8	0,1	0,0	73,6	28,4	79,4	2,0	0,0	0,0	249,1
Bílá-Hlavatá	Frýdek-Místek	770	0,0	4,8	0,0	14,4	6,8	21,9	13,0	44,2	36,2	39,4	180,7
Nýdek	Frýdek-Místek	400	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	8,8	1,8	33,0	98,0	18,5	166,6
Zlaté Hory	Jeseník	420	0,0	0,0	0,0	44,5	23,6	8,4	6,8	63,0	8,0	0,2	154,5
Knajpa	Jablonec nad Nisou	967	1,6	3,6	0,0	0,9	1,6	8,9	75,6	278,0	4,8	0,0	0,0
Cínovec	Území SRN	882	5,0	14,0	6,0	0,0	0,0	68,0	312,0	26,0	1,0	1,0	433,0

¹⁾ Nejvyšší naměřený úhrn je zvýrazněn.

Tabulka 1.2. Průměrné měsíční úhrny srážek v červenci 1997 a v srpnu 2002 v bývalých administrativních oblastech a jejich porovnání s dlouhodobými normály

Oblast	Červenec 1997		Srpen 2002	
	úhrn [mm]	% normálu	úhrn [mm]	% normálu
Středočeský kraj	138	181	162	213
Jihočeský kraj	171	176	298	307
Západočeský kraj	109	129	219	261
Severočeský kraj	140	169	163	196
Východočeský kraj	285	314	156	171
Jihomoravský kraj	241	294	121	148
Severomoravský kraj	384	349	128	116
Čechy	171	199	202	235
Morava a Slezsko	301	317	124	131
Česká republika	214	240	176	198

Prostorové a časové rozdělení srážek

Trvalé srážky zasáhly hlavně pohraniční pásmo jižních Čech a Rakouska. V oblasti Novohradských hor a na Českokrumlovsku spadlo za dva dny 130 až 250 mm srážek. Také v západních Čechách a na jižní Moravě v povodí Dyje se vyskytovaly značně velké srážkové úhrny mezi 60 až 130 mm. Nejvyšší denní srážkový úhrn byl 6. srpna zaznamenán ve stanici Staré Hutě (okres České Budějovice) 101 mm a dne 7. srpna ve stanici Pohorská Ves (okres Český Krumlov) 181 mm.

Celkové úhrny srážek za období od 6. do 7. srpna ukazuje mapa na [obr. 1.5](#).

Srážková činnost v období od 8. do 10. srpna 2002

Trvalé srážky dočasně ustaly, vyskytovaly se pouze lokální lijáky a bouřky s denními úhrny srážek od 30 do 60 mm. Vyšší úhrny srážek vykazovaly 8. srpna stanice Lodhěřov v jižních Čechách (98 mm) a Luby u Chebu (68 mm), 9. srpna ve Zlatých horách (Hrubý Jeseník) a 10. srpna v Chudenicích v západních Čechách, kde spadlo 45 mm.

Druhá vlna srážek v období od 11. do 13. srpna 2002

Hydrosynoptické příčiny

V prostoru Atlantiku západně od Britských ostrovů se vytvořila již 9. srpna tlaková níže a postupovala jihovýchodním směrem. Při přechodu nad pevninu výrazně zeslábla. Její fronty však oživily přeháňkovou, místy bouřkovou činností, převážně v jižním Německu a také ve východním Švýcarsku (MKOL, 2004). Dne 10. srpna se nacházel tento systém front již v západním Středomoří, kde se nad teplým povrchem moře vyvinula mohutná konvektivní oblačnost (viz [obr. 1.16](#)). Z výrazné brázd nízkého tlaku se pak ve frontálním systému nad Itálií vytvořila nová tlaková níže nad Janovským zálivem. Přitom teplotní kontrast na odpovídajícím frontálním systému zesílil.

Během 11. srpna již začala uzavřená tlaková níže zvolna postupovat k severovýchodu, později v důsledku blokující tlakové výše nad východní Evropou k severu. Okluzní fronta spojená s touto níží se přibližovala od jihu až jihovýchodu k českým hranicím. Její srážková oblast začala ovlivňovat

území České republiky v poledních hodinách 11. srpna (viz [obr. 1.18](#)) a rozšiřovala se postupně k severozápadu. Trvalé srážky byly mimořádně vydatné, ojediněle se vyskytly i bouřky. Dne 12. srpna se nacházel střed přízemní tlakové níže nad jižní částí českého území. V jejím teplém sektoru dosahovaly teploty hodnot nad 20 °C, zatímco do jejího týlu pronikal chladný vzduch s teplotami 7 až 10 °C přes západní Evropu až do oblasti východně od Alp. Tomuto stadiu rozvoje výrazné tlakové níže odpovídala i mimořádná vydatnost a objem spadlých dešťových srážek. Do ranních hodin 12. srpna postoupila okluzní fronta na linii „jižní – střední – severní“ Čechy. V dalším vývoji určeném postupem tlakové níže k severu se okluzní fronta začala vracet zpět k východu. V důsledku toho byla část území Čech postižena intenzivními srážkami po poměrně dlouhou dobu. Navíc srážkovou činností zesilovaly v zasažených horských pásmech výrazné návětrné efekty. Do půlnoci 13. srpna se tlaková níže přesunula nad Polsko, kde se začala pozvolna vyplňovat. Do střední Evropy se začal rozšiřovat od západu výběžek vyššího tlaku a srážková oblast se přesunula z Čech na Moravu a do Slezska; 14. srpna se vyskytovaly významnější srážky pouze v Beskydech.

Prostorové a časové rozdělení srážek

Dne 11. srpna se nejvyšší srážky vyskytly v oblasti jižních Čech, zejména Šumavy a Pošumaví, kde jejich úhrny dosahovaly hodnot až do 130 mm. Srážky s úhrny přes 20 mm však zasáhly celé západní a jižní Čechy, jihozápad středních Čech a jižní Moravu. Maximum bylo zaznamenáno na stanici Slavkov v jižních Čechách – 157 mm.

Dne 12. srpna již byla postižena silnými srážkami celá západní polovina Čech, Jizerské hory a Českomoravská vrchovina. Naměřené úhrny se pohybovaly od 20 do 60 mm, ojediněle až do 130 mm. Maximální hodnoty byly zjištěny ve střední a východní oblasti Krušných hor, kde se denní úhrny pohybovaly mezi 150 a 200 mm, v oblasti okolo Cínovce až okolo 300 mm. Nejvyšší úhrny byly naměřeny na stanicích v Cínovci (312 mm) a v Českém Jiřetíně-Flájích (227 mm). Dne 13. srpna se srážky přesunuly do východních Čech a na Moravu. Nejvyšší úhrny spadly v Jizerských horách (250 až 280 mm).

Tabulka 1.3. Průměrné plošné výšky srážek v krajích České republiky v době od 6. 8. do 15. 8. 2002

Kraj	Plocha [km ²]	Úhrn srážek v mm ve dnech ¹⁾										
		6. 8.	7. 8.	8. 8.	9. 8.	10. 8.	11. 8.	12. 8.	13. 8.	14. 8.	15. 8.	6.–15. 8.
Středočeský a Praha	11510	8,4	13,4	1,1	0,1	0,1	24,9	50,1	13,7	0,2	0,7	112,7
Jihočeský	10050	51,5	55,1	2,6	0,2	0,6	45,4	70,2	4,3	0,1	0,1	230,1
Plzeňský	7553	31,3	38,9	1,7	0,4	3,9	32,7	68,4	0,5	0,1	0,3	178,2
Karlovarský	3301	18,2	15,3	6,2	0,0	4,1	33,1	48,1	0,3	0,1	0,1	125,5
Ústecký	5328	5,7	3,0	1,6	0,0	0,1	24,8	76,0	9,8	0,1	0,4	121,5
Liberecký	3143	4,1	2,0	0,0	0,5	0,9	7,4	29,7	55,7	0,2	0,1	100,6
Královéhradecký	4738	0,6	0,0	0,0	0,8	2,6	9,9	14,8	33,1	3,9	0,3	66,0
Pardubický	4521	0,1	1,1	0,0	1,4	0,9	19,0	8,8	52,0	3,6	0,1	87,0
Vysočina	6929	23,7	9,2	0,3	2,4	0,0	24,6	42,0	32,2	0,4	0,2	135,0
Jihomoravský	7036	13,4	3,9	0,0	0,7	0,0	31,5	8,8	21,7	1,8	0,2	82,0
Olomoucký	5120	0,6	1,2	0,0	2,8	1,6	21,8	4,7	39,3	5,1	0,8	77,9
Moravskoslezský	5509	0,1	0,2	0,0	5,7	2,9	17,9	2,7	25,9	16,4	4,9	76,7
Zlínský	3939	0,5	1,2	0,1	2,0	0,3	23,1	3,9	29,7	8,9	4,0	73,7

¹⁾ Maximální úhrn pro daný kraj je zvýrazněn.

Srážky s úhrny od 80 až do 100 mm byly zaznamenány i v Orlických horách a Hrubém Jeseníku, v oblasti Žďárských vrchů a na horním povodí Sázavy. Maximum 278 mm naměřila toho dne stanice Knajpa v experimentálním povodí ČHMÚ v Jizerských horách.

Celkové úhrny srážek za období od 11. do 13. srpna 2002 ilustruje mapa na **obr. 1.6**.

1.4 Plošné výšky a objemy spadlých srážek

Mohutný objem srážek, které spadly od 6. do 15. srpna na území České republiky, lze v porovnání s jinými extrémními případy ve známé historii srážkoměrných pozorování řadit k výjimečným atmosférickým událostem. Není však ojedinělý. Z případů ve dvacátém století je srovnatelný se srážkami, které způsobily povodňovou katastrofu v roce 1997

Tabulka 1.4. Objemy spadlých srážek v krajích České republiky v době od 6. 8. do 15. 8. 2002

Kraj	Plocha [km ²]	Objem vody v miliardách m ³ ve dnech ¹⁾²⁾										
		6. 8.	7. 8.	8. 8.	9. 8.	10. 8.	11. 8.	12. 8.	13. 8.	14. 8.	15. 8.	6.–15. 8.
Středočeský a Praha	11510	0,097	0,154	0,013	0,001	0,001	0,287	0,577	0,158	0,002	0,008	1,297
Jihočeský	10050	0,518	0,554	0,026	0,002	0,006	0,456	0,706	0,043	0,001	0,001	2,313
Plzeňský	7553	0,236	0,294	0,013	0,003	0,029	0,247	0,517	0,004	0,001	0,002	1,346
Karlovarský	3301	0,060	0,051	0,020	0,000	0,014	0,109	0,159	0,001	0,000	0,000	0,414
Ústecký	5328	0,030	0,016	0,009	0,000	0,001	0,132	0,405	0,052	0,001	0,002	0,647
Liberecký	3143	0,013	0,006	0,000	0,002	0,003	0,023	0,093	0,175	0,001	0,000	0,316
Královéhradecký	4738	0,003	0,000	0,000	0,004	0,012	0,047	0,070	0,157	0,018	0,001	0,313
Pardubický	4521	0,000	0,005	0,000	0,006	0,004	0,086	0,040	0,235	0,016	0,000	0,393
Vysočina	6929	0,164	0,064	0,002	0,017	0,000	0,170	0,291	0,223	0,003	0,001	0,935
Jihomoravský	7036	0,094	0,027	0,000	0,005	0,000	0,222	0,062	0,153	0,013	0,001	0,577
Olomoucký	5120	0,003	0,006	0,000	0,014	0,008	0,112	0,024	0,201	0,026	0,004	0,399
Moravskoslezský	5509	0,001	0,001	0,000	0,031	0,016	0,099	0,015	0,143	0,090	0,027	0,423
Zlínský	3939	0,002	0,005	0,000	0,008	0,001	0,091	0,015	0,117	0,035	0,016	0,290

¹⁾ Maximální objem pro daný kraj je zvýrazněn.

²⁾ 1 miliarda m³ = 1 km³ vody

v povodí Moravy, Odry a horního Labe, viz **tab. 1.2**. Z abnormálně srážkově zatížených oblastí v Čechách byla v srpnu 2002 zřetelně nejvíce zasažena jejich jižní část. Dosažený měsíční úhrn zde představoval 307 % dlouhodobého normálu. U obdobně postižené oblasti – severní Moravy – v červenci 1997 se příslušný měsíční úhrn však rovnal až 349 % normálu. Nelze tedy tvrdit, že srpnové extrémní srážky v roce 2002 nemají obdoby.

Celkový objem srážek v povodí Labe dosáhl téměř 9,7 miliardy m³ vody. Z toho nejvíce srážek spadlo v Jihočeském, Plzeňském a Středočeském kraji (viz **tab. 1.3** a **1.4**). Při první vlně srážek 6. až 7. srpna činil jejich objem 2,4 miliardy m³, při druhé vlně 11. až 13. srpna spadlo téměř až třikrát větší množství srážek, tj. 6,7 miliardy m³. Zbytek 0,6 miliardy m³ připadl na mezidobí.

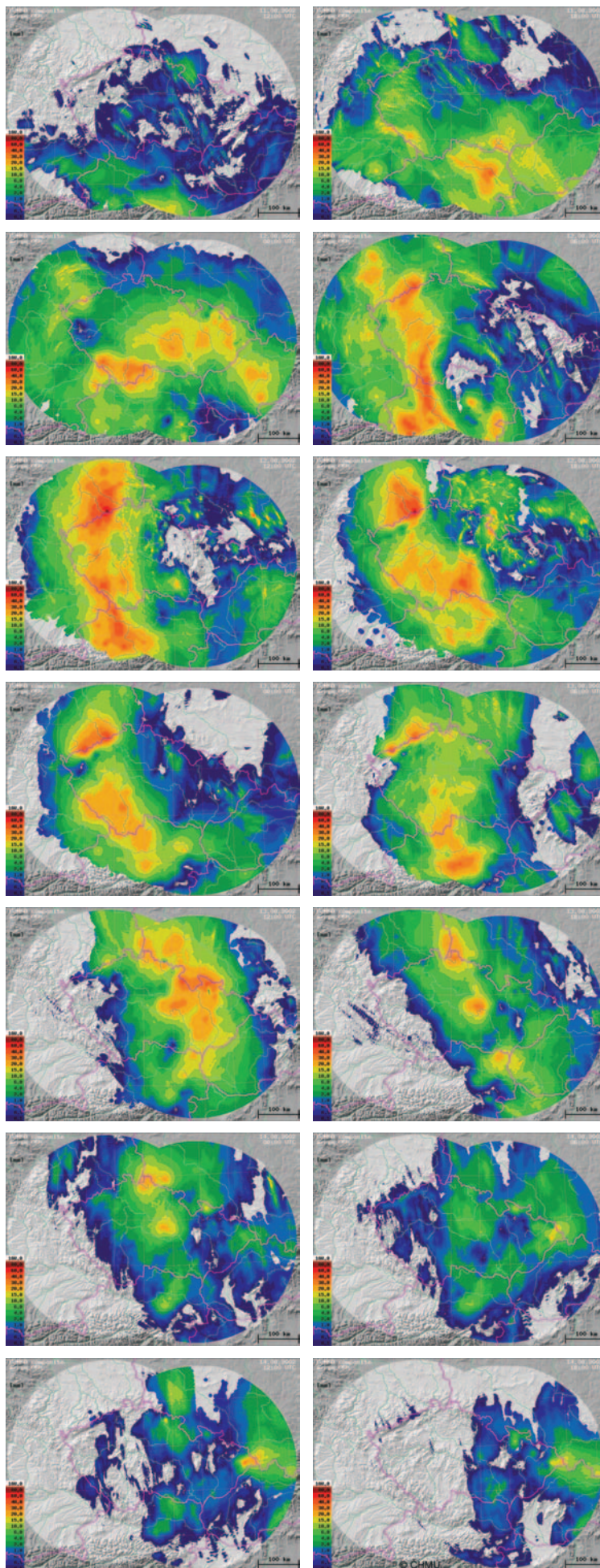
1.5 Detekce příčinných srážek podle radarových snímků

Pole srážek je velmi proměnlivé v čase i prostoru. Pro detailní vystižení jeho složité topologie by musela být k dispozici velmi hustá srážkoměrná síť, což by bylo ekonomicky neúnosné. Strukturu srážkového pole je však schopen přibližně identifikovat téměř v bezprostředním čase meteorologický radar. Kvantitativní radarové odhady srážek jsou ale z různých důvodů méně přesné než srážkoměrná pozorování.

Princip detekce srážek radarem je založen na vysílání krátkých elektromagnetických pulzů o vysoké energii do atmosféry. Množství energie odražené od oblaků a srážek přijímané anténním systémem umožňuje pak s využitím složitých zákonů o šíření a rozptylu elektromagnetické energie v atmosféře zjišťovat plošný rozsah a rychlost pohybu oblaků, jejich horní hranici a rozložení intenzity odrazivosti. Čím je větší odrazivost a čím vyšší hranice oblačnosti, tím větší je pravděpodobnost vypadávání intenzivních srážek.

Odhady srážek z meteorologických radarů (v ČR z radarů Brdy a Skalky) jsou počítány pro časové intervaly 1, 3, 6, 12 a 24 hodin. Obdobně jako v případě rozsáhlých dešťů při katastrofální povodni v roce 1997 na Moravě bylo i v srpnu 2002 pozorováno výrazné zvětšení chyby radarového odhadu v horských oblastech. Zejména k tomu docházelo při velkoplošných srážkách a vyšších rychlostech větru. Příčinou je, že podstatná část orografického zesilování srážek probíhá pod úrovní nejnižšího použitelného radarového paprsku a zůstává tedy pro radar skryta.

O tom, jak důležitou roli hraje orografické zesilování srážek, svědčí výsledky analýzy, kterou provedla Německá meteorologická služba v souvislosti se srpnovou povodní v roce 2002 pro oblast Krušných hor (MKOL, 2004). Na základě různých podkladů (srovnávací rozbor srážkoměrných údajů, srážkové situace zachycené radarem, detekce blesků aj.) němečtí meteorologové odhadli, že na průběhu srážkové činnosti se



Obr. 1.25. Kombinované šestihodinové odhady srážek z meteorologických radarů a srážkoměrných stanic ČHMÚ od 12.00 hodin 11. srpna do 18.00 hodin 14. srpna 2002

Tabulka 1.5. Historické extrémní jednodenní, dvoudenní a třídenní úhrny srážek (18 největších hodnot) na území České republiky

Trvání [dny]	Pořadí	Srážky [mm] ¹⁾	Datum výskytu ²⁾	Stanice	Výška [m n. m.]	Oblast
1	1	345,1	29. 7. 1897	Nová Louka	780	Jizerské hory
1	2	312,0	12. 8. 2002	Cínovec	882	Krušné hory
1	3	300,0	29. 7. 1897	Jizerka	970	Jizerské hory
1	4	278,0	13. 8. 2002	Knajpa	967	Jizerské hory
1	5	271,1	13. 8. 2002	Smědavská hora	1006	Jizerské hory
1	6	266,2	29. 7. 1897	Pec pod Sněžkou	812	Krkonoše
1	7	260,9	6. 7. 1997	Studniční hora	1531	Krkonoše
1	8	247,8	13. 8. 2002	Jizerská	1000	Jizerské hory
1	9	240,2	9. 7. 1903	Nová Červená Voda	310	Hrubý Jeseník
1	10	239,0	29. 7. 1897	Sněžka	1603	Krkonoše
1	11	233,8	6. 7. 1997	Lysá hora	1324	Moravskoslezské Beskydy
1	12	230,2	6. 7. 1997	Šance	509	Moravskoslezské Beskydy
1	13	226,8	12. 8. 2002	Český Jiřetín-Fláje	790	Krušné hory
1	14	226,5	25. 7. 1960	Řečice	x	Moravskoslezské Beskydy
1	15	223,4	19. 7. 1997	Studniční hora	1531	Krkonoše
1	16	221,0	9. 7. 1903	Rejvíz	757	Hrubý Jeseník
1	17	220,7	12. 8. 2002	Klíný	820	Krušné hory
1	18	220,5	5. 9. 1915	Jizerka	970	Jizerské hory
2	1	380,0	11. 8. 2002	Cínovec	882	Krušné hory
2	2	371,2	20. 8. 1972	Lysá hora	1324	Moravskoslezské Beskydy
2	3	370,2	20. 8. 1972	Nýdek	435	Moravskoslezské Beskydy
2	4	365,0	20. 8. 1972	Šance	509	Moravskoslezské Beskydy
2	5	358,8	6. 7. 1997	Zlaté Hory	757	Hrubý Jeseník
2	6	356,0	6. 7. 1997	Jeseník	456	Hrubý Jeseník
2	7	353,6	12. 8. 2002	Knajpa	967	Jizerské hory
2	8	348,9	6. 7. 1997	Vidly	781	Hrubý Jeseník
2	9	339,0	6. 7. 1997	Lysá hora	1324	Moravskoslezské Beskydy
2	10	338,0	12. 8. 2002	Cínovec	882	Krušné hory
2	11	335,5	12. 8. 2002	Smědavská hora	1006	Jizerské hory
2	12	329,4	6. 7. 1997	Šance	509	Moravskoslezské Beskydy
2	13	323,9	6. 7. 1997	Staré Město-Kunčice	658	Hrubý Jeseník
2	14	306,5	7. 7. 1997	Šance	509	Moravskoslezské Beskydy
2	15	305,4	6. 7. 1997	Heřmanovice	652	Hrubý Jeseník
2	16	301,8	11. 8. 2002	Český Jiřetín-Fláje	790	Krušné hory
2	17	301,0	20. 8. 1972	Čeladná	510	Moravskoslezské Beskydy
2	18	300,9	3. 7. 1958	Bedřichov	777	Jizerské hory
3	1	536,7	6. 7. 1997	Šance	509	Moravskoslezské Beskydy
3	2	509,7	6. 7. 1997	Lysá hora	1324	Moravskoslezské Beskydy
3	3	450,2	6. 7. 1997	Morávka	532	Moravskoslezské Beskydy
3	4	444,0	5. 7. 1997	Jeseník	456	Hrubý Jeseník
3	5	441,2	5. 7. 1997	Zlaté Hory	757	Hrubý Jeseník

Trvání [dny]	Pořadí	Srážky [mm] ¹⁾	Datum výskytu ²⁾	Stanice	Výška [m n. m.]	Oblast
3	6	431,1	5. 7. 1997	Vidly	781	Hrubý Jeseník
3	7	412,4	20. 8. 1972	Lysá hora	1324	Moravskoslezské Beskydy
3	8	406,2	20. 8. 1972	Nýdek	435	Moravskoslezské Beskydy
3	9	406,0	11. 8. 2002	Cínovec	882	Krušné hory
3	10	404,2	6. 7. 1997	Vidly	781	Hrubý Jeseník
3	11	403,0	6. 7. 1997	Morávka	541	Moravskoslezské Beskydy
3	12	400,3	5. 7. 1997	Lysá hora	1324	Moravskoslezské Beskydy
3	13	399,5	20. 8. 1972	Šance	509	Moravskoslezské Beskydy
3	14	398,4	6. 7. 1997	Frenštát pod Radhoštěm	408	Moravskoslezské Beskydy
3	15	395,0	6. 7. 1997	Jeseník	456	Hrubý Jeseník
3	16	395,0	6. 7. 1997	Zlaté Hory	757	Hrubý Jeseník
3	17	394,8	5. 7. 1997	Šance	509	Moravskoslezské Beskydy
3	18	394,7	5. 7. 1997	Staré Město-Kunčice	658	Hrubý Jeseník

¹⁾ Úhrny naměřené v roce 2002 jsou zvýrazněny.

²⁾ U vícedenních úhrnů srážek se uvádí datum prvního dne výskytu.

zde podílely cca ze 30 % plošné srážky, z 10 % konvektivní srážky (přeháňky, bouřky) a ze 60 % orografické zesílení (platné pro středohoří).

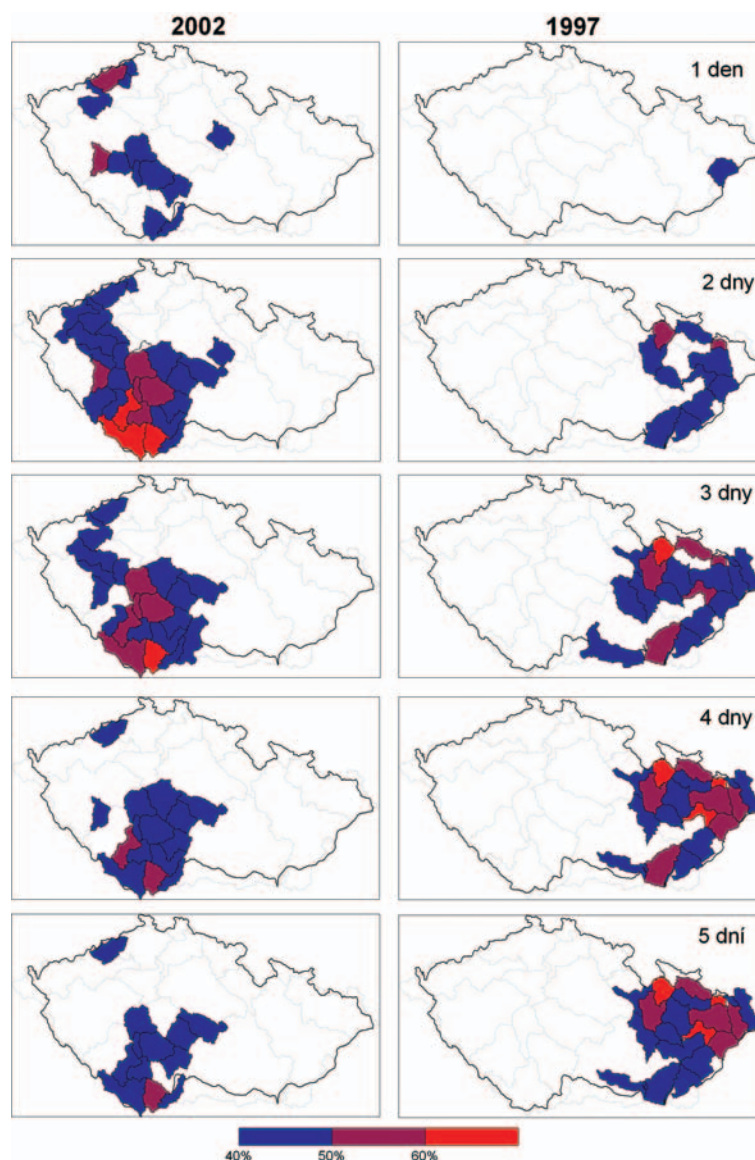
Ke zlepšení kvantitativního odhadu srážek byly vyvinuty opravné procedury, které zahrnují korekturu na vertikální profil odrazivosti, adjustaci čili kombinaci se srážkoměrnými měřeními. Na obr. 1.25 je uveden příklad kombinovaného odhadu srážek z meteorologických radarů ČHMÚ (na vrchu Praha v Brdech a na vrchu Skalky na Dražanské vysočině) a z pozemní sítě srážkoměrných stanic.

Ani tyto kombinované odhady srážek však nejsou schopny zejména v horských oblastech a v případě velkoplošných srážek s orografickým zesilováním nahradit měření z husté srážkoměrné sítě. Nedostatečná schopnost zachycení orografického ovlivnění srážek meteorologickým radarem byla výrazně patrná při srpnové povodni v Krušných a Jizerských horách, ale i v Krkonoších, které jsou vzdáleny od radaru ČHMÚ okolo 150 km, což je již považováno za mezní vzdálenost použitelnou k radarovému odhadu srážek.

1.6 Extremita srážek v srpnu 2002

Srovnání srpnových srážek s historicky zaznamenanými srážkovými rekordy obsahuje tab. 1.5. Je v ní zřehledněno pořadí 18 maximálních jednodenních srážek za období 1879–2002 a maximálních vícedenních úhrnů za období 1961–2002. Je patrné, že nejvyšší denní úhrny se vyskytují ve vyšších polohách na severu České republiky, zejména v Jizerských horách, Krušných horách, Moravskoslezských Beskydech a v Hrubém Jeseníku.

Obr. 1.26. Poměr plošné srážkové výšky na povodích III. řádu a plošného odhadu PMP pro doby trvání 1–5 dní ve srážkových obdobích z července 1997 a srpna 2002



Z těchto prostorů typických pro výskyt srážkových extrémů nevybočily ani nejvyšší denní úhrny srážek naměřené v srpnu 2002. Pozměnily však dříve platné pořadí zejména na předních pozicích žebříčku historických maxim. U dvoudenních maximálních úhrnů srážek byl naměřen během dnů 11.–12. 8. 2002 nový rekord při hodnotě úhrnu 380 mm ve stanici Cínovec.

Vícedenní rekordní úhrny srážek se vyskytují především na severní Moravě, v Moravskoslezských Beskydech a Hrubém Jeseníku. Pořadí těchto historických srážek se po porovnání se srpnovými úhrny příslušného trvání již příliš nezměnilo, protože za této povodně převládalo u souvislých příčinných srážek ponejvíce dvoudenní trvání.

Pro hodnocení extremity srážek bylo provedeno porovnání úhrnů srážek naměřených v síti srážkoměrných stanic v průběhu povodňové situace oproti úhrnům 100letých srážek (s průměrnou dobou opakování 100 let). Podkladem k tomu byly mapy úhrnů 100letých srážek, které pro různá trvání srážek pro území České republiky zpracovala klimatologická služba ČHMÚ. Dne 6. srpna 2002 se v jižních a jihozápadních Čechách vyskytovaly srážky rovnající se 0,4 až 0,6násobku své 100leté hodnoty s výjimkou Novohradských hor, kde byla úroveň 100leté srážky již dosažena.

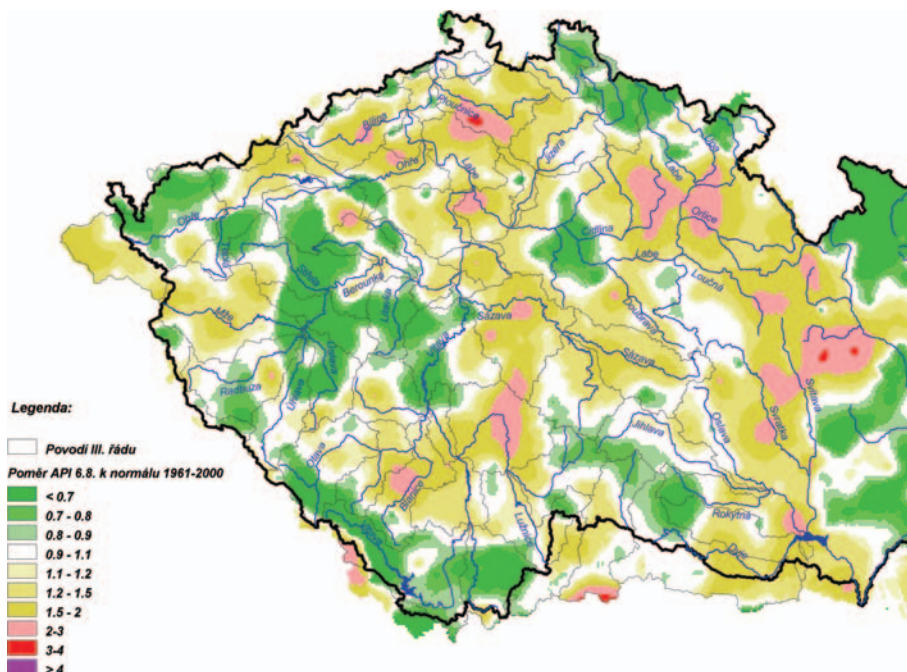
Dne 7. srpna se na většině území jižních a západních Čech tyto násobky pohybovaly mezi 0,4 a 0,6 s výjimkou příhraničních oblastí s Rakouskem, kde byly 100leté hodnoty srážek překročeny až 1,6krát.

Extremita srážek v průběhu jejich druhé vlny vzrostla. Dne 11. srpna byly na Šumavě překročeny 100leté hodnoty srážek až 1,6krát. Dne 12. srpna se v celé západní polovině Čech vyskytovaly srážky na úrovni 0,6 až 0,9 svých násobků. Na řadě míst však byly tyto 100leté hodnoty dosaženy anebo výrazně překročeny, nejvíce v hřebenové části Krušných hor. V okolí Cínovce šlo až o trojnásobek 100leté srážky. V Jihočeském kraji, v okolí Plzně a v oblasti Novohradských hor byly 100leté srážky překročeny 1,6krát. Dne 13. srpna byly dosaženy hodnoty 100letých srážek v Lužických horách, v Jizerských horách a v severovýchodních partiích Českomoravské vysočiny.

Z tohoto prostorového přehledu vyplývá, že extrémní srážky se vyskytovaly v těch partiích horských oblastí, kde docházelo k jejich zesilování v důsledku návětrných účinků na horských svazích.

1.7 Porovnání množství příčinných srážek v srpnu 2002 s pravděpodobnou maximální srážkou

Podle Světové meteorologické organizace je pravděpodobná maximální srážka (PMP) definována jako: „... maximální meteorologicky možný srážkový úhrn pro oblast dané velikosti a dané geografické polohy, pro danou dobu během roku a pro dané trvání srážkové události. Odhad PMP nebere v úvahu možnou klimatickou změnu.“ Hodnoty PMP je



Obr. 1.27. Poměr ukazatele předcházejících srážek (API_{30}) ze dne 6. srpna 2002 k normálu

tedy nutné považovat za odhad horní meze extrémních srážek. Pro vybraná povodí provedl Ústav fyziky atmosféry Akademie věd České republiky v roce 2002 odhad hodnot PMP, který byl porovnán s maximálními úhrny srážek v srpnu 2002 a v červenci 1997 (viz [obr. 1.26](#)).

Toto hodnocení přineslo řadu cenných poznatků:

- Srážky zjištěné v roce 2002 pro zasažená povodí různé velikosti a dané trvání dosahovaly maximálně 68 % hodnot PMP. Největší relativní hodnoty vykazovalo povodí Vltavy po Malši a celé povodí Malše, a to pro srážky s dvoudenním a třídenním trváním.
- Podobné relativní hodnoty vzhledem k PMP byly obdrženy pro srážky v povodích Moravy a Odry z července 1997, přičemž absolutní hodnoty PMP jsou pro tato povodí větší než pro jižní a střední Čechy. Maximální relativní hodnoty byly zjištěny u srážek čtyřdenních a pětidenních, tzn. s delším trváním než u srážek ze srpna 2002 ([obr. 1.26](#)).
- Bodové hodnoty srážek v srpnu 2002 překonaly pouze v jednom případě odhad PMP pro danou lokalitu. Šlo o již zmíněnou stanici Cínovec, kde 12. srpna dosáhla denní srážka hodnoty 312 mm, zatímco odhad PMP byl stanoven na 277 mm. Z toho vyplývá, že bude nutné zpřesnit hodnoty PMP v hraničních oblastech s využitím měření z příhraničních oblastí okolních států.
- Plošné srážkové úhrny z povodně v roce 2002 jsou poměrně hluboko pod úrovní odhadů příslušných PMP. I když se uváží nepřesnost v odhadu PMP, vyplývá z dosavadních výsledků, že srážky vyšší než v srpnu 2002 jsou reálně možné.

1.8 Bilance vlivu předcházející srážkové činnosti na vývoj nasycenosti v povodí

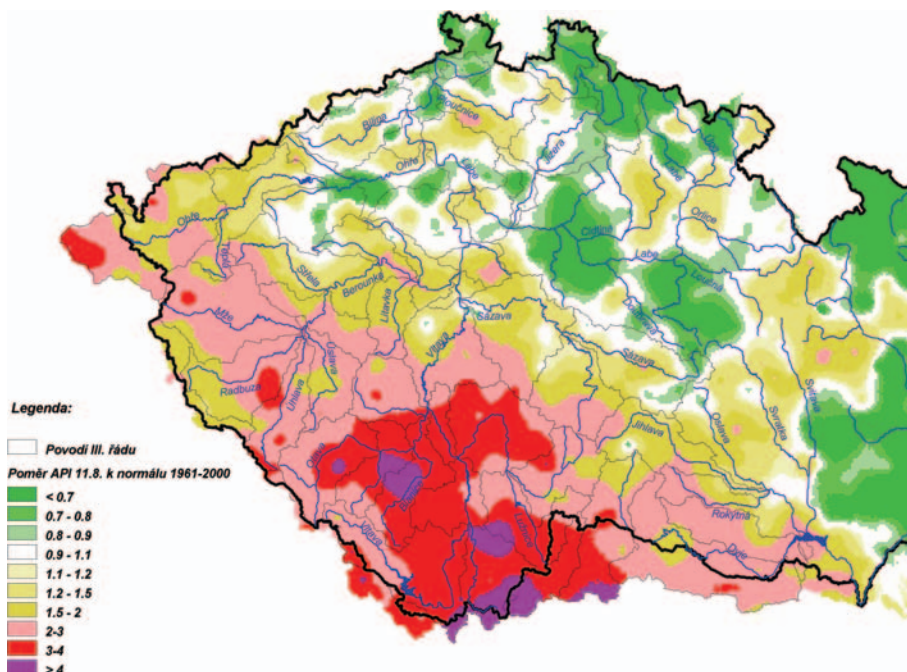
Pro posouzení nasycenosti povodí, a tím i pro odhad jeho aktuální schopnosti zadržet vsakem dočasně další srážky byl použit ukazatel předcházejících srážek (v odborné literatuře často označovaný vžitou zkratkou API z anglických publikací). Podstatou API_{30} je bilance srážek spadlých 30 dnů před výskytem příčinného deště, přičemž významnost

časově vzdálenějších srážek má nižší váhu, která se určuje na základě exponenciálního zákona o vyčerpávání vody z povodí.

Hodnoty API_{30} byly vypočítány podle údajů ze sítě srážkoměrných stanic jednak pro den 6. srpna 2002, který je počátkem první srážkové epizody, a pro 11. srpen 2002, od kdy se datuje počátek druhé vlny srážek. Výsledky byly pak plošně interpolovány pomocí technologií GIS. Pro účely porovnání vypočtených hodnot byly odvozeny ze srážkových řad použitých stanic z období 1961–2000 normály hodnot API_{30} rovněž pro dny 6. a 11. srpna. Výsledky porovnání aktuálních hodnot API_{30} s normálem platným pro tyto dny znázorňují mapy na [obr. 1.27](#) a [1.28](#).

Před první vlnou srážek se nasycenost povodí pohybovala většinou od 80 do 120 % normálu. Před nástupem druhé vlny se zvětšila v jižních a západních Čechách na 200 až 400 % normálu.

Nejvíce nasycena byla před druhou srážkovou epizodou povodí horní Vltavy, Malše, Lužnice, Otavy, Blanice a horní Dyje (v Rakousku), přičemž právě na jejich plochu spadly nejvydatnější srážky i v průběhu druhé povodňové epizody.



Obr. 1.28. Poměr ukazatele předcházejících srážek (API_{30}) ze dne 11. srpna 2002 k normálu

Celkově lze konstatovat, že v oblastech, kde spadly významné srážky v první vlně, se nasýtily jednotlivá povodí do té míry, že jejich přirozená retenční schopnost byla téměř vyčerpána, nebo velmi podstatně zmenšena.

2 HYDROLOGICKÉ HODNOCENÍ PRŮBĚHU POVODNĚ

Mohutný objem srážek, který spadl během srpna 2002 na část území České republiky, způsobil extrémní odtokovou situaci. Škodlivost povodňového vývoje umocňoval, kromě mimořádné rozlohy a vydatnosti srážek, průběh ve dvou epizodách, které následovaly krátce za sebou s odstupem jen několika dnů. Přitom enormní množství vody spadlo v obou fázích víceméně na stejné území. Nepříznivé bylo i časové rozložení srážek, kdy větší úhrny druhé vlny padaly na značně nasycená povodí. Odtokové přívaly vysoce převyšovaly retenční schopnost krajiny a průtočnou kapacitu říčních sítí, takže docházelo k intenzivním rozlivům a rozsáhlým záplavám a často i k významným změnám v morfologii řečišť. Na mnoha místech vodní stavy a průtoky na tocích dosáhly nebo překročily největší dosud známé kulminační hodnoty za celé období pozorování.

Některé vodoměrné stanice byly úplně zničeny nebo poškozeny, u mnohých nebyl za povodně přístup k vodočetné lati, takže limnigrafické záznamy i odečtené vodní stavy mohly být zatíženy významnou odchylkou. Všeobecně nebyl znám ani průběh měrných křivek průtoků pro tak vysoké vodní stavy, jaké se vyskytovaly za této povodně. Vzhledem k velkým rychlostem vodního proudu, unášeným předmětům a nezřídka i v důsledku zaplavení vodoměrného profilu nebylo většinou možné zjišťovat průtoky klasicky pomocí hydrometrické vrtule. Tam, kde byly jen trochu únosné podmínky pro hydrometrické práce, se podařilo uskutečnit v době od 7. do 23. srpna 2002 více než 100 přímých měření průtoků. Mezi ně patřilo i mimořádně náročné měření, při němž byl 19. srpna 2002 při stavu

734 cm naměřen na Labi v Děčíně průtok $2\,180\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což je dosud největší průtok určený v České republice pomocí hydrometrické vrtule. Na Vltavě v Praze a na Berounce v Berouně, kde se nedal měřit průtok standardním způsobem, bylo provedeno několik měření povrchových rychlostí proudění pomocí plováků.

Vyhodnocení tak výjimečné povodně s ohledem na její extremitu, rozsah a následky vyžadovalo zvlášť důkladnou dokumentaci a mimořádný rozsah zpracování. Výsledné údaje a informace, kromě toho, že jsou východiskem pro celou řadu opatření k obnově krajiny, mají vliv i na další rozvoj povodňové ochrany, například na zdokonalování kritérií pro posuzování bezpečnosti vodních děl, volbu účinnějších protipovodňových opatření, upřesňování stupňů povodňové aktivity, na aktualizaci návrhových maximálních průtoků, tvorbu územních plánů, stanovování záplavových území a jejich aktivních zón, pojišťovací strategii atp.

K věrohodnému určení či ověření charakteristik povodňových průtoků a dalších charakteristik povodně bylo zapotřebí, zvlášť pokud podklady scházely, použít složitějších metod a přístupů, než se používají v běžné hydrologické praxi. Uplatnily se postupy hydraulického modelování, byly využity letecké snímky, objemy povodní byly bilancovány v poměru ke spadlým srážkám aj. Zpracování bylo zaměřeno především na nejvíce požadované údaje, tzn. kulminační průtoky a další charakteristiky povodňových vln, včetně informací o jejich střetávání se v soutokových profilech říční sítě, a to jak na velkých, tak i na malých tocích. Důležitý byl i rozbor vlivu nádrží na vývoj povodňové situace.

Tabulka 2.1. Hodnoty kulminačních stavů a průtoků první vlny povodně (Id = číslo v databance)

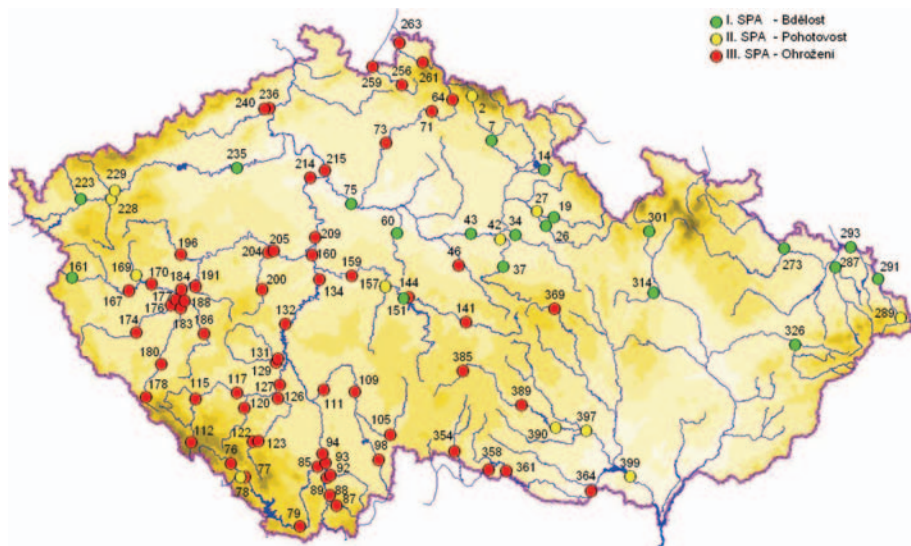
Id	Profil	Tok	Plocha povodí [km ²]	Qa* [m ³ .s ⁻¹]	Údaje k vyhodnocenému kulminačnímu průtoku					
					Den	Hodina	Stav [cm]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Specifický odtok [m ³ .s ⁻¹ .km ²]	N [roky]
1110	Břeží	Vltava	1824,6	20,0	8. 8.	5:00	266	332	0,182	20
1120	Kaplice	Malše	259,0	2,14	8. 8.	1:00	353	257	0,992	200–500
1125	Líčov	Černá	126,1	1,56	8. 8.	5:00	382	213	1,690	500
1126	Pořešín	Malše	437,9	4,05	8. 8.	2:00	457	434	0,992	500–1000
1130	Římov	Malše	494,8	4,42	8. 8.	5:00	396	414	0,837	200–500
1140	Pašínovice	Stropnice	398,7	2,45	8. 8.	18:00	426	182	0,457	200
1150	Roudné	Malše	961,2	7,26	8. 8.	9:00	446	562	0,585	200–500
1151	České Budějovice	Vltava	2847,6	27,6	8. 8.	9:00	548	888	0,312	500–1000
1290	Hamr nad Nežárkou	Nežárka	981,2	12,3	10. 8.	3:00	361	93,7	0,095	2
1310	Klenovice	Lužnice	3143	19,7	10. 8.	18:00	282	146	0,046	2–5
1330	Bechyně	Lužnice	4046,3	23,6	8. 8.	8:00	396	289	0,072	10
1380	Sušice	Otava	536,2	10,5	7. 8.	20:00	165	109	0,203	2–5
1430	Němětice	Volyňka	383,4	2,95	8. 8.	5:00	284	126	0,292	20–50
1450	Blanický Mlýn	Blanice	85,6	0,949	8. 8.	0:00	228	47,5	0,555	50
1500	Heřman	Blanice	839,6	4,65	8. 8.	23:00	272	191	0,228	50–100
1510	Písek	Otava	2912,8	23,4	8. 8.	23:00	527	558	0,192	20–50
1520	Dolní Ostrovec	Lomnice	390,7	1,67	8. 8.	8:00	210	41,1	0,105	5
1530	Varvažov	Skalice	366,8	1,50	8. 8.	21:00	169	23,1	0,063	1–2
1799	Lhota	Radbuza	1174,9	5,32	9. 8.	6:00	243	57,8	0,049	2
1801	České Údolí	Radbuza	1263,4	5,49	8. 8.	7:00	240	59	0,047	1–2
1820	Klatovy	Úhlava	338,8	3,44	8. 8.	6:00	290	28,8	0,085	
1830	Štěnovice	Úhlava	897,3	5,82	8. 8.	6:00	211	52,5	0,059	1–2
1860	Bílá Hora	Berounka	4015,6	20	9. 8.	2:00	362	155	0,039	1
1870	Koterov	Úslava	734,3	3,53	8. 8.	7:00	286	123	0,168	5–10
1880	Nová Huť	Klabava	358,8	2,15	8. 8.	12:30	205	41,7	0,116	2
1910	Liblín	Berounka	6454,3	30,1	8. 8.	18:30	297	378	0,059	2
1980	Beroun	Berounka	8283,8	35,6	9. 8.	5:00	332	367	0,044	2
2001	Praha-Chuchle	Vltava	26719,9	148	9. 8.	11:00	303	1540	0,058	5
2210	Ústí nad Labem	Labe	48556,9	293	10. 8.	20:00	653	1530	0,032	1–2
4290	Janov	Mor. Dyje	517,5	2,63	7. 8.	21:00	274	40	0,077	5
4300	Podhradí	Dyje	1750,7	8,50	8. 8.	18:00	337	183	0,104	5–10
4320	Vysočany	Želetavka	368,0	1,08	8. 8.	3:00	185	34,6	0,093	10

* průměrný roční průtok

2.1 Povodňová situace na větších ucelených povodích

Dvěma srážkovým vlnám odpovídal i vývoj povodňové situace ve dvou povodňových vlnách, z nichž druhá byla mnohem větší, viz [tab. 2.1](#) a [2.2](#).

Srpnová povodeň 2002 byla způsobena dlouhodobými vydatnými regionálními dešti, jejichž intenzita většinou nepřekročila 10 mm.h⁻¹, a jako katastrofální se proto projevila většinou na středních a velkých tocích. Jen na několika malých povodích, která byla zasažena srážkami o větší intenzitě (nad



Obr. 2.1. Přehled dosažení stupňů povodňové aktivity za povodně v srpnu 2002

10 mm.h⁻¹), se průtoky přiblížily úrovni dosud pozorovaných maximálních specifických odtoků v České republice.

U kulminačních průtoků je možné pozorovat tendenci ke zvětšování průměrné doby jejich opakování s růstem plochy povodí. K tomuto vývoji zpravidla dochází v důsledku střetávání se povodňových vln v soutokových uzlech říční sítě za situace, kdy sousední povodí zaústěných toků jsou současně zasažena plošně rozsáhlými a vytrvalými dešti. Tento průběh se zřetelně projevoval zejména ve druhé fázi srpnové povodňové situace.

Hydrologická situace v průběhu první povodňové vlny

Již první vlna srážek, při které na povodí Vltavy spadlo po profil jejího soutoku s Otavou 1,15 miliardy m³ vody, vyvolala poměrně velké povodně, zejména v oblasti jižních Čech. V povodích toků odvodňujících oblast Novohradských hor způsobily vydatné srážky katastrofální rozvodnění zejména na Malší a jejím přítoku Černé.

Povodňový odtok ze srážek spadlých v pramenné části povodí Vltavy na Šumavě byl zachycen převážně nádrží Lipno I.



Obr. 2.2. Protržená pískovna na horní Lužnici u obce Majdalena

Průtoková vlna na Vltavě však v další trati opět postupně narůstala, a to vlivem silně rozvodněných přítoků, zvláště u Českého Krumlova. Největší extremity dosáhla po soutoku s Malší v Českých Budějovicích, kde se její vrchol přibližoval hodnotě 1000letého průtoku. Dále po toku, následkem v té době méně rozvodněných větších přítoků (Lužnice, Otava, Sázava a Berounka) a v důsledku zadržetí velké části jejího objemu nádržemi Vltavské kaskády, již nedocházelo k jejímu výraznému zvětšování. Prahou protékala tato povodňová vlna s vrcholem již jen na úrovni neškodného 5letého průtoku. První srážková epizoda postihla částečně i povodí Dyje, kde vzniklou povodňovou vlnu zachytila nádrž Vranov.

Hydrologická situace v průběhu druhé povodňové vlny

Druhá vlna srážek započala v poledních hodinách 11. srpna a zasáhla podstatně větší území než vlna první, a to téměř celé povodí Vltavy až k Praze, přičemž nejvyšší úhrny srážek spadly opět v povodí horní Vltavy. Silné srážky se tentokrát vyskytly i na povodí Berounky, zejména na povodích jejích pravostranných přítoků. Vydatnými dešti bylo znovu postiženo i povodí Otavy a Lužnice. Srážky trvaly souvisle až do odpoledne 13. srpna.

Na povodí dolního toku Vltavy a také na povodí Sázavy se sice již tak silné srážky nevyskytovaly, ale podíl těchto povodí na celkovém povodňovém odtoku nebyl zanedbatelný. Celkem spadlo v povodí Vltavy po soutok s Labem 2,99 miliardy m³ vody. Srážková činnost postihla rovněž hřebenové partie Krušných a Jizerských hor, kde byly naměřeny úhrny, které se v místech s lokálně omezenými jádry extrémních srážek blížily rekordním hodnotám. Vydatné srážky spadly znovu na povodí horní Dyje.

První vlnou srážek silně nasycená povodí již nebyla schopna nové srážkové přívaly z druhé vlny zadržet, což vyvolalo na nejvíce postižených územích odtok s katastrofálním objemem i maximálními průtoky. Průtoky kulminovaly ve dnech 12. až 16. srpna, ponejvíce však v průběhu 13. srpna 2002. Objem druhé povodňové vlny na Vltavě byl tak velký, že jej nádrže Vltavské kaskády nemohly zachytit ani vrchol vlny zásadním způsobem snížit. Ke zmenšení kulminačního průtoku Vltavy za druhé vlny přispěly pouze nádrže Lipno I a Orlík. Nad Prahou došlo ke střetu kulminačních fází povodňových vln z Vltavy a Berounky, a tím ke vzniku katastrofální povodňové situace v hlavním městě. Povodeň, která nastala na dolním toku Berounky, je považována za historicky druhou největší zaznamenanou a vyhodnocenou povodeň (o něco větší byla povodeň v roce 1872).

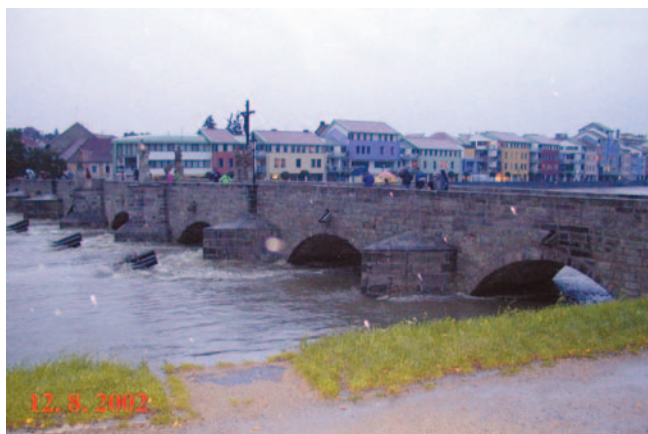
Tabulka 2.2. Hodnoty kulminačních stavů a průtoků druhé vlny povodně (Id = číslo v databance)

Id	Profil	Tok	Plocha povodí [km ²]	Q _a * [m ³ .s ⁻¹]	Údaje k vyhodnocenému kulminačnímu průtoku					
					Den	Hodina	Stav [cm]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Specifický odtok [m ³ .s ⁻¹ .km ²]	N [roky]
0490	Přemilov	Chrudimka	204,4	2,22	14. 8.	7:00	225	60,6	0,297	5–10
0590	Nemošice	Chrudimka	851,9	5,99	15. 8.	4:00	263	91,6	0,108	2–5
0640	Spačice	Doubrava	198,4	1,56	13. 8.	19:00	250	86	0,433	20–50
0660	Žleby	Doubrava	382,7	2,87	14. 8.	4:00	305	127	0,332	20
0845	Jablonec nad Jizerou	Jizera	181,0	5,70	13. 8.	17:00	377	202	1,116	10
0910	Železný Brod	Jizera	791,0	16,6	13. 8.	21:00	457	433	0,547	10–20
1018	Předměřice	Jizera	2158,4	24,3	15. 8.	4:00	497	270	0,125	2–5
1040	Brandýs nad Labem	Labe	13111,4	99,3	15. 8.	11:00	367	530	0,040	1–2
1090	Vyšší Brod	Vltava	998,6	13,4	13. 8.	9:00	370	265	0,266	20–50
1110	Břeží	Vltava	1824,6	20,0	13. 8.	10:00	410	706	0,387	> 1000
1120	Kaplice	Malše	259,0	2,14	13. 8.	7:00	350	250	0,965	200–500
1125	Líčov	Černá	126,1	1,56	13. 8.	6:00	357	178	1,412	200–500
1126	Pořešín	Malše	437,9	4,05	13. 8.	9:00	441	399	0,912	200–500
1130	Římov	Malše	494,8	4,42	13. 8.	8:00	413	449	0,907	500
1140	Pašínovice	Stropnice	398,7	2,45	13. 8.	5:00	492	250	0,627	1000
1150	Roudné	Malše	961,2	7,26	13. 8.	11:00	465	695	0,723	> 1000
1151	České Budějovice	Vltava	2847,6	27,6	13. 8.	14:00	652	1310	0,460	> 1000
1290	Hamr nad Nežárkou	Nežárka	981,2	12,3	14. 8.	4:00	474	220	0,225	100–200
1310	Klenovice	Lužnice	3143,0	19,7	15. 8.	17:00	529	625	0,199	> 1000
1330	Bechyně	Lužnice	4046,3	23,6	16. 8.	8:00	640	666	0,165	500–1000
1380	Sušice	Otava	536,2	10,5	12. 8.	17:00	287	350	0,652	100
1430	Němětice	Volyňka	383,4	2,95	12. 8.	16:00	321	199	0,519	200
1450	Blanický	Blanice	85,6	0,949	12. 8.	8:00	334	202	2,360	> 1000
1500	Heřman	Blanice	839,6	4,65	13. 8.	1:00	427	443	0,528	> 1000
1510	Písek	Otava	2912,8	23,4	13. 8.	11:00	880	1180	0,405	500–1000
1520	Dolní Ostrovec	Lomnice	390,7	1,67	13. 8.	12:00	361	262	0,671	> 1000
1530	Varvažov	Skalice	366,8	1,50	13. 8.	10:00	406	203	0,556	> 1000
1539	Radíč	Mastník	268,2	0,599	13. 8.	14:00	274	71,2	0,265	50–100
1546	Štěchovice	Kocába	308,8	0,574	13. 8.	17:00	211	78,7	0,255	50
1610	Zruč nad Sázavou	Sázava	1419,8	9,92	14. 8.	16:00	426	197	0,139	5–10
1625	Poříčí nad Želivkou	Želivka	780,1	4,79	14. 8.	21:00	294	89	0,114	5
1632	Soutice	Želivka	1187,0	6,97	14. 8.	12:00	248	78	0,066	1–2
1672	Nespeky	Sázava	4037,2	23,4	15. 8.	9:00	473	378	0,094	5–10
1690	Zbraslav	Vltava	17816,7	110	14. 8.	6:00	1042	3340	0,187	200–500
1730	Stříbro	Úhlavka	296,8	1,20	13. 8.	14:00	233	53,8	0,181	20
1740	Stříbro	Mže	1144,8	6,69	13. 8.	18:00	290	131	0,114	10
1761	Hracholusky	Mže	1609,6	8,28	14. 8.	0:00	370	124	0,077	5
1790	Staňkov	Radbuza	699,9	3,70	13. 8.	8:00	360	213	0,304	100–200
1799	Lhota	Radbuza	1174,9	5,32	13. 8.	12:00	432	360	0,306	200–500

Id	Profil	Tok	Plocha povodí [km ²]	Q _a * [m ³ .s ⁻¹]	Údaje k vyhodnocenému kulminačnímu průtoku					
					Den	Hodina	Stav [cm]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Specifický odtok [m ³ .s ⁻¹ .km ²]	N [roky]
1801	České Údolí	Radbuza	1263,4	5,49	13. 8.	15:00	580	339	0,268	200
1820	Klatovy	Úhlava	338,8	3,44	13. 8.	6:00	362	159	0,469	200–500
1830	Štěnovice	Úhlava	897,3	5,82	13. 8.	12:00	513	398	0,444	1000
1860	Plzeň-Bílá Hora	Berounka	4015,6	20,0	13. 8.	17:00	799	858	0,214	100–200
1870	Koterov	Úslava	734,3	3,53	13. 8.	7:00	371	610	0,831	> 1000
1880	Nová Huť	Klabava	358,8	2,15	13. 8.	7:00	294	266	0,741	200
1900	Plasy	Střela	775,5	3,05	13. 8.	6:00	210	48	0,062	1–2
1910	Liblín	Berounka	6454,3	30,1	13. 8.	20:00	703	1710	0,265	500–1000
1960	Čenkov	Litavka	157,0	0,86	13. 8.	2:00	235	88	0,561	50–100
1964	Hořovice	Červený potok	74,8	0,325	13. 8.	0:00	127	40,4	0,540	20
1973	Beroun	Litavka	628,7	2,58	13. 8.	7:00	375	210	0,334	50
1980	Beroun	Berounka	8283,8	35,6	13. 8.	23:00	796	2170	0,262	500–1000
2001	Praha-Chuchle	Vltava	26719,9	148	14. 8.	11:00	782	5160	0,193	500
2030	Vraňany	Vltava	28048,2	151	14. 8.	20:00	829	5120	0,183	500
2040	Mělník	Labe	41824,7	252	15. 8.	13:00	1066	5050	0,121	200–500
2101	Stará Role	Rolava	127,9	2,38	13. 8.	4:00	261	39,3	0,307	5
2140	Karlovy Vary	Ohře	2855,9	25,2	13. 8.	6:30	253	274	0,096	2–5
2190	Louny	Ohře	4982,8	36,3	14. 8.	7:00	422	175	0,035	< 1
2210	Ústí nad Labem	Labe	48556,9	293	16. 8.	14:00	1196	4700	0,097	100–200
2230	Chotějovice	Bílina	621,7	4,30	13. 8.	20:00	250	24,1	0,039	20
2260	Trmice	Bílina	963,5	6,50	13. 8.	22:00	297	59,2	0,061	20
2400	Děčín	Labe	51103,9	309	16. 8.	19:00	1230	4770	0,093	100–200
2453	Hřensko	Labe	51392,4	313	16. 8.	22:00	1228	4780	0,093	100–200
3200	Hrádek	Lužická Nisa	353,9	5,41	14. 8.	5:00	315	137	0,387	5–10
3230	Frýdlant	Smědá	132,4	3,9	13. 8.	20:00	261	219	1,654	20–50
4290	Janov	Moravská Dyje	517,5	2,63	14. 8.	0:00	303	46,8	0,090	10
4300	Podhradí	Dyje	1750,7	8,50	14. 8.	0:00	476	343	0,196	200
4320	Vysočany	Želetavka	368,0	1,08	13. 8.	1:00	233	51	0,139	50
4340	Vranov	Dyje	2223,9	9,74	14. 8.	9:00	378	364	0,164	100**
4350	Znojmo	Dyje	2491,4	10,3	14. 8.	14:00	462	375	0,151	100**
4370	Trávní Dvůr	Dyje	3448,5	11,6	14. 8.	9:00	516	168	0,049	10
4420	Dalečín	Svratka	367,0	3,34	14. 8.	4:00	216	87,6	0,239	10
4650	Dvorce	Jihlava	307,3	1,98	14. 8.	2:00	242	44,1	0,139	20
4805	Ladná	Dyje	12276,8	41,6	15. 8.	15:00	408	318	0,026	5–10

* průměrný roční průtok

** určeno podle podkladů pro neovlivněné řady kulminačních průtoků



Obr. 2.3. Průběh povodně v Písku nad Kamenným mostem

Na Vltavě v Praze je povodeň v roce 2002 největší ze srovnatelných případů za několik posledních staletí, a to jak podle vyhodnoceného kulminačního průtoku, tak podle dochovaných značek historických povodní. Ke kulminaci došlo 14. srpna 2002.

Pro další postup povodňové vlny korytem Vltavy pod Prahou a dále v trati Labe pod Mělníkem byly charakteristické široké rozlivy do inundací, jejichž účinkem došlo k postupnému zmenšování kulminačního průtoku. Přispěla k tomu i situace, kdy průtoky v Labi nad Mělníkem a v dalších přítocích (Ohře, Bílina, Ploučnice) již nebyly z hlediska nárůstu průtoků na dolním Labi tak významné. V Hřensku, kde Labe opouští Českou republiku, průtok kulminoval 16. srpna 2002.

Vážná povodňová situace nastala rovněž v povodí Dyje v důsledku extrémní srážkové činnosti zejména na území Rakouska. Nádrž Vranov tentokrát již průběh povodně nemohla významně ovlivnit. Povodňová vlna byla transformována a kulminační průtok zmenšen díky rozlivům na dolním toku Dyje a posléze také zachycením velké části objemu vlny v soustavě Novomlýnských nádrží.

Ze 200 základních hlášených profilů (profily kategorie A, viz MŽP 2003) na území České republiky došlo během povodňové situace v 74 případech k překročení 2. stupně povodňové aktivity (pohotovosti) a v 63 případech k překročení 3. stupně povodňové aktivity (ohrožení). Přehled dosažených stupňů povodňové aktivity je znázorněn na **obr. 2.1**.



Obr. 2.4. Soutok Vltavy a Otavy v nádrži Orlík

Průběh povodňové situace na Vltavě nad VD Orlík

Toto povodí bylo oběma vlnami srážek nejvíce zasažené. Tomu také odpovídala i velikost dosažených kulminačních průtoků.

Srážkové centrum se v první fázi povodňové situace nacházelo v oblasti Novohradských hor a v orografické bráně mezi nimi a Šumavou. Z oblastí, v nichž spadla jádra silných srážek, došlo k nejprudšímu rozvodnění na Malši a Černé. Průměrná doba opakování jejich kulminačních průtoků (**tab. 2.2**) dosahovala 200 až 500 let, nad nádrží Římov více než 500 let. Kulminační průtoky v povodí horní Malše a Černé za první vlny byly dokonce (a pouze v této oblasti) větší než u vlny druhé. Extrémní rozvodnění probíhalo rovněž na horní Lužnici, kde maximální průtoky přesahovaly úroveň se 100letou dobou opakování. Střední a dolní Otava s přítoky Volyňkou a Blanici kulminovaly na hodnotách 20–50letých průtoků. Na dolní Blanici se však maximální průtoky přibližovaly úrovni až vody 100leté.

Průtoky na Vltavě byly významně zmenšeny (zhruba o $240 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) retenčním účinkem nádrže vodního díla (VD) Lipno. Pod VD Lipno II činil odtok 8. srpna již jen $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, čímž došlo k naprosté eliminaci první vlny povodně v tomto říčním úseku.

Při druhé srážkové vlně nádrž VD Lipno I zmenšila maximální přítok Vltavy cca o $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, takže doba opakování kulminačního průtoky pod VD Lipno II se blížila hodnotě 50 let. V další trati extremita průtoků s přibývajícím plochou povodí prudce narostla. V Českých Budějovicích pod soutokem s Malší přesáhl průtok znovu hodnotu vody 1000leté. Na Malši se tak opakovala situace (viz **obr. 2.5**) z první povodňové epizody s tím rozdílem, že tentokrát přispívala Stropnice větším přítokem. Proto kulminace Malše i v Roudném překročila hodnotu 1000letého průtoky.

Na Lužnici povodňové průtoky pronikly protržením hráze do pískovny u Majdaleny (viz **obr. 2.2**), ze které pak voda vytékala do volné krajiny. Následkem destrukce Novořecké

hráze téměř veškerý průtok vody z horní Lužnice odtékal do Staré řeky a dále do rybníka Rožmberk. Při omezené možnosti odtoku vody přelivem se pak tento rybník naplnil až nad úroveň maximální hladiny a zachytil část povodně. Na střední a dolní Lužnici se vlivem částečného souběhu extrémních průtokových vln z Nežárky a odtoku z Rožmberka vytvářely průtoky dosahující a místně i překračující hodnotu 1000leté vody. Také na Otavě narůstala extremita průtoků směrem po toku. V Písku (**obr. 2.3**) kulminovala povodeň při průtoky s dobou opakování 500–1000 let. Podílel se na něm téměř jednou třetinou přítok z Blanice, viz **obr. 2.6**. K maximálnímu povodňovému průtoky na hlavním toku Otavy přispívala také mimořádná rozvodnění i na dalších přítocích (např. Ostružná, Volyňka, Lomnice, Skalice aj.), která

dosaženými kulminacemi již 12. srpna překračovala hodnoty 100letých průtoků. Specifickým jevem, jenž zvyšoval hladinu v dolním úseku Otavy až po město Písek, bylo zpětné vzduť způsobené vysokou polohou hladiny vody v nádrži Orlík (viz **obr. 2.4**).

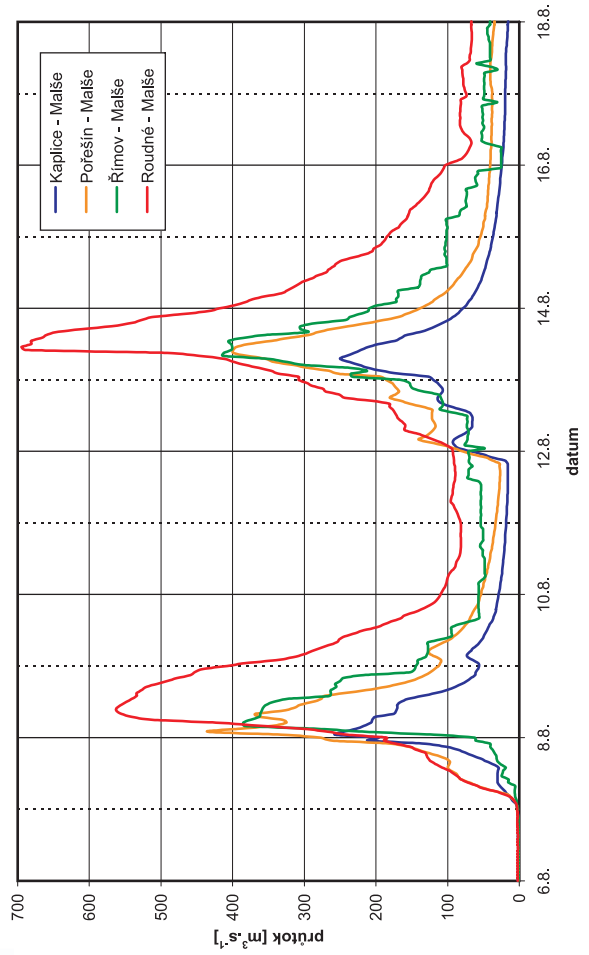
Závažnou fází vývoje povodňové situace na Vltavě byl souběh průtokových vln z horní Vltavy, Otavy a dalších přítoků ústících přímo do nádrže Orlík, viz **obr. 2.7**. Celkovou velikost přítoku vyhodnotil ČHMÚ na základě srážko-odtokové analýzy v povodích přítoků a Povodí Vltavy, s. p., podle batigrafického bilancování časového průběhu objemu vody v nádrži a odtoků z nádrže na $3\,900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá hodnotě 1000letého průtoky.

Průběh povodňové situace v povodí Berounky

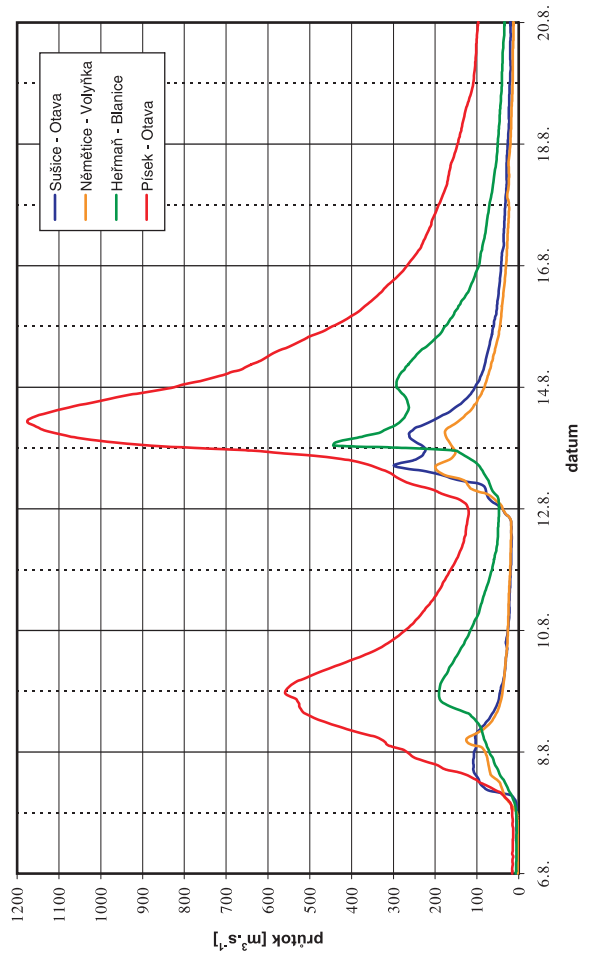
Rozvodnění, k němuž došlo v povodí Berounky po první vlně srážek, probíhalo převážně na úrovni 1–2letých vod. Výjimkou byla Úslava s 5–10letým maximálním průtokem v Koterově. Podstatné však bylo poměrně vysoké nasycení dílčích povodí, a tím i značné vyčerpání jejich retenční kapacity.

Druhá vlna srážek způsobila již rozvodnění katastrofálního charakteru. V oblasti intenzivních dešťů se ocitla povodí Úslavy, Úhlavy, Klabavy a všech pravostranných přítoků Berounky od Plzně až po Beroun. Relativně méně srážek spadlo v povodích Mže a Střely.

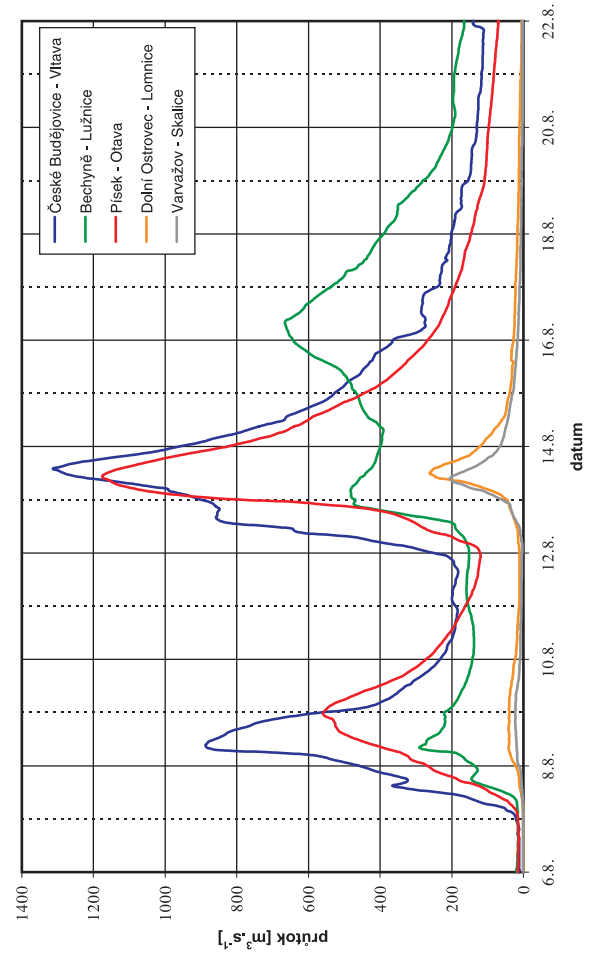
Hladiny na všech tocích začaly v důsledku silného předcházejícího nasycení území bezprostředně po začátku srážek prudce stoupat. Kritická situace nastala v noci z 12. na 13. srpna, během které se hladiny na tocích v některých místech zvedly až o několik metrů. Všechny toky v povodí Berounky kulminovaly v průběhu dne 13. srpna. Při průchodu povodňových vln městem Plzní sice nedošlo k přímému střetu jejich kulminací, přesto však několik metrů vysoké nábřežní zdi nestačily a voda se na řadě míst začala rozlévat a zaplavovat přílehlý městský prostor. Úroveň hladiny výrazně přesáhla historické maximum z roku 1890.



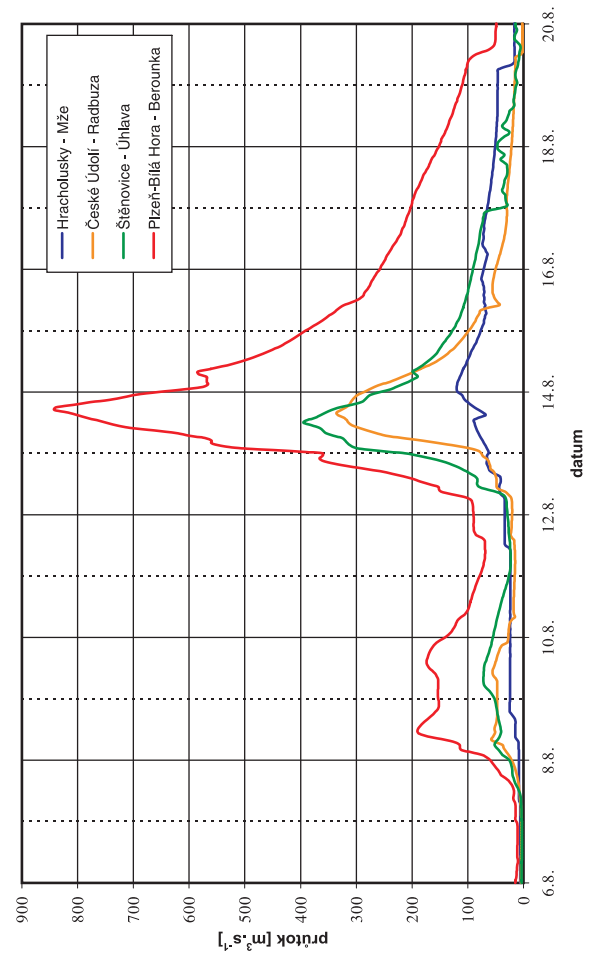
Obr. 2.5. Průběh povodně na Malši



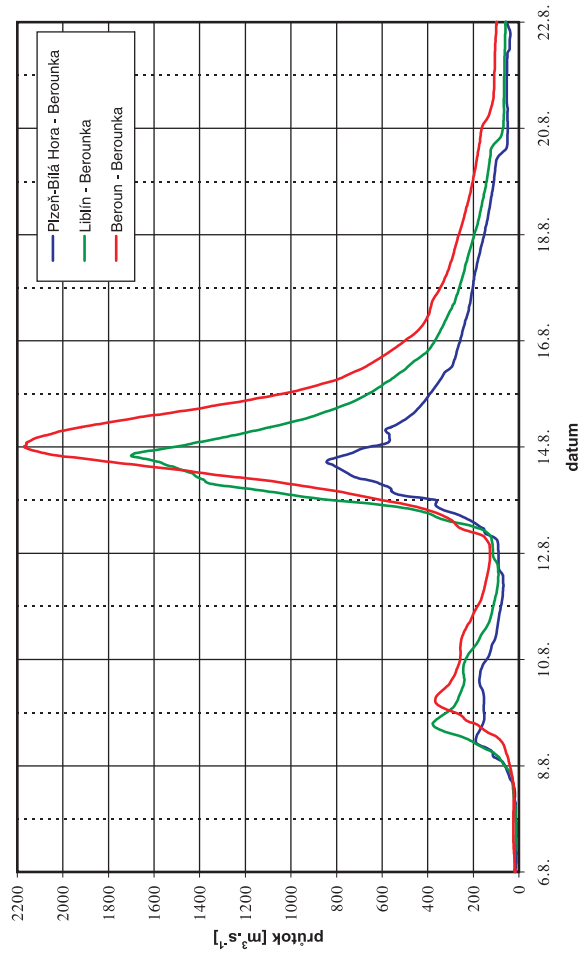
Obr. 2.6. Průběh povodně na Otavě a přítocích



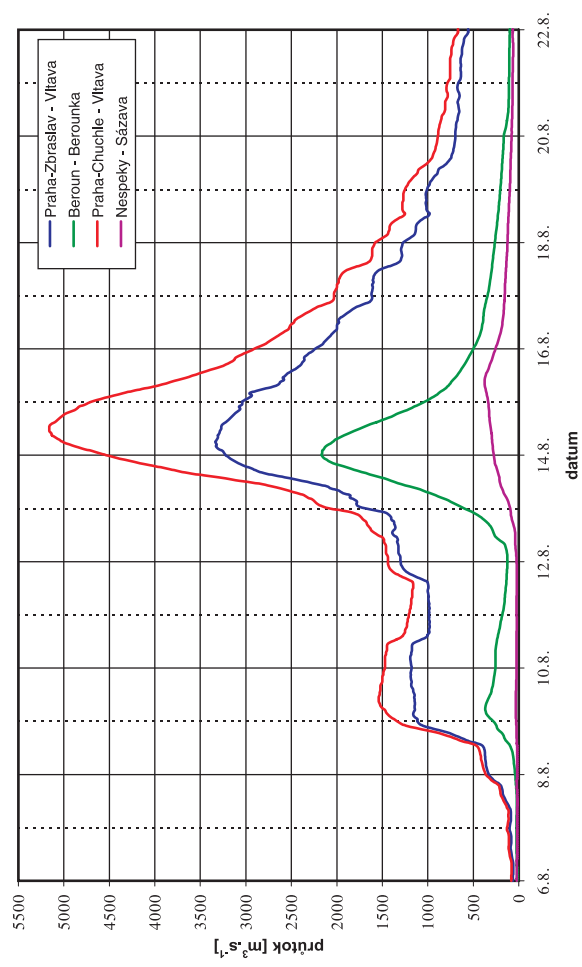
Obr. 2.7. Průběh povodně na přítocích do nádrže Orlík



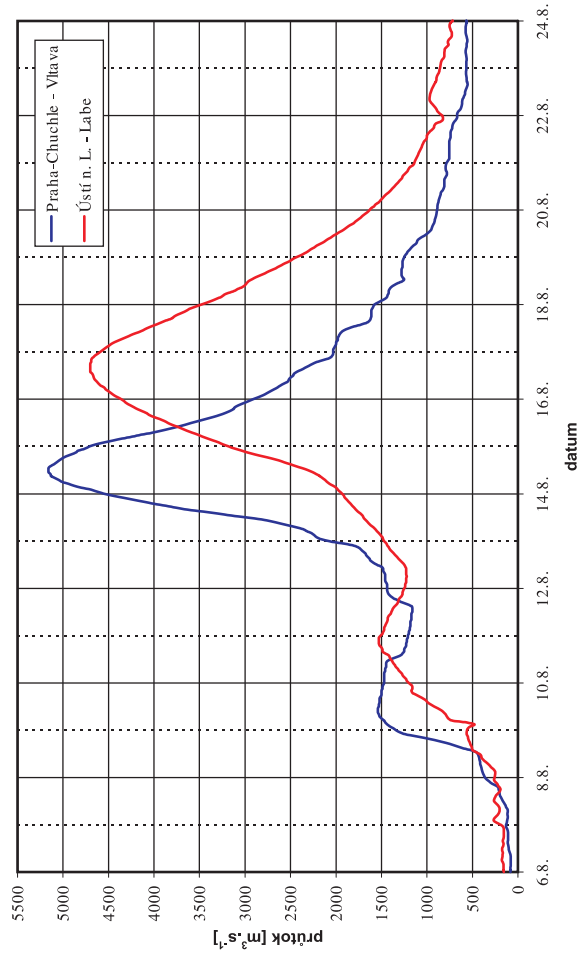
Obr. 2.8. Průběh povodně na Berounce a jejích přítocích v Plzni



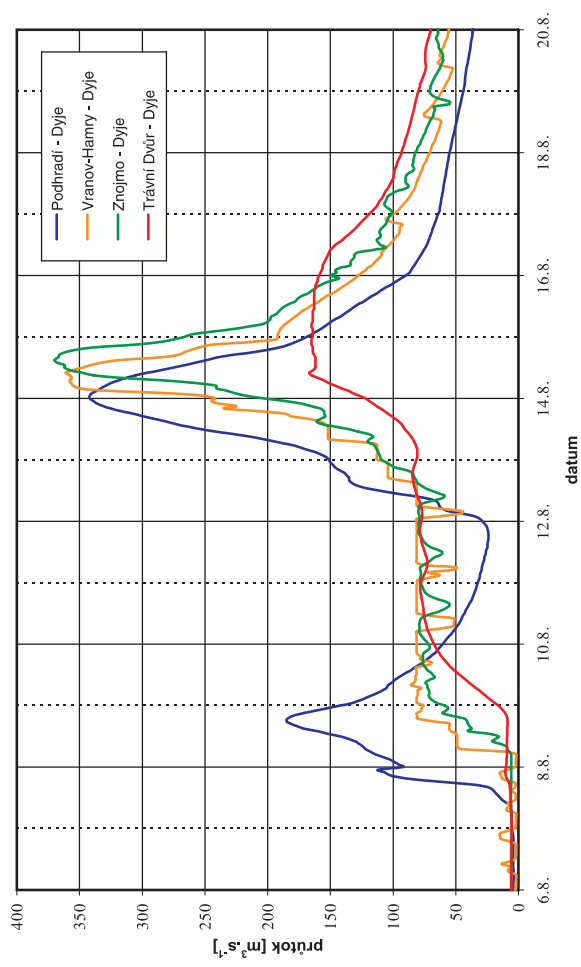
Obr. 2.9. Průběh povodně na Berounce



Obr. 2.10. Průběh povodně na Vltavě (v Praze), Sázavě (Nespěky) a Berounce (Beroun)



Obr. 2.11. Průběh povodně na Vltavě v Praze a na Labi v Ústí nad Labem



Obr. 2.12. Průběh povodně na Dyji



Obr. 2.13. Veltruský zámek, Mířejevice a Staré Ouholice v zaplavené vltavské nivě

Berounka v Plzni v profilu Bílá Hora kulminovala na úrovni 100–200letého průtoku (viz [tab. 2.2](#) a [obr. 2.8](#)). Úroveň 100letého průtoku výrazně překračovaly i její přítoky Radbuza, Úslava a Klabava. Extremita kulminací páteřního toku stoupala pak po proudu, v Liblíně a Berouně překročily vrcholové průtoky průměrnou dobu opakování 500 let. Časový průběh průtoků ilustruje [obr. 2.9](#). V úseku před soutokem s Vltavou kulminační průtok Berounky vlivem rozlivů do rozsáhlé údolní nivy mírně poklesl na úroveň 200–500letého průtoku.

Průběh povodňové situace na Vltavě pod VD Orlík po soutok s Labem

V průběhu první srážkové epizody byla vzniklá povodňová vlna značně redukována nádržemi Vltavské kaskády. Navíc povodí Berounky bylo zasaženo pouze dávkami méně extrémních srážek, a to ještě jen v prostorově omezeném rozsahu. Prahou tak procházel vrchol vlny při neškodném 5letém průtoku.

Před nástupem druhé povodňové vlny se podařilo ochranné objemy nádrží opět uvolnit. V nádrži Lipno I bylo volných 23 milionů m³ a v nádrži Orlík 104 milionů m³ prostoru, což bylo více než předepisuje manipulační řád. Nástupem povodňových průtoků z druhé srážkové vlny byly volné prostory nádrže Orlík rychle zaplněny a při kulminaci povodně došlo k překročení její maximální povolené hladiny. Tím se vytvořil další neovladatelný prostor, ve kterém se zachytila část objemu povodňové vlny.

Přítok do nádrže Orlík kulminoval 13. srpna v poledne na hodnotě 3 900 m³.s⁻¹. Přibližně v té době došlo k havarijnímu přerušení provozu vodní

elektrárny, a tím ke zmenšení kapacity zařízení odvádějících vodu z nádrže o průtok 600 m³.s⁻¹. Potom ani kapacity plně otevřených přelivů a výpustí nestačily na převedení kulminujícího přítoku. Hladina vystoupila až na kótu 355,17 m n. m., tj. 1,57 m nad maximální povolenou hladinu. Maximální odtok z nádrže činil 3 100 m³.s⁻¹, takže kulminace povodňové vlny byla v nádrži Orlík zmenšena cca o 800 m³.s⁻¹ a zpožděna o 18 hodin.

Na Sázavě vyvolala výraznější povodňovou situaci až druhá srážková vlna, přičemž vydatnější srážky vypadly na povodí až v jejím závěru. Způsobily v povodí celoplošné rozvodnění, jehož kulminace jak na vlastním toku Sázavy, tak i na přítocích se pohybovaly převážně na úrovni 5–10letých průtoků. Pětiletý přítok Želivky do nádrže VD Želivka (Švihov) byl zmenšen na hodnotu 1–2letého průtoku. Povodňová

vlna Sázavy kulminovala v Nespekách až 15. srpna v dopoledních hodinách. Její vrcholová fáze se tak s kulminujícím průtokem Vltavy minula.

O vývoji průtokové situace v Praze rozhodovala skladba povodňových vln Vltavy a Berounky, při které se střetly kulminační fáze z obou toků. Vltava v Praze kulminovala 14. srpna ve 12:00 hodin při vodním stavu 782 cm naměřeném na vodočtu v Praze-Chuchli a při průtoku 5 160 m³.s⁻¹, což odpovídá průměrné době opakování zhruba 500 let, viz [obr. 2.10](#). Ve známé historii pozorování jde o vůbec největší vyhodnocený průtok na Vltavě v Praze.

V trati pod Prahou byla povodeň transformována v důsledku širokých rozlivů v úseku Kralupy nad Vltavou–Mělník (viz [obr. 2.13](#)). Při ústí Vltavy do Labe došlo k jevu, který se vyskytuje v případě, že na soutoku je v jednom toku povodeň



Obr. 2.14. Široká údolní niva Labe v oblasti soutoku s Ohří

podstatně větší než na druhém. Úroveň hladiny na páteřním toku bývá při těchto situacích nezděrně vyšší, než je hladina na zaústěném přítoku, takže na něm dochází ke zpětnému vzduť. Obdobně tomu tak bylo v průběhu druhé fáze srpnové povodně, kdy Vltava způsobila ve značné délce zpětné vzduť hladiny a po určitou dobu dokonce zpětné proudění v trati Labe směrem k Brandýsu nad Labem. Tím se rozšířila oblast záplavy, což se projevilo podstatným zmenšením kulminačního průtoku na Labi pod Mělníkem. Kulminace hladiny v Mělníku nastala 15. srpna ve 13:00 hodin, tj. o 24 hodin později než v Praze.

Průběh povodňové situace v povodí Labe nad soutokem s Vltavou

Povodňová situace na tomto území neměla regionálně souvislý charakter, vyznačovala se spíše povodněmi lokálního rozsahu. Nejvíce byla rozvodněna Jizera následkem extrémních srážek, které spadly na menších plochách převážně 13. srpna v hřebenových partiích Jizerských hor. Významnou část odtoku zachytily nádrže Souš a Josefův Důl. Průměrná doba opakování maximálních průtoků v pramenných oblastech toků se pohybovala okolo 10 let. Na středním a dolním toku Jizery docházelo pak k výrazné transformaci povodňové vlny, a tím ke zmenšení vrcholových průtoků na úrovni 2–5letých vod.

Relativně významnější povodně se také vyskytovaly v povodích levostranných přítoků Labe. Nedosáhly však maximálních extrémních hodnot. Na Doubravě doba opakování kulminačních průtoků přesáhla 20 let, na horním povodí Chrudimky šlo o dobu o něco delší, než je pět let. Na Labi v Brandýse nad Labem byl vrchol průtokové vlny hodnocen jen jako 1–2letý.

Průběh povodňové situace v povodí Labe od soutoku s Vltavou po státní hranici

V této oblasti Čech byly intenzivnějšími srážkami zasaženy pouze hřebenové partie Krušných hor. Srážky na ostatním území neměly na vývoj povodně významný vliv. Situaci odpovídala i odtoková odezva. Výrazně byly rozvodněny malé vodní toky na svazích Krušných hor a s nimi i labský přítok Bílina s maximálním průtokem na úrovni 20leté vody.

Průtoková vlna na rozvodněné Ohři byla významně redukována účinkem nádrže Nechranice, a to z 2–5leté úrovně na průtok menší než je hodnota jednoleté vody. Průběh povodně na dolním úseku českého Labe tedy v podstatě určovala průtoková situace na Vltavě.

Rozsáhlé rozlivy na soutoku Labe s Vltavou zhruba o ploše 51 km² a dále v úseku u Litoměřic v okolí Terezína při soutoku Labe s Ohří o ploše 67 km² (viz obr. 2.14) způsobily zpomalování a transformaci povodňové vlny. Zmenšení vrcholu průtokové vlny těmito účinky se odhaduje na 1 000 m³.s⁻¹. Pod Litoměřicemi již Labe vtéká do poměrně úzkého údolí Českého stře-

dohoří a možnosti další transformace v trati až po státní hranici jsou již omezené.

V Ústí nad Labem nastala kulminace 16. srpna ve 14:00 hodin, tj. více než 48 hodin po kulminaci v Praze, viz obr. 2.11. V Děčíně procházel maximální průtok v 19:00 hodin téhož dne a ve Hřensku o tři hodiny později při průtoku 4 780 m³.s⁻¹. Průměrná doba opakování odpovídá úrovni 100–200letých průtoků, takže v této trati Labe došlo k postupnému zmenšení extremity povodně.

Průběh povodňové situace v povodí Dyje

První vlna srážek vyvolala v horním povodí Dyje povodeň s 5–10letými kulminačními průtoky, která byla podstatně redukována v nádrži Vranov. Ve druhé srážkové vlně postihly vydatné regionální deště opět pohraniční pásmo, na jehož rakouské straně pramení Německá Dyje a na české straně Moravská Dyje. Tentokrát bylo však zvláště silnou srážkovou činností zasaženo povodí rakouské Dyje. Spojená povodňová vlna z obou Dyjí kulminovala v českém úseku nad Vranovskou přehradou dne 14. srpna na úrovni 200letého průtoku, viz obr. 2.12.

Po průchodu nádržemi Vranovské a Znojenské přehrad se extremita povodňových průtoků v důsledku nižších úhrnů srážek na české části povodí Dyje zmenšila na hodnotu vody 100leté. K výraznějším rozlivům došlo již ve Znojmě a pak zejména v rovinném území, jímž Dyje protéká. V důsledku přelití hrází anebo jejich porušením erozivními účinky proudu postupovala část povodňových průtoků přílehlou krajinou mimo řečiště hlavního toku. Tím došlo v tomto úseku Dyje ke zmenšení objemu povodňové vlny asi o 20 milionů m³ a k výraznému zmenšení jejího kulminačního průtoku. Ve vodoměrné stanici Trávní Dvůr klesl kulminační průtok na hodnotu 10leté vody. Novomlýnské nádrže pak ještě zmenšily průměrnou dobu opakování maximálních průtoků na méně než pět let.

Větší povodňové průtoky se vyskytly i v povodí řeky Jihlavy. Zatímco v horním povodí dosahovaly kulminační průtoky úrovně 20leté vody, v dolní trati šlo již jen o průtoky s 2–5letou dobou opakování.



Obr. 2.15. Bystřice protékající Dubím mimo koryto

Tabulka 2.3. Přehled vyhodnocených průtoků srpnové povodně v nepozorovaných profilech

Číslo profilu	Tok	Profil	Úhrn srážek 6.–15. 8. [mm]	Kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Plocha povodí [km ²]	Specifický maximální odtok [m ³ .s ⁻¹ .km ²]
<i>Povodí Berounky</i>						
0	Berounka	Srbsko-lávka	166	2300	8577	0,3
0	Berounka	Srbsko-bývalý lom	166	2300	8578	0,3
1	Klabava	Dobřív	248	175	118	1,5
2	Klabava	Hrádek-Kocanda	246	140	169	0,8
3	Klabava	nádrž Klabava	230	238	331	0,7
4	Klabava	Nová Huť, stanice ČHMÚ	227	295	359	0,8
5	Klabava	pod Chrástem, most	227	300	366	0,8
6	Klabava	Chrást, u továrny Elis	227	323	367	0,9
7	Holoubkovský potok	Borek, most pod Boreckým rybníkem	214	77	79	1,0
8	Ejpovický potok	ústí do Klabavy	210	11	7,4	1,5
27	Třemošná	Třemošná, kamenný most	158	59	191	0,3
28	Třemošná	Břízský mlýn	160	56	207	0,3
29	Třemošná	Hromnice-Žichlice, most	160	62	216	0,3
30	Třemošná	Třemošnice, nad truhlářstvím	160	54	227	0,2
31	Třemošná	pod Chotinnou	161	60	241	0,2
32	Třemošná	Kacérov, most	161	63	244	0,3
33	Úslava	Ždírec, most	217	220	374	0,6
34	Bradava	Spálené Poříčí, most	242	107	80	1,3
48	Zbizožský potok	Podmokelský mlýn	163	60	149	0,4
49	Zbizožský potok	Mlýn Slapnice	163	80	155	0,5
<i>Povodí Ohře, Bíliny a Gottleuby</i>						
10	Bouřlivec	pod Lahoští	227	11,6	33,9	0,3
11	Hutná	nad Málkovem	202	2,8	10,1	0,3
12	Petrovický potok	Petrovice	228	4	2,9	1,4
13	přeložka Zalužanského p.	pod nádrží Kateřina	88	3,7	56,8	0,1
14	Slatina	Krásný Les, nad Mordovou roklí	273	4,5	3,2	1,4
15	Bystřice	mostek u zatačky pod Cínovcem	347	5,7	1,35	4,2
15	Bystřice	neupravené koryto pod mostkem	347	11,5	4,08	2,8
15	Liščí potok	stupeň nad ústím do Bystřice	347	5,5	1,97	2,8
15	Bystřice	stupeň pod ústím Liščího potoka do Bystřice	347	17,5	6,53	2,7
15	Bystřice	přírodní koryto nad přehrázkou	347	22	6,58	3,3
15	Bystřice	přehrážka	347	25	7,09	3,5
15	Bystřice	dlážděné koryto pod přehrázkou	347	33	8,59	3,8
16	Telnický potok	přehrážka nad Telnicí	237	3,9	6,6	0,6
17	Rybný potok	stupeň pod Krásným lesem	285	20	10,4	1,9

Číslo profilu	Tok	Profil	Úhrn srážek 6.–15. 8. [mm]	Kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Plocha povodí [km ²]	Specifický maximální odtok [m ³ .s ⁻¹ .km ²]
<i>Povodí Malše</i>						
18	Černá	pod Benešovem	405	77	64	1,2
19	Pohořský potok	pod Leopoldovem	404	52	21	2,5
20	Pohořský potok	Pohorská Ves, most	404	98	32	3,1
21	Pohořský potok	Meziříčí, nad pilou	404	66	48	1,4
22	Svinenský potok	Žumberk, bezp. přeliv rybníka	347	27	27	1,0
23	Stropnice	Dolní Stropnice, propustek nad obcí	386	12	14	0,9
24	Malše	Dolní Dvořiště	335	245	116	2,1
<i>Povodí Otavy</i>						
35	Otava	Katovická hora	247	340	1133	0,3
36	Otava	Písek-Zátaví	252	1450	2903	0,5
<i>Povodí Polečnice</i>						
37	Polečnice	Hořice	302	28	29,3	1,0
38	Čertice	soutok s Polečnicí	324	31	8,4	3,7
39	Kaliště	soutok s Polečnicí	343	20	5,3	3,8
40	Polečnice	Novosedly	315	100	72,5	1,4
41	Polečnice	Kájov	315	110	82,7	1,3
42	Chvalšinský potok	Obec Chvalšiny	288	35	47,9	0,7
43	Chvalšinský potok	Křenovský Dvůr	269	87	95	0,9
44	Chvalšinský potok	soutok s Polečnicí	269	90	97,6	0,9
<i>Povodí Vltavy</i>						
0	Křemžský potok	Brloh, hlásný profil	285	58	41,1	1,4
0	Křemžský potok	Křemže, most	285	90	84,7	1,1
47	Křemžský potok	Holubov, most	285	120	107	1,1
25	Křemžský potok	Třisovský Hamr	285	160	126	1,3
26	Smutná	Modlíkov, most	263	65	53	1,2
9	Kocába	Kansas, nad Štěchovicemi	149	80	307	0,3

Čísla profilů odpovídají databázi HEIS dostupné na: <http://heis.vuv.cz>

2.2 Průběh povodně na malých a nepozorovaných povodích

Povodňové vlny vyhodnocené v profilech s malou plochou povodí nebývají v horních úsecích toků většinou významně ovlivněny rozlivy a objemem koryt říční sítě. Proto jejich kulminační průtoky umožňují odvodit reálným přírodním podmínkám „bližší“ hodnoty netrtransformovaných specifických odtoků. Tyto veličiny jsou potřebné pro regionalizaci krajiny podle jejího zatížení povodňovým nebezpečím, hodnocení vlivu fyzicko-geografického prostředí povodí na průběh povodně, posuzování vlivu retenční kapacity povodí aj. Údaje o specifickém maximálním odtoku na malých povodích jsou také důležité pro posudkovou agendu hydrologické

služby ČHMÚ. Většina hydrologických posudků, které poskytuje ČHMÚ různým uživatelům, je požadována právě pro malá, nepozorovaná povodí.

Z uvedených důvodů byla věnována po odeznění povodně zvýšená pozornost také malým povodím v oblastech s extrémními naměřenými srážkovými úhrny a drobným tokům v jejich říční síti. Vyhodnoceny byly průtoky v potocích ze severovýchodní části Krušných hor (povodí Bíliny), z Novohradských hor (povodí Malše), z povodí horní Vltavy, dále z povodí Klabavy a Třemošné. Na toku Polečnice (levostranný přítok Vltavy v Českém Krumlově), kde v průběhu 26 dnů proběhly tři významné povodně krátce po sobě, byl proveden průzkum a vyhodnocení všech těchto povodňových epizod.

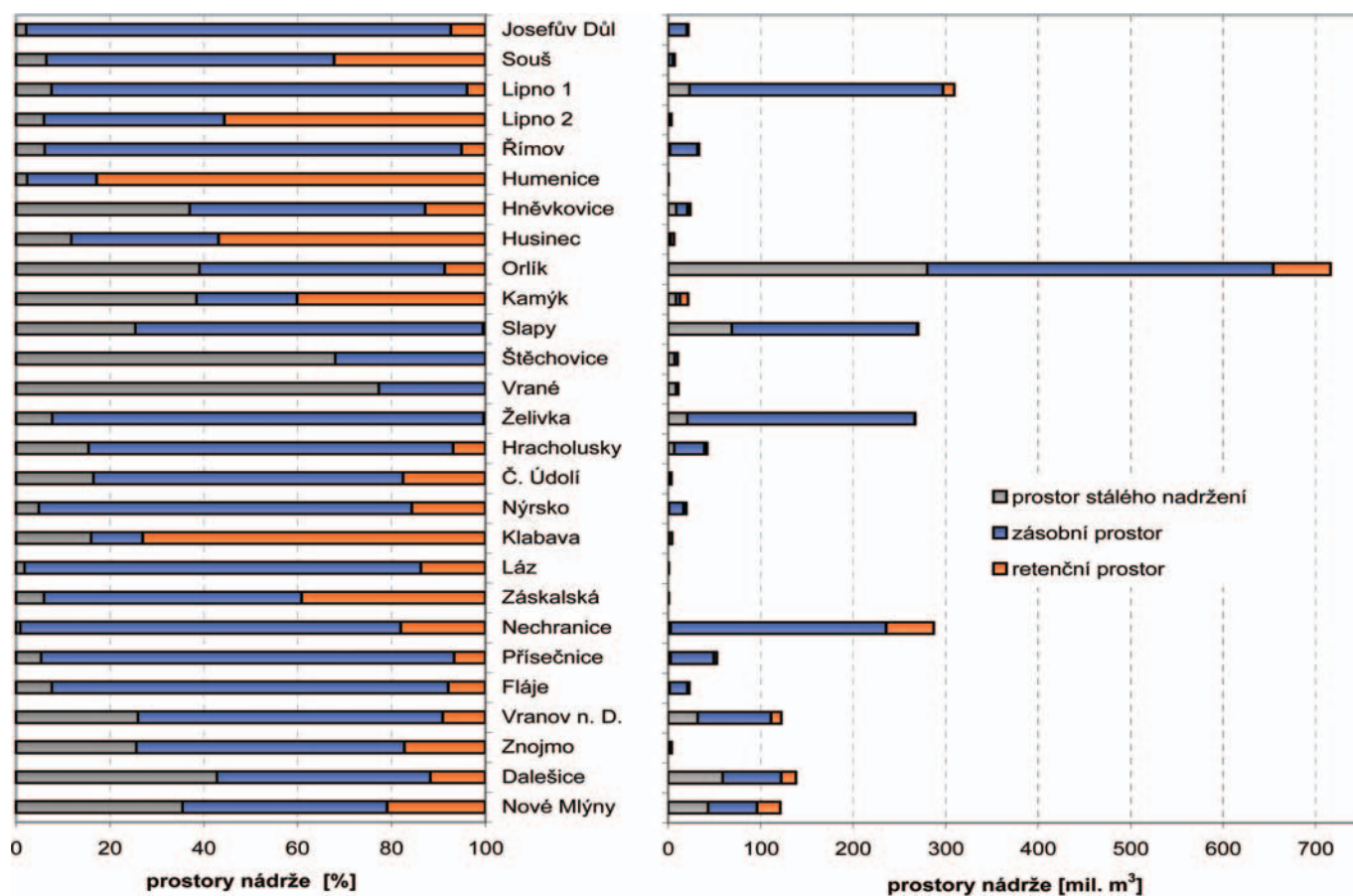
Tabulka 2.4. Vliv vodních děl na průběh povodně

Název povodí, nádrže a toku	Kulminace přítoku do nádrže a maximální hodnota odtoku z nádrže						Plnění v milionech m ³ a v procentech vymezených prostorů nádrže v průběhu povodně						Charakteristické průtoky ²⁾ pro					
	v průběhu první vlny			v průběhu druhé vlny			zásobní [mil. m ³] / [%]	retenční		celkový [mil. m ³]	přítok		odtok Q _{vrš} ³⁾ [m ³ .s ⁻¹]					
	datum	přítok [m ³ .s ⁻¹]	dobu opakování N let	odtok [m ³ .s ⁻¹]	datum	přítok [m ³ .s ⁻¹]		dobu opakování N let	ovladatelný [mil. m ³] / [%]		neovladatelný [mil. m ³] / [%]	Q ₁₀₀ [m ³ .s ⁻¹]		Q _s [m ³ .s ⁻¹]				
Horní a střední Labe																		
Josefův Důl, Kamenice																		
Souš, Černá Desná																		
Vltava																		
Lipno I, Vltava	8. 8.	264	50	60	13. 8.	470	> 100	32,489 / 11,9	12,056 / 100	47,945	317	140	60					
Římov, Malše	8. 8.	448	> 100	447	13. 8.	476	> 100	5,459 / 18,2	1,551 / 100	7,095	282	117	30					
Husinec, Blanice	8. 8.	80	< 50	63	12. 8.	221	> 100	0,189 / 9,2	2,815 / 100	4,116	122	54	15					
Hněvkovice, Vltava	8. 8.	730	100	730	13. 8.	1180	> 100	0,740 / 6,1	0	5,240	760	374	1500					
Orlík, Vltava	8. 8.	1700	< 50	1120	13. 8.	3900	> 100	63,530 / 17,0	62,07 / 100	167,300	2050	966	1500 ¹⁾					
Kamýk, Vltava	9. 8.	1120	< 10	1150	14. 8.	3100	> 100	3,800 / 81,7	0	6,800	2065	975	1500					
Slapy, Vltava	9. 8.	1150	< 10	1150	14. 8.	3100	> 100	7,500 / 3,7	0	8,350	2503	1087	1000 ¹⁾					
Štěchovice, Vltava	9. 8.	1150	< 10	1140	14. 8.	3100	> 100	2,000 / 59,9	0	3,000	2570	1090	1500					
Želivka, Želivka	8. 8.	32	< 1	14	13. 8.	157	< 10	5,540 / 2,3	0	15,270	316	143	50					
Vrané, Vltava	9. 8.	1120	< 10	1120	14. 8.	3500	> 100	0,500 / 19,8	0	0,500	2970	1330	1200 ¹⁾					
Berounka																		
Hracholuský, Mže	8. 8.	45	< 1	25	13. 8.	185	< 20	1,240 / 3,8	2,409 / 100	8,660	305	129	40					
Nýrsko, Úhlava	8. 8.	14	2	6,5	13. 8.	80	> 100	0,256 / 1,6	2,010 / 100	3,516	66,4	24	9					
Klabava, Klabava	8. 8.	55	< 5	50	13. 8.	257	> 100	0,086 / 17,7	0	4,709	201	68,9	5					
Ohře a další přítoky Labe																		
Nechranice, Ohře					13. 8.	326	< 10	14,100 / 6,8	13,200 / 36,1	27,300	847	270	170					
Prácheň, Přisečnický potok					12. 8.	30	10	3,347 / 7,2	0	3,347	69	24	4					
Fláje, Flájský potok					13. 8.	52	100	2,717 / 13,9	0,345 / 100	3,524	51	15	8					
Dyje																		
Vranov, Dyje	8. 8.	197	> 5	85	14. 8.	425	> 100	9,855 / 12,4	11,157 / 100	28,052	355	189	120					
Znojmo, Dyje					14. 8.	380	> 100	0,243 / 9,9	0	1,184	244	131	140					
Dalešice, Jihlava					14. 8.	101	2	10,950 / 17,3	0	10,950	310	143	40					
Nové Mlýny, Dyje					14. 8.	380	5	4,100 / 9,3	21,800 / 91,6	25,900	940	380	430					

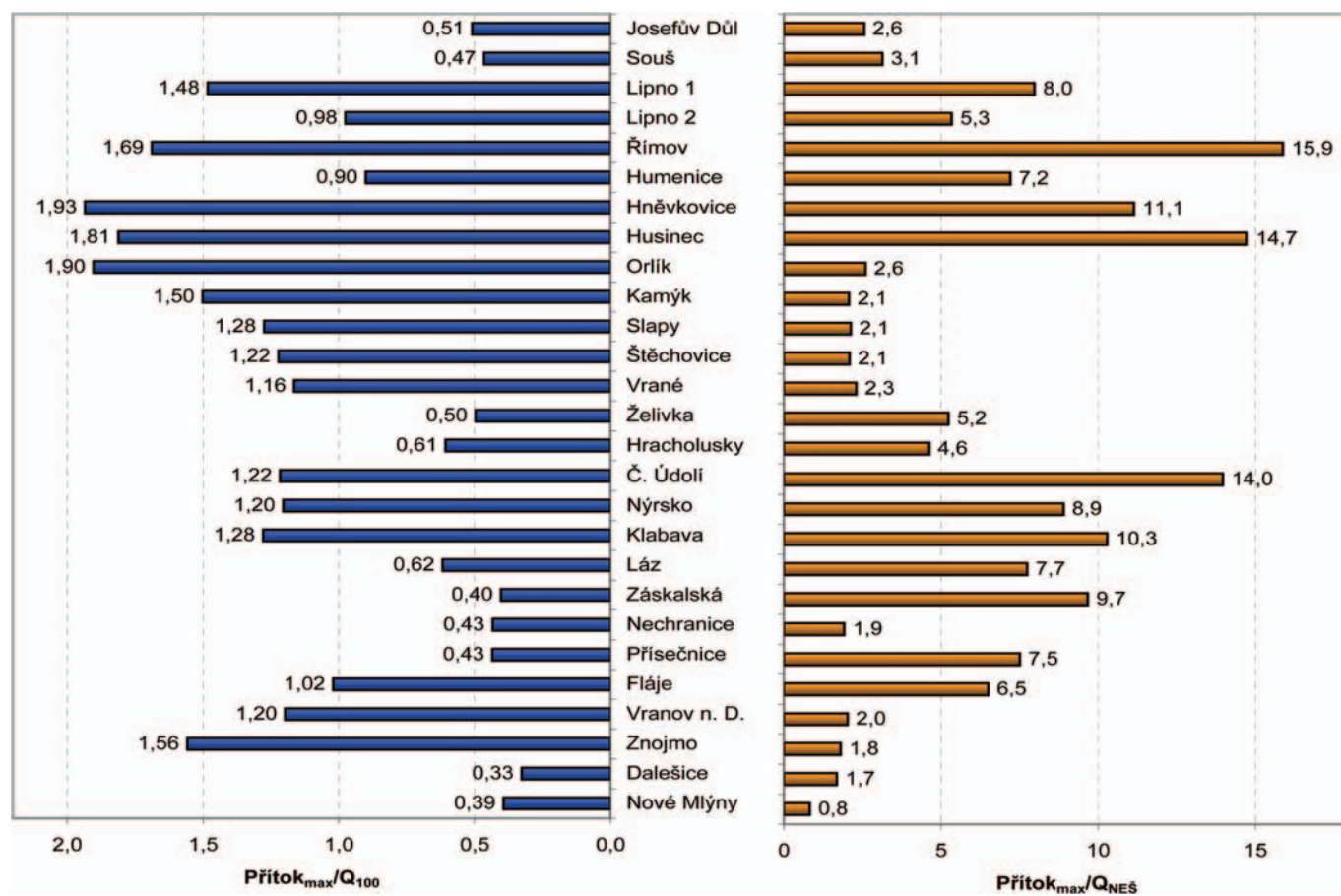
1) Odpovídá 3. stupni povodňové aktivity na odtoku z nádrže

2) Údaje podle platného manipulačního řádu VD

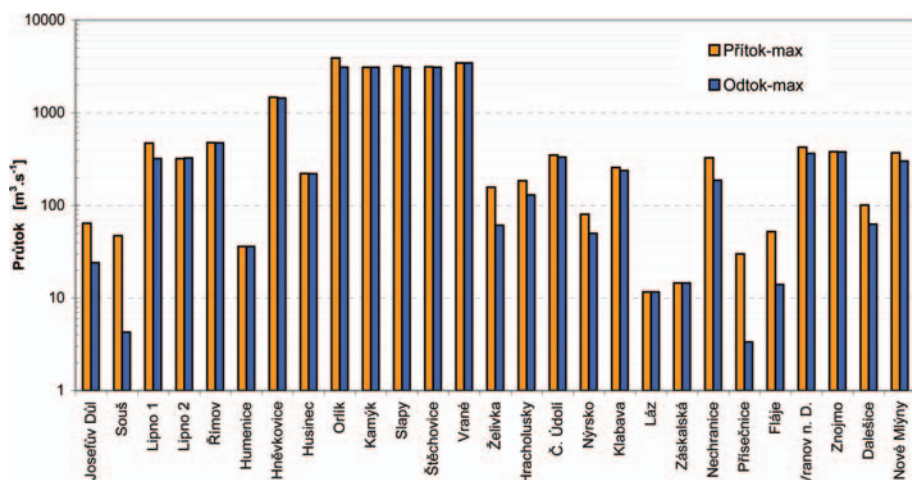
3) Neskladný odtok



Obr. 2.16. Porovnání velikostí prostorů nádrží



Obr. 2.17. Poměr maximálních přítoků do nádrží ke stoletým průtokům (Q_{100}) a poměr maximálních přítoků do nádrží k neškodným průtokům (Q_{NES})



Obr. 2.18. Porovnání velikostí maximálních přítoků do nádrží a maximálních odtoků z nich (v logaritmickém měřítku)

Kulminační průtoky byly vypočteny a vyhodnoceny celkem v 63 profilech. Přehled výsledků měření je uveden v **tab. 2.3**.

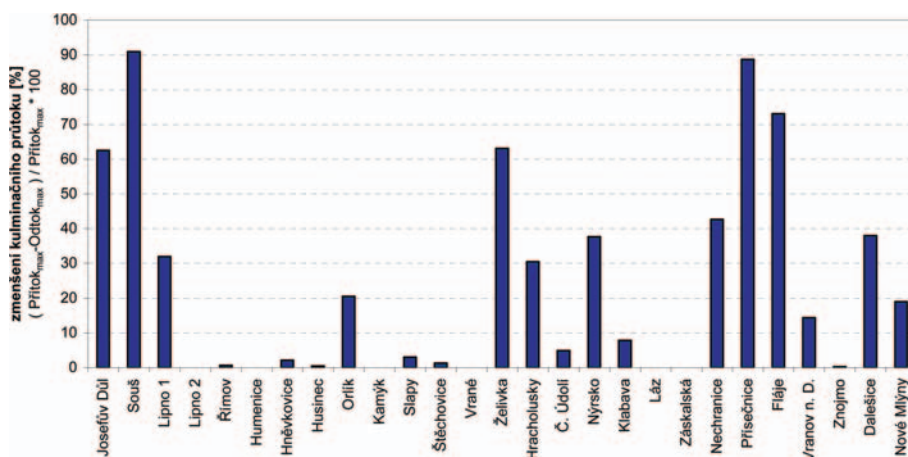
Výsledky prokázaly, že i na malých povodích, ve kterých vypadly srážky mimořádné velikosti, probíhaly extrémní povodně. Jejich specifické kulminační průtoky vztahen k ploše povodí nikde nepřekročily dosud známá maxima na území České republiky. To znamená, že vztahy, které byly již dříve odvozeny na podkladě méně extrémních historických případů, jsou věrohodné. Několikanásobný výskyt extrémních povodní na povodích Polečnice a Křemžského potoka během jednoho měsíce, obdobně jako atypický poměr extrémního objemu povodňové vlny k její kulminaci na Dubské Bystřici (**obr. 2.15**), patří mezi jevy, jejichž výskyt nikdo nepředpokládal. Bude třeba se jimi proto podrobněji zabývat a vyvodit z toho poznatky pro poskytování návrhových veličin na malých nepozorovaných povodích.

2.3 Vliv vodních děl na průběh povodně

Vodní nádrže svým retenčním účinkem ovlivňují průběh povodňových vln. Míra retence nádrží je závislá na velikosti disponibilního objemu volného prostoru v nádrži (ovladatelný retenční prostor a případně část zásobního prostoru) ve vztahu k objemu povodně, kapacitě bezpečnostních i výpustných zařízení a způsobu manipulace. Rozdělení prostoru v nádrži vyplývá z účelů, pro které je vodní dílo navrženo. Toto

rozdělení je graficky znázorněno pro nádrže zatížené povodní v srpnu 2002 na **obr. 2.16**. Manipulace za povodňových situací jsou stanoveny manipulačním řádem. Transformace povodňové nádrží (zmenšení vyšší kulminace přítoku na menší kulminaci odtoku z nádrže, projevující se i časovým posunem kulminace) nastane vlivem využití volného prostoru nádrže. Překročení „neškodného odtoku“ signalizuje nebezpečí vzniku povodňových škod v úseku toku pod nádrží.

Za extrémních povodňových situací se kromě ovladatelných prostorů nádrže plní také neovladatelný retenční prostor (tj. prostor nad korunou nehrazeného přelivu) a dochází k neřízenému



Obr. 2.19. Zmenšení kulminačních průtoků vodními díly – zadržetí vody ve volných prostorech nádrží

odtoku. Na nádržích Vltavské kaskády není neovladatelný ochranný prostor vymezen, protože přelivy jsou hrazeny až do úrovně maximální přípustné hladiny vody v nádrži.

Pro hodnocení vlivu vodních děl na průtok srpnové povodně 2002 v zasažených oblastech byl vzat do úvahy provoz 22 přehradních nádrží (v povodí Labe, Vltavy, Berounky, Ohře a Dyje). U 14 z nich je v manipulačních řádech vymezen ochranný ovladatelný prostor. Ten byl ve všech případech před nástupem první povodňové vlny prázdný, což činilo celkem 175 milionů m³. Vzhledem k předcházejícímu málo vodnému období před povodní byl u většiny nádrží částečně povyprázdněn i zásobní prostor, což poskytovalo celkem disponibilních zhruba 175 milionů m³ dalšího volného prostoru.

Tabulka 2.5. Bilanční posouzení spadlých srážek a proteklého množství vody ve vybraných povodích

Povodí	Závěrový profil	Plocha povodí [km ²]	Srážky [mld. m ³]	Odtok [mld. m ³]	Koeficient odtoku
Vltava	České Budějovice	2848	0,82	0,53	0,64
Otava	Písek	2913	0,73	0,40	0,54
Berounka	Beroun	8284	1,36	0,55	0,40
Vltava	Praha-Chuchle	26720	5,18	2,47	0,48
Labe	Ústí nad Labem	48557	7,14	2,66	0,37

Povodeň ovšem byla tak velká, že většina nádrží sice zmenšila významně kulminační průtoky v průběhu první povodňové vlny, ale druhou (větší) vlnu však již řada z nich nemohla výrazněji ovlivnit. Velikosti maximálních přítoků do nádrží ve srovnání s návrhovými hodnotami jsou znázorněny na **obr. 2.17**. Transformační účinky nádrží jsou schematicky zobrazeny na **obr. 2.18** vzájemným srovnáním maxim přítoku a odtoku. Retenční účinek nádrží je vyjádřen jako relativní zmenšení kulminačního průtoků na **obr. 2.19**.

Přehledné údaje o transformačním účinku posuzovaných nádrží jsou uvedeny v **tab. 2.4**. Z tohoto přehledu a dalších podkladů (manipulační řady, záznamy o hladině v nádrži aj.) je zřejmé, že účinek nádrží na zmenšení kulminačních průtoků byl pozitivní a manipulace probíhaly v souladu s ustanoveními platných manipulačních řádů.

Byly provedeny i modelové simulace možného vlivu Vltavské kaskády na velikost povodně v Praze. Na základě dosažených výsledků lze usuzovat, že při povodni v srpnu 2002 by byly i při jiných variantách manipulací na nádržích Vltavské kaskády dosažené rozdíly oproti naměřenému (vyhodnocenému) průtoků poměrně malé.

3 HODNOCENÍ EXTREMITY POVODNĚ

Při hodnocení extremity srpnové povodně 2002 bylo nejprve posouzeno, jaká průměrná doba opakování odpovídá kulminačním průtokům a objemům povodňových vln ve vodoměrných profilech říční sítě s využitím dosud platných velikostí N-letých průtoků. Následovalo zpracování druhého úkolu – vyšetřit, do jaké míry se výskytem extrémních veličin povodňové epizody ze srpna 2002 změnila charakteristiky časových řad a odhady N-letých průtoků.

K tomu, abychom získali co nejobektivnější představu o tom, jak dalece byla povodeň ze srpna 2002 výjimečná, přispělo i její porovnání s významnými historickými povodněmi.

3.1 Doby opakování kulminačních průtoků a objemů povodňových vln

Koncem osmdesátých let 20. století byly v Českém hydrometeorologickém ústavu na základě řad ročních kulminačních (maximálních) průtoků (největší hodnota průtoků v každém hydrologickém roce) z vodoměrných stanic na tocích v ČR odvozeny statistické charakteristiky kulminačních průtoků. Do zpracování vstupovaly průtokové řady za co možná nejdelší období pozorování, avšak s minimální délkou pozorování 30 let. Při zpracování byly využity i historické povodně, zejména z 19. století. Vlastnímu hromadnému zpracování předcházela aplikovaný výzkum, jehož výsledkem bylo doporučení používat pro extrapolaci a vyrovnání empirických čar překročení teoretické dvouparametrické, popř. tříparametrické logaritmicke-normální rozdělení.

2.4 Bilanční posouzení objemu srážek a odtoku

Extremitu povodně lze prokázat také na velikostech odtokových koeficientů, což je poměr mezi množstvím odtokové vody měřeném v závěrovém profilu daného povodí a množstvím spadlých srážek na plochu tohoto povodí.

Odtokové koeficienty jsou logicky větší v povodích, která byla zasažena vyššími úhrny srážek. Největší hodnoty koeficientů byly dosaženy v povodí Malše, kde z celkového objemu spadlých srážek za obě srážkové epizody odtoklo přímo více než 70 %, přičemž při první srážkové vlně to bylo 65 %, ale ve druhé vlně až 90 % při podstatně nižších srážkách (povodí pro profil Pořešín). Zde se potvrdil již zmíněný vliv silného nasycení povodí srážkami v průběhu první vlny.

S nárůstem plochy povodí a poklesem průměrné výšky srážek se hodnoty odtokových koeficientů zmenšovaly. V Praze odtoklo Vltavou necelých 50 % objemu spadlých srážek a na Labi v Ústí nad Labem to bylo již pouze necelých 40 %. V absolutních číslech šlo v profilu Praha-Chuchle o 2,5 miliardy m³ proteklé vody z celkového objemu 5,2 miliardy m³ spadlých srážek, viz **tab. 2.5**.

Pomocí regionálních regresních vztahů mezi statistickými charakteristikami a fyzicko-geografickými charakteristikami povodí a dále pomocí statistických zákonitostí souběhu povodňových vln v soutokových uzlech bylo provedeno vyrovnání těchto statistických charakteristik v systému říční sítě, včetně extrapolace do vybraných nepozorovaných profilů. Výsledkem tohoto zpracování je soubor statistických charakteristik ročních kulminačních průtoků v systému říční sítě ČR. Na základě tohoto souboru jsou odvozovány kulminační průtoky dané doby opakování, tzv. N-leté průtoky. Je třeba zdůraznit, že se jedná o průměrné doby opakování – doby mezi výskyty skutečných povodní se pohybují okolo průměru ve velmi širokém rozmezí.



Obr. 3.1. Průměrné doby opakování kulminačních průtoků (stanice jsou označeny čísly, shodně jako v tab. 2.1 a 3.1)

Tabulka 3.1. Hodnoty kulminačních průtoků povodně v srpnu 2002 a jejich doby opakování – N (Id = číslo v databázi)

Id	Stanice	Tok	Plocha povodí [km²]	Kulminační průtok [m³.s⁻¹]	Období zpracování	N původní [roky]	Období zpracování	N nové bez 2002	N nové s 2002
1110	Březí	Vltava	1824,6	706	1888, 1941–1960	> 1000	1888, 1890, 1899–1928, 1941–2002	200	100–200
1120	Kaplice	Malše	259,0	257	1965–1985	200–500	1888, 1949, 1965–2002	200–500	200
1125	Ličov	Černá	126,1	213	–	200–500	1888, 1967–2002	200	100–200
1126	Pořešín	Malše	437,9	434	–	200–500	1882–1938, 1978–2002	500–1000	200–500
1130	Římov	Malše	494,8	414	1888–1975	200–500	1888, 1890, 1899–2002	200–500	100–200
1140	Pašínovice	Stropnice	398,7	250	1910–1985	1000	1888, 1890, 1910–2002	200–500	200
1150	Roudné	Malše	961,2	695	1888, 1910–1975	> 1000	1888, 1890, 1897–2002	1000	200–500
1151	České Budějovice	Vltava	2847,6	1310	1875–1960	> 1000	1875–2002	1000	500
1290	Hamr nad Nežárkou	Nežárka	981,2	220	1912–1985	100–200	1912–2002	200	100–200
1310	Klenovice	Lužnice	3143,0	625	1890, 1910–1985	> 1000	1890, 1910–2002	1000	500–1000
1330	Bechyně	Lužnice	4046,3	666	1879–1985	1000	1879–2002	500	200–500
1410	Katovice	Otava	1134,5	424	1890, 1900–1985		1890, 1899–2002	100–200	50–100
1430	Němětice	Volyňka	383,4	199	1888, 1899–1985	200	1888, 1899–2002	100–200	50–100
1470	Podedvorský Mlýn	Blanice	202,9	280	1951–1985		1937–2002	1000	500–1000
1500	Heřmaň	Blanice	839,6	443	1888, 1926–1985	> 1000	1888, 1890, 1926–2002	500	200–500
1510	Písek	Otava	2912,8	1180	1874, 1887–1985	500–1000	1887–2002	500–1000	200–1000
1520	Dolní Ostrovec	Lomnice	390,7	262	1899–1985	> 1000	1895, 1899–2002	1000	1000
1530	Varvažov	Skalice	366,8	203	1890, 1899–1985	> 1000	1890, 1899–2002	1000	500–1000
1690	Zbraslav	Vltava	17816,7	3340	1845, 1936–1985	200–500	1845, 1936–2002	200–500	200–500
1790	Staňkov	Radbuza	699,9	213	1845, 1901, 1931–1985	100–200	1845, 1901, 1931–2002	100–200	100
1799	Lhota	Radbuza	1174,9	360	1845, 1901, 1914–1985	200–500	1845, 1901, 1913–2002	1000	200–500
1820	Klatovy	Úhlava	338,8	159	1931–1943, 1952–1985	200–500	(1845), 1931–1943, 1952–2002	200–500	100–200

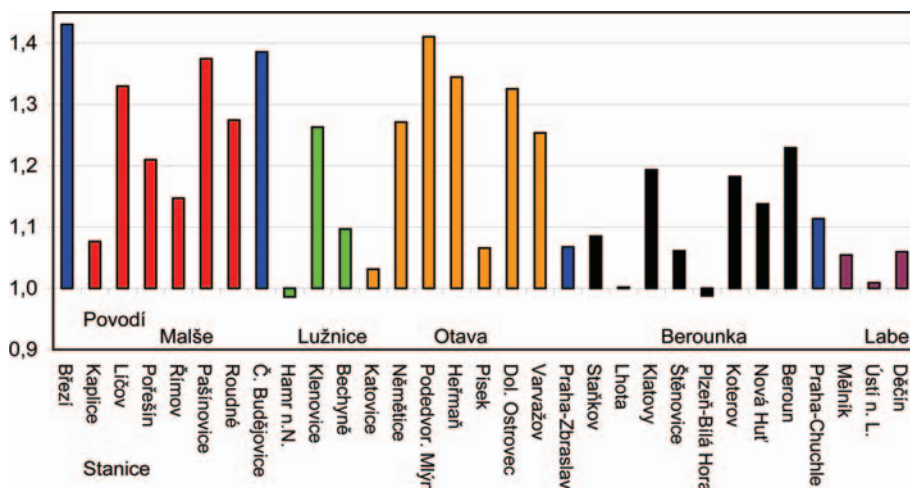
Id	Stanice	Tok	Plocha povodí [km ²]	Kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Období zpracování	N původní [roky]	Období zpracování	N nové bez 2002	N nové s 2002
1830	Štěnovice	Úhlava	897,3	398	1913–1985	1000	(1845), 1913–2002	1000	500
1860	Plzeň-Bílá Hora	Berounka	4015,6	858	1887–1985	100–200	(1845), 1887–2002	100–200	100–200
1870	Koterov	Úslava	734,3	610	1913–1985	> 1000	(1845), 1913–2002	1000	> 1000
1880	Nová Huť	Klabava	358,8	266	1950–1985	200	1950–2002	200	100–200
1980	Beroun	Berounka	8283,8	2170	1872, 1890–1985	500–1000	1872, 1890–2000	200–500	200
2001	Praha-Chuchle	Vltava	26719,9	5160	1845, 1890, 1899–1983	500	1827–2002	200–500	200–500
2040	Mělník	Labe	41824,7	5050	1845, 1852–1985	200–500	1845, 1852–2002	200–500	200
2210	Ústí n. Labem	Labe	48556,9	4700	1845, 1877–1985	100–200	1845, 1851–2002	100–200	100–200
2400	Děčín	Labe	51103,9	4770	1845, 1851–1985	100–200	1845, 1851–2002	100	100

Statistické charakteristiky ročních kulminačních průtoků se zpravidla po výskytu extrémních povodní ověřují, případně aktualizují. Například po katastrofální povodni v červenci 1997 byly přepracovány N-leté kulminační průtoky v povodích Odry, Moravy a horního Labe.

Stupnice dob opakování N-letých průtoků je dána normou ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod: N = 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 let. Průtoky s dobou opakování větší než 100 let se zpravidla udávají pro N = 200, 500, 1 000 let. Pokud vyšla při hodnocení doba opakování mimo hodnoty uvedené stupnice, uvádíme v tabulkách rozmezí dvou nejbližších hodnot (např. N = 50–100 let, nikoli například 70 let). Pokud doba opakování byla odhadnuta na více než 1 000 let, nebyla již přesněji specifikována.

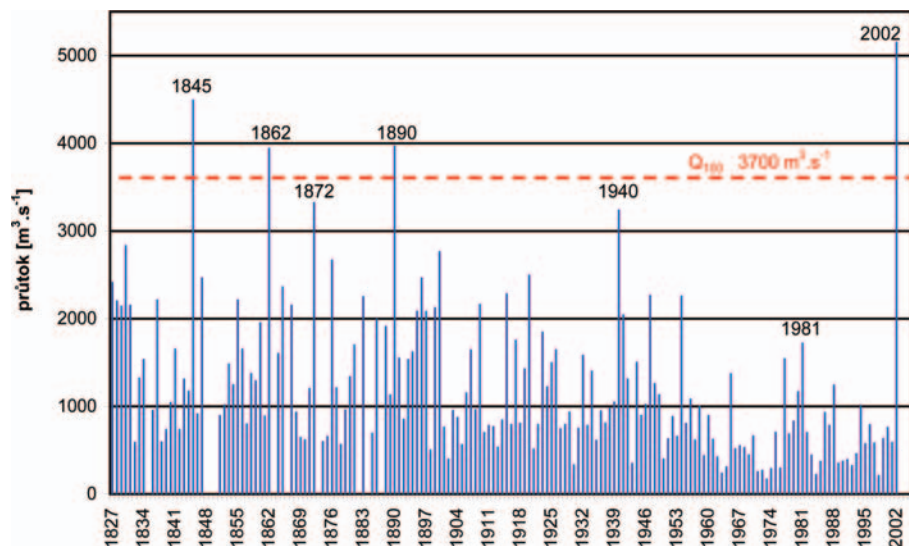
Kulminační průtoky a jim odpovídající průměrné doby opakování jsou pro první fázi povodně ze srpna 2002 uvedeny v **tab. 2.1**, pro druhou fázi v **tab. 2.2**. Mapa na **obr. 3.1** znázorňuje větší z vyčíslených dob opakování, což jsou kromě stanic z povodí Malše (Kaplice, Lícov, Pořešín) všechno případy z druhé fáze povodně. Podle průměrných dob opakování se povodeň ze srpna 2002 jeví jako nejextrémnější v povodí Malše, na úseku Vltavy od Českého Krumlova po profil přehrady Orlický náhon, na Blanici, Lomnici a Skalici a na pravostranných přítocích Berounky Úhlavě a Úslavě.

Pro posouzení, do jaké míry se výskytem extrémních veličin povodňové epizody ze srpna 2002 změnila charakteristika časových řad a odhady N-letých průtoků, byly vybrány pouze ty vodoměrné stanice, u kterých dosahuje původní doba opakování kulminačních průtoků alespoň u jedné vlny srpnové povodně 100 nebo více let. Pro porovnání nebyly použity řady ze stanic ležících bezprostředně pod vodními díly, která kulminační průtoky ovlivnila, a údaje ze stanic s příliš krátkými řadami pozorování.



Obr. 3.2. Poměr průtoků Q_{100} stanovených s uvažováním povodně z roku 2002 k původním hodnotám Q_{100} (modře jsou označeny stanice na toku Vltavy, fialově na toku Labe)

Porovnány byly také výsledky získané z řad za celou dobu pozorování, v první variantě končící rokem 2001 a v **tab. 3.1** označené „N nové bez 2002“ s výsledky výpočtu druhé varianty, tj. při zařazení ročního maximálního kulminačního průtoků z roku 2002 a označené „N nové s 2002“.



Obr. 3.3. Kulminační průtoky Vltavy v Praze z období 1827–2002

Doby opakování, které vycházejí z údajů platných před vyhodnocením povodně 2002, jsou v **tab. 3.1** uvedeny jako „N původní“. Zařazením extrémních průtoků do řad pozorování se téměř ve všech stanicích N-leté průtoky zvětšily, takže doby opakování průtoků z povodně roku 2002 vycházejí kratší v porovnání s hodnotami podle řad do roku 2001 i ve srovnání s původními údaji. Například v řadě stanic, kde podle původního hodnocení vycházely doby opakování maximálního průtoku větší než 1 000 let, se posouvají při zpracování řad včetně povodně 2002 do intervalu 500 až 1 000 let (stanice Klenovice na Lužnici, Podedvorský Mlýn na Blanici a Varvažov na Skalici), na úroveň 500 let v profilech České Budějovice na Vltavě, Štěňovice na Úhlavě a dokonce až na 200 let (Vltava v Březí, Pašínovice na Stropnici). Pouze u dvou stanic (Dolní Ostrovec na Lomnici a Koterov na Úslavě) neklesla nově odhadnutá doba opakování pod 1 000 let.

Podle varianty se zařazením povodně 2002 by doba opakování pro Vltavu v Praze poklesla z 500 let do intervalu 200 až 500 let, v profilu Labe v Děčíně by se z intervalu 100 až 200 let zkrátila na 100 let.

Zařazení povodně 2002 do řady kulminačních průtoků se znatelně projevuje i na velikosti 100letých průtoků. Sloupcový graf na **obr. 3.2**, na kterém jsou znázorněny procentuální poměry hodnot 100letého průtoku získaného z řad obsahujících povodně 2002 k původním hodnotám, ukazuje, že ve 13 případech ze 32 vycházejí „nové“ hodnoty větší o více než 20 %.

Pro analýzu objemů povodňové vlny ze srpna 2002 byla použita data ze dvou stanic, a to z Prahy na Vltavě a Děčína na Labi. Na základě hodnocení řad průměrných denních průtoků (v Praze za období 1901–2002, včetně rekonstruované vlny z roku 1890, a v Děčíně za období 1851–2002) byly odvozeny N-leté objemy příslušného trvání. Doba opakování objemu srpnové povodňové vlny pro Vltavu v Praze (2,47 mld. m³) vychází na základě zpracování řady podle ročních maximálních objemů přibližně 200 let a při uvažování objemů

pouze letních povodní 200 až 500 let. Pro Labe v Děčíně byla vypočtena doba opakování u ročních objemů na 50 let, u letních objemů přibližně na 100 let.

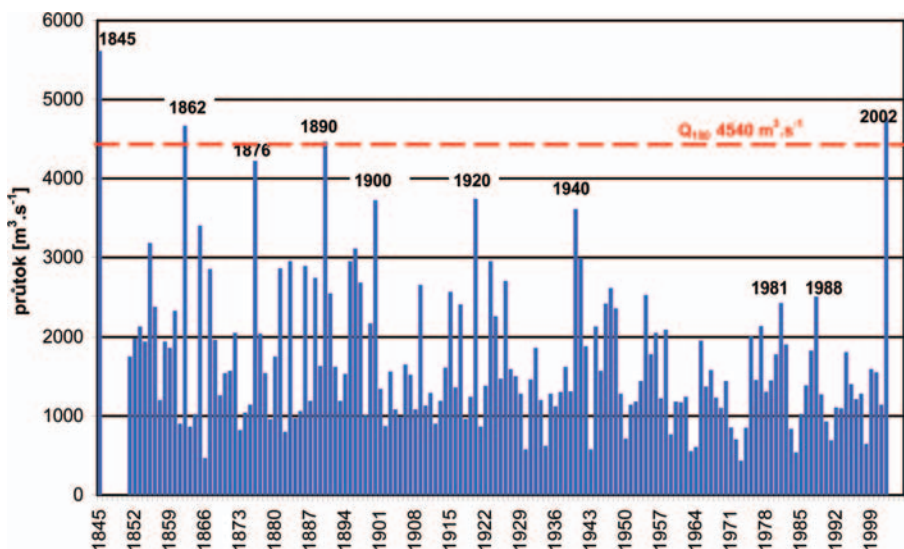
3.2 Porovnání povodně 2002 s velkými historickými povodněmi

Výše uvedené výsledky jen potvrzují známou skutečnost, že statistické odhady N-letých průtoků jsou i v případě, že doba opakování kulminačních průtoků je srovnatelná s délkou pozorované řady, zatíženy nezanedbatelnou chybou. S délkou doby opakování nejistota odhadu N-letých průtoků roste, takže platí: čím větší povodeň, tím nepřesnější je odhad její doby opakování. Informace získané

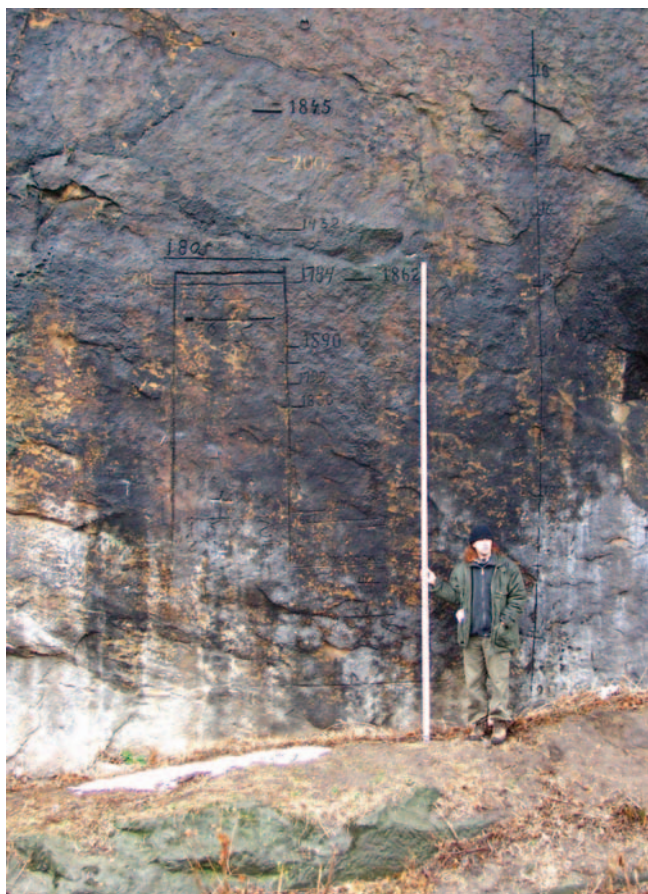
porovnáním značek historických povodní a další údaje o katastrofálních povodních z historického období, pokud se je podaří získat a správně posoudit, mohou k posouzení extremity povodně přispět rozhodujícím způsobem. Při zkoumání historických povodní je podstatný rozdíl mezi obdobími, ze kterého existují souvislá vodoměrná a srážkoměrná pozorování, a předcházejícím obdobími, ze kterého jsou zdrojem informací pouze značky úrovní hladin velkých povodní nebo psané záznamy umožňující výšku povodňové hladiny určit. Důležité jsou i popisy rozsahu záplav a časového průběhu povodní.

Podle vyhodnocení nejdelších souvislých řad průtoků vodoměrných stanic, které jsou např. na Vltavě v Praze k dispozici od roku 1827 a na Labi v Děčíně od roku 1851 (vyhodnocena je i mimořádná povodeň z března 1845), byly velké povodně poměrně časté ve druhé polovině 19. století. Pak se četnost jejich výskytu pozvolna zmenšovala, druhá polovina 20. století byla na výskyt velkých povodní z regionálních srážek poměrně chudá.

Maximální roční kulminační průtoky na Vltavě v Praze jsou znázorněny na **obr. 3.3**. Graf vykazuje až do roku 2001 zcela jasný klesající trend povodňových výskytů. Kulminace povodní v Praze jsou od roku 1954, kdy byla uvedena do



Obr. 3.4. Kulminační průtoky Labe v Děčíně z roku 1845 a z období 1851–2002



Obr. 3.5a. Fotografie povodňových značek výšky vody v Labi na skále v Děčíně

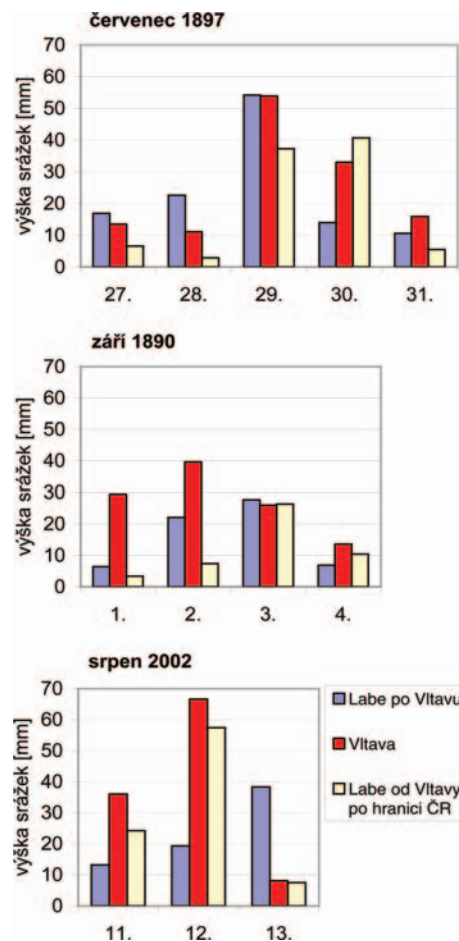


Obr. 3.5b. Detail z fotografie povodňových značek výšky vody v Labi na skále v Děčíně

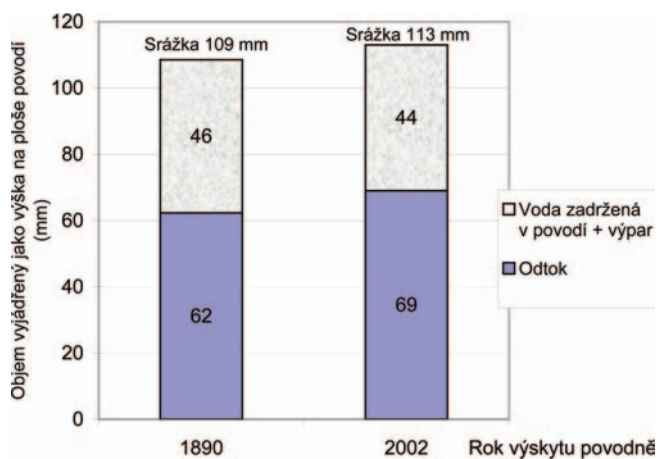
provozu přehradní nádrží Slapy, ovlivněny nádržemi Vltavské kaskády. Zmenšení kulminačních průtoků vlivem Vltavské kaskády bylo podle výsledků studie (Kašpárek a Bušek, 1990) v rozmezí od 0 do $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Z hlediska velikosti kulminačního průtoku povodňové vlny v Praze je srpnová povodeň z roku 2002 největší ze všech povodní, které zde byly během standardních vodoměrných pozorování zaznamenány a vyhodnoceny.

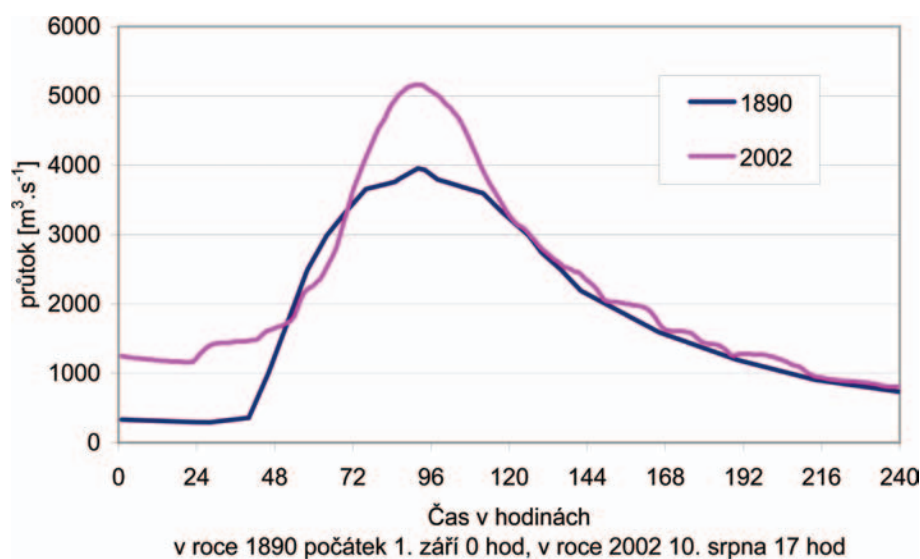
Historické prameny uvádějí, že na Vltavě v Praze se před zahájením pravidelného pozorování (tj. před rokem 1827) vyskytlo 45 významných povodní (nejstarší z roku 819). Výskyt mimořádné povodně v roce 2002 byl podnětem pro průzkum a zejména pro hlubší zhodnocení informací o výskytu mimořádných povodní v Čechách. Ze získaných informací vyplývá, že kulminační průtok povodně 2002 byl v Praze také větší než za povodně v únoru 1784 i než za povodně z roku 1845. Prokazuje to porovnání úrovně maximální hladiny vody v srpnu 2002 se dvěma historickými značkami povodně roku 1784 (nacházejí se v Praze na levém břehu Vltavy u mostu Legií a Karlova mostu) a dále se značkami z roku 1845. Další srovnání úrovně hladin velkých povodní i zjištění, že úsek toku Vltavy v okolí Karlova mostu nedoznal od jeho výstavby zásadních změn, vedou k závěru, že kulminační průtok povodně 2002 v Praze byl s velkou pravděpodobností větší než u všech povodní, které se zde vyskytly od roku 1432. Z úvah obsažených v článku (Müller a Kakos, 2003) vyplývá, že úhrn srážek, které způsobily povodeň v červenci 1432, byl vyšší než v roce 2002. Výskyt vyhodnocených povodní na Labi v Děčíně je znázorněn na obr. 3.4. Z grafu je patrné, že v celkovém pořadí dosažených kulminací se nachází povodeň v srpnu 2002 na Labi až na třetím místě za povodněmi v letech 1845 a 1862. V obou těchto případech však šlo o březnové povodně spojené s táním sněhu na celém povodí Labe. Doposud největší vyhodnocená letní povodeň na Labi v Děčíně v roce 1890 byla, stejně jako povodeň v roce 2002, způsobena převážně odtokem z povodí Vltavy. Pořadí povodní na Labi potvrzuje i soubor zachovaných historických značek na skále v Děčíně pod zámek, viz obr. 3.5.



Obr. 3.6. Časové průběhy jednodenních výšek srážek (mm), které způsobily povodně v roce 1890, 1897 a 2002



Obr. 3.7. Výšky srážek na povodí Vltavy v Praze a jejich rozdělení na odtok, vodu zadrženu v povodí (včetně výparu), údaje pro druhé vlny povodní 1890 a 2002



Obr. 3.8. Časové průběhy průtoků Vltavy v Praze, povodeň 1890 a 2002

Pravděpodobnost, že se extrémní povodeň podobných rozměrů, jakými se vyznačovala srpnová povodeň 2002, vyskytne na českém území v příštích letech či desetiletích, nelze seriálně kvantifikovat. Případy kumulace let s výskytem velkých povodní v letním pololetí v kratších časových údobích jsou však v povodí Vltavy v minulosti známy (1872, 1890, 1897, 1899).

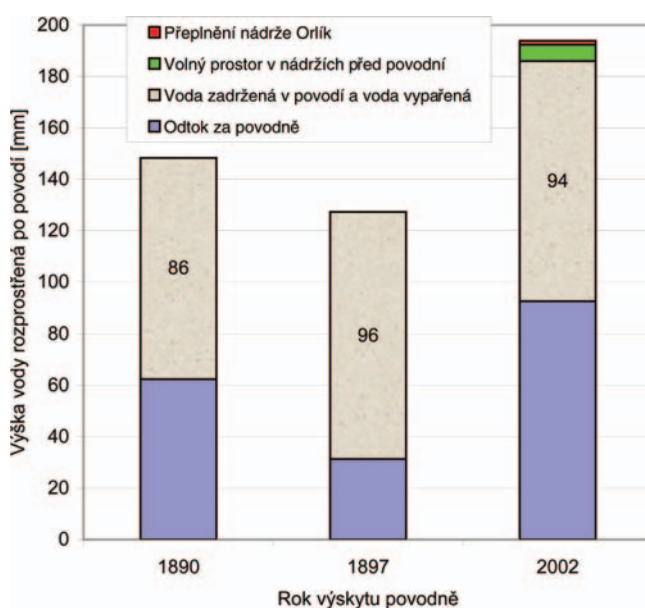
3.3 Porovnání příčin letních povodní v letech 1890, 1897 a 2002

Ve všech těchto případech jde o mimořádně velké letní povodně způsobené regionálními srážkami, které vznikly za podobných meteorologických podmínek. Do českého prostoru přinášely vydatné srážky pomalu postupující tlakové níže ze severní Itálie. Celkové průměrné výšky příčných srážek na povodí Vltavy po Prahu z několika dní před kulminací povodně nejsou u porovnávaných povodní příliš rozdílné (1890 – 109 mm, 1897 – 127 mm, 2002 – 111 mm), v povodí Vltavy je navíc podobné i jejich prostorové rozložení. V rozložení srážek na území celých Čech však jsou již patrné značné rozdíly. V roce 1897 se vyskytly největší srážky v Jizerských horách a Krkonoších, významné byly i v Krušných horách, zatímco v roce 1890 tyto oblasti mimořádnou srážkou

zasázeny nebyly. V roce 2002 vypadl největší úhrn v Krušných horách, srážky v Jizerských horách byly podstatně menší než v roce 1897 a oblast Krkonoš významně nezasáhly. K rozdílným znakům patřil i výskyt předcházejících srážkových epizod a z něj vyplývající stupeň nasycenosti povodí vodou. Srážky, které způsobily povodně 1890 a 2002, proběhly ve dvou vlnách; v roce 1890 s pětidenním odstupem, v roce 2002 jen s třídní přestávkou. V roce 1897 předcházelo povodni suché, srážkově deficitní období. Od počátku července do 27. července 1897, kdy začaly vypadávat extrémní srážky, napršelo na povodí Vltavy po Prahu v průměru jen 31 mm. V roce 1890 byla průměrná výška srážek na povodí Vltavy po Prahu v měsíci srpnu, který předcházel výskytu povodně, 116 mm. Velký vliv předcházející nasycenosti povodí se projevil v tom, že za povodně roku 1890 odtéklo 57 % srážek, zatímco za povodně 1897 jen 25 % příčných srážek. To, že v roce 1897 na Vltavě nenastala povodeň obdobná případu z roku 1890, lze vysvětlit zejména absencí předcházejících srážek a malou nasyceností povodí v roce 1897.

Srážky ze srpna 2002 a z počátku září 1890 se liší tím, že

- v roce 2002 byla výška srážek první vlny 75 mm, což je podstatně více než 40 mm v roce 1890,
- časový odstup mezi srážkovými epizodami byl v roce 2002 jen tři dny, v roce 1890 pět dní,
- téměř stejné výšky srážek v druhé srážkové epizodě vypadly v roce 2002 ve třech dnech, a to značně nerovnoměrně – s vysokými úhrny hlavně v druhém dni, zatímco v roce 1890 ve čtyřech dnech, s podstatně rovnoměrnějším časovým průběhem, viz [obr. 3.6](#). Srážkové výšky z druhých epizod jsou u povodní 2002 a 1890 téměř stejné.



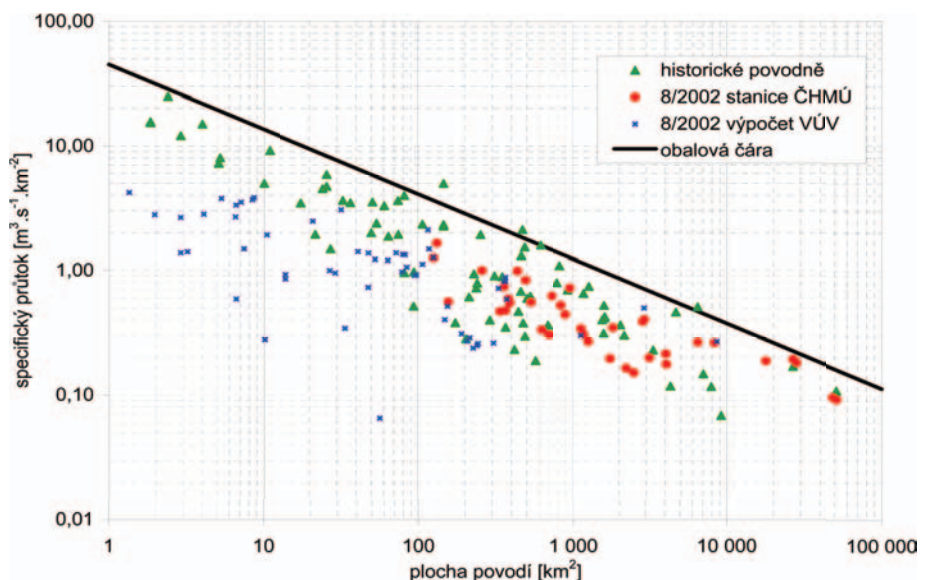
Obr. 3.9. Rozdělení srážek na povodí Vltavy v Praze na odtok, vodu zadrženu v povodí (včetně výparu) a vodu zadrženu v nádržích, souhrny pro obě vlny povodní 1890 a 2002

Vysoký stupeň nasycení povodí v roce 1890 ještě před nástupem příčných srážek první povodňové fáze zřejmě přispěl k tomu, že odtokové výšky z druhé vlny srážek se v roce 1890 a 2002 příliš nelišily (viz obr. 3.7), i když první vlna srážek byla v roce 2002 podstatně větší. Určitou roli lze přisoudit i rozdílným průběhům teplot. V roce 1890 nastalo již od druhého srážkového dne (2. září) prudké ochlazení, s teplotami blízkými 10 °C, v roce 2002 byly teploty po celou dobu povodně relativně vysoké. V roce 1890 tedy musel být výpar z povodí během povodně znatelně menší než v roce 2002. Při srovnatelných výškách odtoku lze značný rozdíl mezi průběhem vrcholu povodňových vln (viz obr. 3.8), a mezi kulminačními průtoky ($3\,980\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ v roce 1890 a $5\,160\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ v roce 2002) přisoudit zejména tomu, že v roce 2002 byly srážky podstatně intenzivnější. Mimořádnost časového průběhu druhé vlny srpnové povodně 2002 spočívá jednak ve větší intenzitě srážek, jednak v tom, že akumulací prostoru v povodí byly z podstatné části zaplněny krátce předcházející velmi významnou srážkou a jí vyvolanou povodní. Nejde jen o nasycení půdy, význam má také zaplnění prūln v aluviálních náplavách údolních niv i relativně velké průtoky v říční síti v patě druhé vlny.

Plošné úhrny srážek z jednotlivých epizod porovnávaných povodní nejsou z hlediska pravděpodobnosti nijak mimořádným jevem, ani výskyt dvou srážkových situací v krátkém časovém sledu není nic výjimečného. Výskyt sledu dvou za sebou jdoucích extrémních srážkových situací s tak malým časovým odstupem, jaký byl v srpnu 2002, je však zcela ojedinělý. Výjimečnost srážek ze srpna 2002 vynikne, když se posoudí výšky srážek za celé období povodní, viz obr. 3.9. Z grafu je zřejmé, že rozdíl srážek a odtoku, tj. celková výška srážek zadržena v povodí (z podstatné části již během povodně vypařena), se u porovnávaných povodní významně neliší. Souhrnný objem pro zadržení a vypaření vody za letních povodní byl v rozsahu povodí Vltavy nad Prahou v roce 2002 stejný jako na konci 19. století. Graf také ukazuje, jak relativně nevýznamné byly z hlediska objemu odtoku povodně 2002 volné prostory nádrží v povodí, což samozřejmě neznamená, že nádrže nezmenšily kulminační průtoky.

4 HLÁSNÁ A PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÁ SLUŽBA

Podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, zabezpečoval funkci výstražné předpovědní služby v průběhu srpnové povodně Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) ve spolupráci s vodohospodářskými správci povodí a v úzkém napojení na systém hlásné povodňové služby, kterou organizují povodňové orgány. Data, informace, předpovědi, upozornění, výstrahy a zprávy zabezpečovala v průběhu povodně regionální a centrální předpovědní pracoviště ČHMÚ. Tyto údaje měly pro povodňovou ochranu klíčový význam. Byly podkladem pro aktivizaci jejích jednotlivých složek, vyhlášení stupňů povodňové aktivity, varovnou činnost aj.



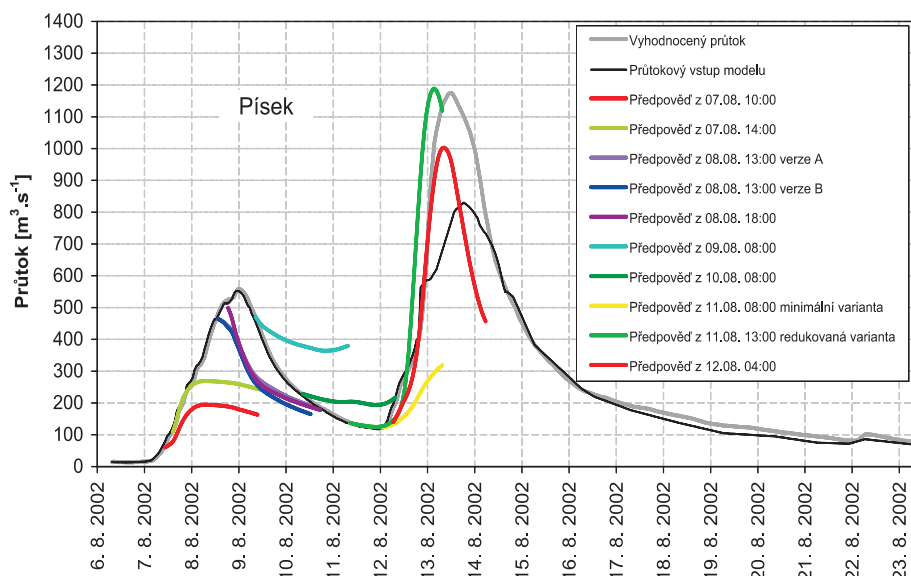
Obr. 3.10. Porovnání kulminačních specifických odtoků za povodně v srpnu 2002 s dosud známými extrémními hodnotami a jejich obalovou čarou

3.4 Porovnání kulminačních specifických odtoků

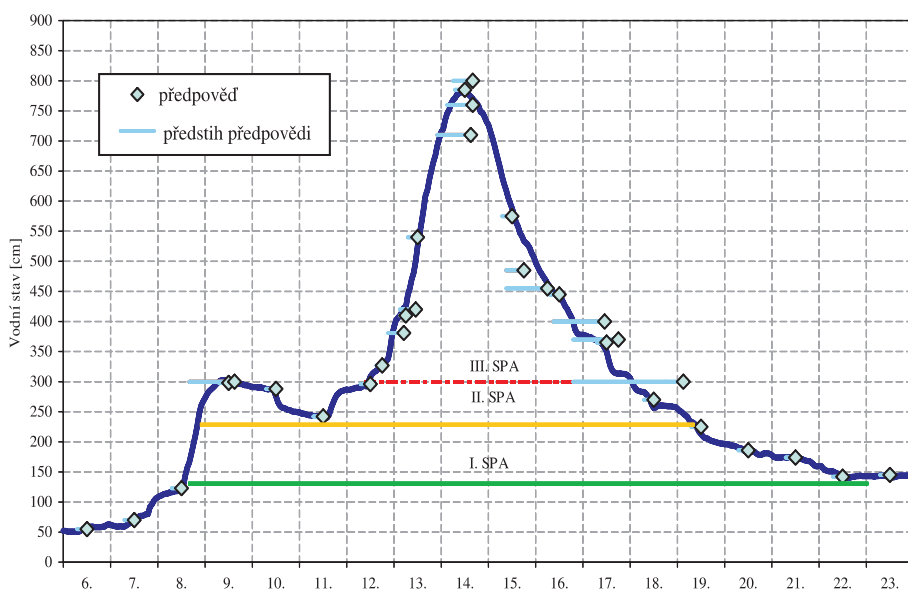
Kulminační průtoky z povodně v srpnu 2002 z vodoměrných stanic ČHMÚ i maximální průtoky vyhodnocené v nepozorovaných profilech na základě terénních zaměření provedených po povodni týmem pracovníků VÚV T.G.M. byly převedeny (dělením plochou povodí) na kulminační specifické odtoky a porovnány v grafu na obr. 3.10 s dosud vyhodnocenými maximálními hodnotami této veličiny. Odvozený vztah je výsledkem vyhodnocení extrémních povodní v různých povodích v ČR, částečně i na Slovensku. Zobrazené body vycházejí ze systematických pozorování, z výsledků jednorázových vyhodnocení povodní i mimo vodoměrnou pozorovací síť a také z rozboru historických povodní, včetně extrémních povodní z let 1997 a 1998. Obalová čára vymezuje maxima specifického kulminačního odtoku zaznamenaného v přírodních podmínkách ČR v závislosti na ploše povodí. Hodnoty kulminačních specifických odtoků za povodně v roce 2002 se k obalové čáře známých maxim nejvíce přibližují v bodech odpovídajících stanicím s velkou plochou povodí – Beroun na Berounce, Praha-Chuchle a Praha-Zbraslav na Vltavě a Děčín na Labi. Tento výsledek je v souladu s tím, že povodeň v srpnu 2002 vznikla z regionálních dešťů s velkým plošným rozsahem. Specifické kulminační odtoky ze středních a malých povodí sice dosáhly rovněž velkých hodnot, dosud pozorovaná maxima jsou však ještě větší.

4.1 Možnosti předpovědi vydávaných meteorologickou službou ČHMÚ

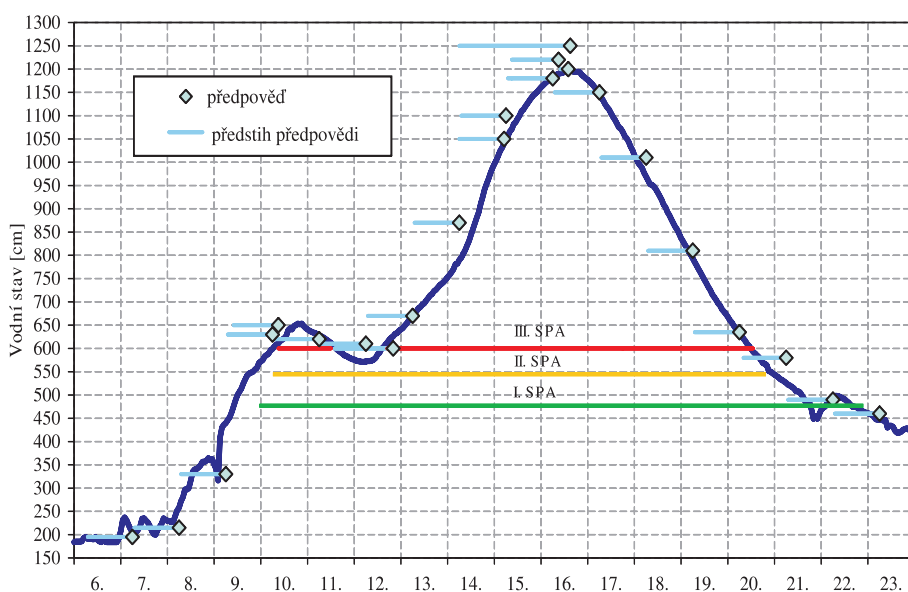
Pro vydávání meteorologických předpovědí v srpnu 2002 se používala data o aktuálním stavu počasí (přízemní pozorování z meteorologických stanic, data z výstupních aerologických sond, družicová a radarová měření aj.) a dále produkty numerických meteorologických modelů. Nejvíce používaný byl francouzský model ALADIN umožňující krátkodobou předpověď počasí na jeden až dva dny. Byly využívány i výstupy dalších zahraničních meteorologických modelů – lokálních pro krátkodobou předpověď i globálních pro střednědobé



Obr. 4.1. Ukázka variantních předpovědí pro Otavu v Písku



Obr. 4.2. Předpovědi vodních stavů vydané pro Vltavu ve stanici Praha-Chuchle



Obr. 4.3. Předpovědi vodních stavů vydané pro Labe ve stanici Ústí nad Labem

předpovědi až do deseti dnů. Výstupy se střednědobým předstihem však mají menší prostorové i časové rozlišení než u podrobnějších modelů pro krátkodobou předpověď, a tím je i jejich nejistota větší. Nebezpečná meteorologická situace byla nejdříve analyzována pomocí globálního modelu. Průběh jevů, jejich intenzita i regionalizace byly pak doplňovány na základě lokálních modelů, které dokáží lépe postihnout vliv orografie. Vývoj počasí se dále upřesňoval podle pozorování na meteorologických stanicích a z radarových měření. Výstupy z modelů byly při tom nepostradatelným podkladem pro předpověď srážek. Konečné rozhodnutí zůstávalo však jako vždy na meteorologovi, který předpověď koriguje podle svých zkušeností.

4.2 Možnosti předpovědi vydávaných hydrologickou službou ČHMÚ

Hydrologické předpovědi se vydávají ve standardním provozu jednou denně pro 19 předpovědních profilů v celé České republice. V oblastech postižených povodní to byly na Berounce Beroun, přítok do nádrže vodního díla Orlik, na Vltavě Praha-Chuchle a Mělník, Ústí nad Labem a Děčín pro Labe. Za povodně se počet předpovědních profilů zvýšil. Tyto předpovědi byly počítány manuálně s využitím metody odpovídajících si průtoků a na podkladě poznatků o postupových dobách průtoků. Na časový předstih předpovědi mají vliv především geografické rozměry povodí. Ty jsou u českých toků, s jejichž parametry (plocha povodí, délka toku aj.) je třeba operovat v předpovědním provozu, poměrně malé. Proto lze vydávat přesnější předpovědi v povodí Labe s předstihem na dobu od 6 do 24 hodin v závislosti na velikosti povodí. Od roku 2002 byly pro výpočet předpovědi využívány rovněž hydrologické modely, které byly odvozeny a nakalibrovány v předcházejících letech pro povodí většiny hlavních řek v České republice. V době srpnové povodně byly nasazeny na všech předpovědních pracovištích do zkušebního provozu a zpracovávaly se podle nich předpovědi s předstihem až 48 hodin. Každé regionální pracoviště ČHMÚ provozovalo část modelu pokrývající jemu příslušející část povodí. Velmi užitečným prostředkem se ukázal být a v předpovědním provozu se plně osvědčil hydrologický předpovědní systém (model) Aqualog, a to především pro předpovědi odtoku na základě údajů o spadlých srážkách v horních částech povodí.

4.3 Hodnocení předpovědi

Výpočet předpovědi – manuálním postupem i modelem – byl v průběhu srpnové povodně komplikován zejména nedostatkem a nejistotou některých vstupních údajů. Zejména citelný byl výpadek hlášení ze zničených nebo poškozených vodoměrných stanic. V některých případech nejistotu zvěšovala i hlášení ze stanic, které se ocitly v důsledku zvýšených hladin ve vzduší vodních děl. Obtíže zvyšovala i skutečnost, že měrné křivky průtoku bylo nutné operativně extrapolovat do oblastí extrémních hodnot. Navíc ve vrcholové fázi vývoje povodňové situace musela být regionální předpovědní pracoviště v Plzni a v Českých Budějovicích evakuována a pracovala v provizorních podmínkách, což zkomplikovalo jejich provozuschopnost a operativní vydávání některých předpovědi v tomto období. Přes tyto problémy měly vydávané hydrologické předpovědi až na výjimky poměrně dobrou kvalitu a jejich chyby se pohybovaly v přijatelných mezích (většinou do 10 % skutečných hodnot předpovídané veličiny).

Při první povodňové vlně byly však předpovědi v povodí horní Vltavy a Malše vytvořené hydrologickým předpovědním modelem výrazně menší než pozorovaná skutečnost. Důvodem byly nepřesné výstupy meteorologických modelů, které výrazně podcenily reálné srážkové úhrny v dané oblasti.

Na počátku druhé fáze povodně zpracovalo regionální předpovědní pracoviště v Českých Budějovicích dne 11. srpna tři varianty předpovědi dalšího hydrologického vývoje v závislosti na variantách očekávaného vývoje srážek. Varianta založená na „maximální“ předpovědi budoucích srážek prokázala velmi rychlou a extrémně velkou odtokovou odezvu ve vývoji povodňových průtoků na tocích v jihozápadních Čechách. Vzhledem k tomu, že předpovědi srážek bývají dosud zatíženy velkou nepřesností, nebyla hydrologická předpověď na počátku povodně založena na této maximální variantě. U modelové aplikace „minimální“ varianty srážkové předpovědi (cca 50 % srážkové výšky „maximální“ varianty) byla simulovaná reakce toků řádově menší. Porovnání se skutečným průběhem povodně prokázalo, že se reálným poměrům nejlépe přibližovala „maximální varianta“ (viz obr. 4.1).

Dále se ukázalo, že hydrologický model je schopen na základě předpovězených srážek dobře simulovat vývoj průtoků na větších povodích (v řádu tisíců km²). U menších toků a povodí je vliv nejistoty předpovězeného množství a časového a prostorového rozložení srážek příliš velký, takže neumožňuje s výraznějším předstihem určit přijatelně přesně průběh povodňové vlny. Na větších povodích se vliv odchylek v časovém a prostorovém rozložení předpovídaných srážek projevuje méně, protože se jejich účinek obvykle vyrovnává. Znovu se také ověřilo, že tvar povodňového hydrogramu je v případě velkých povodí zasažených regionálním deštěm výrazně ovlivněn morfologií říční sítě a z ní vyplývající skladbou průtoků z dílčích povodí.

Předpovědi pro Vltavu v Praze a pro profily na dolním Labi vydávalo Centrální předpovědní pracoviště (CPP) v Praze. Zvláště jeho provoz znesnadňovaly výpadky v došlých hlášeních a informacích o hydrologické situaci v říční síti a na některých vodních dílech, jakož i nejistota u extrapolovaných měrných křivek pro klíčové stanice (např. Beroun, Praha-Chuchle). Možný časový předstih předpovědi pro Vltavu v Praze ilustruje obr. 4.2. V případě vodoměrné stanice v Praze-Chuchli nebylo ve vrcholové fázi povodně v důsledku těchto obtíží vydávání předpovědi průtoků již možné. Proto byly používány a předpovídaný pouze údaje o vodních stavech. Po analýze průběhu povodně v Praze byly průtoky a vodní stavy na dolním Labi předpovídaný snadněji a přesněji, viz obr. 4.3.

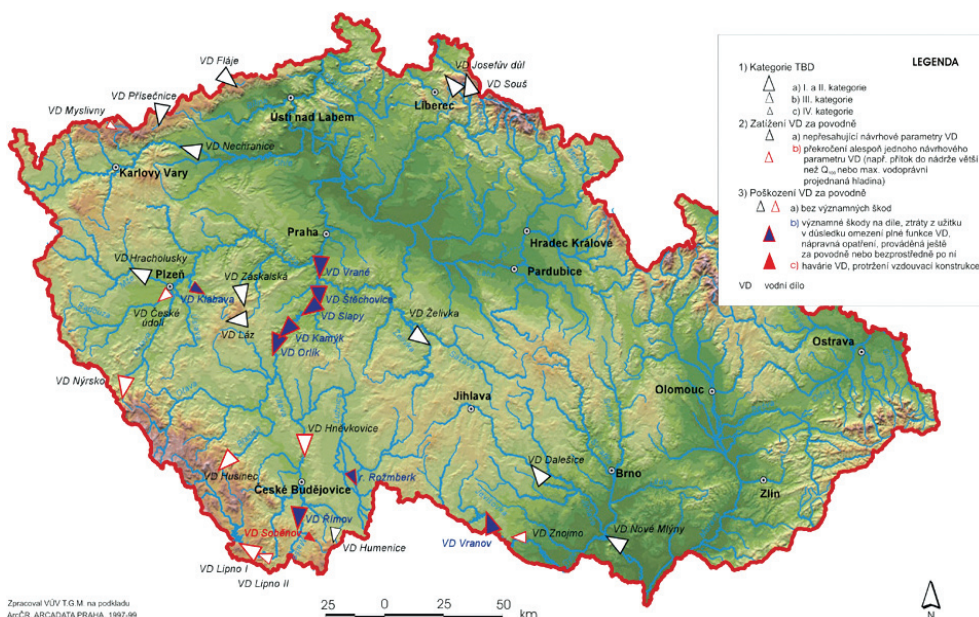
Centrální předpovědní pracoviště ČHMÚ v průběhu povodně vydalo celkem 59 informačních zpráv o vývoji hydro-meteorologické situace včetně její prognózy, které byly poskytnuty orgánům krizového řízení, informačním médiím a volně publikovány na Internetu. Dále bylo vypracováno 10 speciálních zpráv pro zasedání Ústředního krizového štábu. Rovněž předávání zpráv o vývoji odtokové situace na území České republiky do zahraničí pro potřeby povodňových orgánů na zasažených povodích sousedních států se dařilo plnit v souladu s uzavřenými dohodami.

5 BEZPEČNOST VODNÍCH DĚL

Bezpečnost vodních děl (VD), která byla srpnovou povodní 2002 zasažena, byla sledována a hodnocena již v průběhu povodně a prověřena pracovníky Technicko-bezpečnostního dohledu (TBD) bezprostředně po jejím odeznění. Prověřena byla všechna povodní významně zatížená vodní díla I.–III. kategorie (zařazení do kategorií vychází v ČR ze stupně ohrožení obyvatelstva, zástavby, infrastruktury, výroby, životního prostředí apod. vodním dílem).

5.1 Velké vodní nádrže

Ze souboru 27 významných vodních děl jich bylo 15 vystaveno mimořádnému zatížení. Přehledně jsou uvedena na obr. 5.1.



Obr. 5.1. Zatížení a poškození vodních děl za povodně



Obr. 5.2. VD Římov na Malši při povodni

Významné škody nastaly u osmi VD převážně na zabudovaných zařízeních, částečně na funkčních objektech hrází, v korytech bezprostředně pod hrázemi a značnou měrou ztrátami z užitku při následném omezení funkce VD. Následující stručný přehled umožňuje vytvořit si představu o rozsahu a příčinách těchto škod.

VD Římov na Malši

U tohoto VD překročila srpnová povodeň v obou přítokových vlnách jak kulminačními průtoky, tak zejména objemy odtoku z nádrže hodnoty odpovídající nejen návrhové povodni (s průměrnou dobou opakování kulminačního průtoku 100 let), ale i povodni kontrolní (s průměrnou dobou opakování kulminačního průtoku 1 000 let). Vzhledem k dále uvedeným úvahám o možnostech manipulací na tomto VD je třeba uvést předem několik základních údajů. Prostor stálého nadržení má objem 2,07 mil. m³, zásobní prostor 30,02 mil. m³, ovladatelný ochranný prostor 1,55 mil. m³. Celkový objem obou přítokových vln povodně do nádrže byl 105 mil. m³. Před přícho-dem první povodňové vlny byla hladina v nádrži 2,84 m pod maximální hladinou zásobního prostoru a při odtoku z nádrže 6,8 m³.s⁻¹. Celkový volný prostor do maximální hladiny představoval 7,1 mil. m³. Při nástupu vlny byl odtok zvětšen na 30 m³.s⁻¹ (maximální neškodný odtok). Vzhledem k mimořádné velikosti přítoku do nádrže došlo pak k naplnění zásobního i ochranného prostoru. S ohledem na nebezpečí překročení maximální přípustné hladiny (nebezpečí i pro vlastní hráz) byl odtok zvětšen až do velikosti přítoků do nádrže, takže kulminační průtok nemohl být zmenšen. Po odeznění první povodňové vlny byl vyprázdněn nejen ochranný prostor, ale mimořádně povoleným odtokem 80 m³.s⁻¹ byl uvolněn i zásobní prostor o 2,54 m pod jeho maximální hladinu. Na další snížení hladiny již nebyl čas. Před druhou povodňovou vlnou existoval tedy v nádrži volný prostor 5,46 mil. m³.

Žádnou manipulací – po povodni byly zpětně prověřeny všechny teoretické možnosti – nebylo možno vzhledem k rychlosti narůstání přítoku a zejména vzhledem k objemu povodně zmenšit kulminační průtoky. Možnosti manipulace byly u první vlny vyčerpány při průtocích nad 330 m³.s⁻¹ – kulminace byla 445 m³.s⁻¹, u druhé vlny s větším objemem při 250 m³.s⁻¹ – kulminace byla 476 m³.s⁻¹. Nejvyšší hladina dosáhla za povodně 4 cm pod povolenou maximální výšku, byla tedy na samé hranici bezpečnosti. Situaci za povodně dokumentují **obr. 5.2** a **5.3**.

Z vyhodnocení vyplývá, že extrémní povodně v této lokalitě mohou mít tak nepříznivou vzestupnou větev hydrogramu a tak velký objem, že s ohledem na kapacity bezpečnostních a výpustných zařízení nelze počítat v takových

případech s účinky retence jejich relativně malé nádrže.

Ke škodám došlo především v korytě pod hrázemi, na vlastním VD byly škody poměrně malé. VD Římov bylo i díky manipulaci po celou dobu povodně bezpečné a stabilní. Významnou skutečností je, že vodárenský odběr nebyl přerušen.

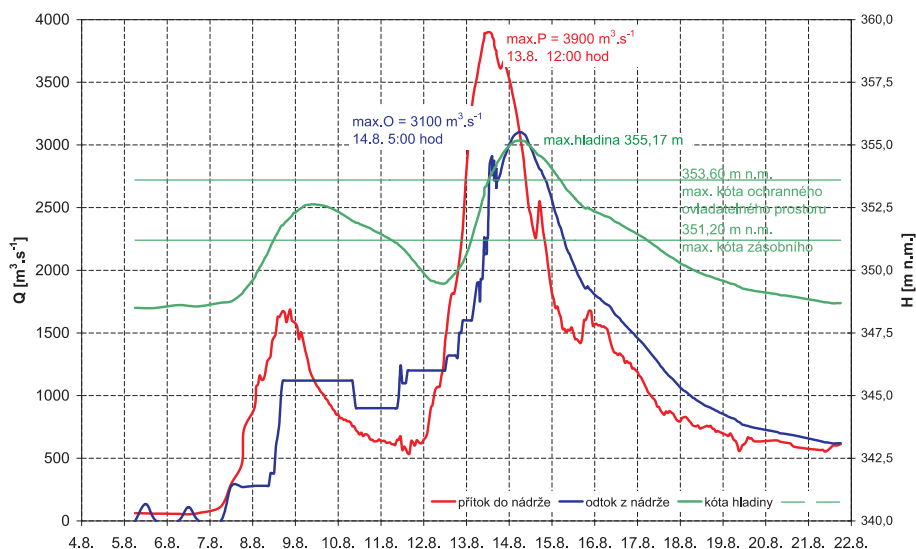
VD Orlík na Vltavě

Toto vodní dílo je nejvýznamnějším na Vltavě. Vybudováno bylo především pro účely výroby elektrické energie, značný je však i jeho význam vodohospodářský. Je to patrné i ze srovnání jeho užitkových prostorů s VD Lipno I.

Základní údaje nádrží	Orlík	Lipno I
Zásobní prostor v mil. m ³	374	274
Ovladatelný ochranný prostor v mil. m ³	62	33 (zimní) 12 (letní)
Průměrný roční průtok	83,4 m ³ .s ⁻¹	13,1 m ³ .s ⁻¹



Obr. 5.3. Skluz pod bezpečnostním přelivem VD Římov na Malši při povodni



Obr. 5.4. Průběh povodně na VD Orlík

Při povodňových průtocích se po naplnění zásobního prostoru manipuluje tak, aby nebyla překročena maximální hladina a pokud možno nebyl překročen neškodný průtok Vltavy v Praze-Chuchli $1\,500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

Hladina v nádrži byla před první vlnou povodně 5,1 m pod úrovní maximální hladiny. Vlivem výrazných srážek na povodích horní Vltavy, Malše, Otavy i Lužnice se večer 8. srpna zvětšil přítok do nádrže na hodnotu asi $1\,700\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Po nezbytných opatřeních na dolním toku Vltavy byl odtok z nádrže zvětšen na $1\,120\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, čímž již byla překročena velikost neškodného průtoku Vltavy před soutokem s Berounkou. Při první vlně povodně byl využit retenční prostor po úroveň 1 m pod maximální hladinu. Dne 10. srpna byl odtok zmenšen na $900\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ a probíhalo prázdnění nádrže, 11. srpna byl odtok zvětšen na $1\,200\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. V době nástupu druhé povodňové vlny byla hladina v nádrži na úrovni 4,1 m pod maximální hladinou, čemuž odpovídá velikost volného prostoru přibližně 104 mil. m^3 .

Vlivem mimořádně vydatných srážek na celém povodí ve dnech 11.–13. srpna došlo k prudkému nárůstu přítoku z $620\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ až na kulminační průtok $3\,900\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Odtok z nádrže byl zvětšován postupně, aby se umožnilo v Praze a v obcích na dolních úsecích toku provést nezbytná opatření, jako je stavba protipovodňových bariér, evakuace obyvatel apod. Postupné zvyšování hladiny vody v nádrži v mezích ovladatelného ochranného prostoru nezpůsobilo žádné provozní obtíže. První potíže v elektrárně způsobil zřejmě vysoký sloup vodní tříště, jehož část zalévala jímky blokových transformátorů. Ty jsou odvodněny do studny prosáklé vody. Přítok z jímek spolu s průsaky překročily kapacitu čerpadel a voda ze studny zaplavovala elektrárnu. Další drobné přítoky byly z drobných netěsností na východní stěně budovy elektrárny. Hlavní příčinou nastalých problémů bylo to, že při vlnobití ve vývaru

došlo až k pádu a poškození hradi-dlových tabulí, a tím k postupnému vyřazení všech čtyř turbosoustroj z provozu. Povodňový průtok byl pak převáděn pouze přelivy a spodními výpustmi. Dne 13. srpna po úplném vyhrazení segmentů, kterými jsou hrazeny přelivy, a výpadku elektrárny nastal neovladatelný stav a odtok z nádrže se zvětšil až na $3\,100\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Časový průběh přítoku do nádrže, odtoku a úrovně hladiny znázorňuje graf na obr. 5.4. Na obr. 5.5 a 5.6 je zachycen stav na VD Orlík při povodni. Kulminující přítok zvýšil hladinu v nádrži až na 1 m nad projektovanou maximální hladinu, což je úroveň plata otevřených plošin a vstupů na návodní straně hráze. Při dalším vzestupu hladiny až na 1,57 m nad maximální hladinu došlo shora k masivnímu zaplavování prostor uvnitř hráze. Voda přepadala i do žlabu lodního výtahu (lodě do 300t) a výtahu sportovní plavby. Přelitím bočních stěn žlabu docházelo ke značné erozi zemního materiálu až na skalní masiv.

Zvýšení hladiny nad vodohospodářsky stanovenou maximální hladinu o 1,57 m mělo i příznivý účinek – zvětšilo kapacitu ochranného prostoru a významně přispělo ke zmenšení kulminačního průtoku z $3\,900\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ na $3\,100\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, tj. o $800\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. To bylo zejména pro průběh povodně v Praze velmi významné.

Při průchodu extrémní povodně byly překročeny stanovené mezní hodnoty jen u výšky hladiny v nádrži a u hladiny dolní vody (tam asi o 0,2 m). Nelze vyloučit také krátkodobé překročení velikosti mezních hodnot průsaků. Povodňové škody ve vlastní hrázi spočívaly v zanesení hrázových chodeb, poškození elektroinstalace, mechanických měřicích zařízení i automatického monitorovacího systému TBD, čerpací stanice prosáklé vody a výtahu v hrázi. Mnohem větší byly důsledky úplného zaplavení elektrárny.

Při průchodu extrémní povodně byly překročeny stanovené mezní hodnoty jen u výšky hladiny v nádrži a u hladiny dolní vody (tam asi o 0,2 m). Nelze vyloučit také krátkodobé překročení velikosti mezních hodnot průsaků. Povodňové škody ve vlastní hrázi spočívaly v zanesení hrázových chodeb, poškození elektroinstalace, mechanických měřicích zařízení i automatického monitorovacího systému TBD, čerpací stanice prosáklé vody a výtahu v hrázi. Mnohem větší byly důsledky úplného zaplavení elektrárny.



Obr. 5.5. Letecký pohled na přehradu Orlík za povodně



Obr. 5.6. Vývar pod bezpečnostním přelivem VD Orlík za povodně

Byly to jednak škody na její technologii, jednak následné ztráty z jejího dlouhodobého odstavení. Další škody vznikly ve vývaru a navazující části koryta (viz [obr. 5.7](#)). Přes překročení v projektu uvažovaného maximálního zatížení bylo VD Orlík po celou dobu trvání povodně bezpečně a stabilní.

VD Kamýk na Vltavě

Hlavním účelem VD je základní vyrovnávání kolísání průtoků způsobené špičkovým provozem elektrárny na VD Orlík. Vyrovnávací prostor nádrže je jen 4,65 mil. m³, ochranný prostor není vymezen. Nádrž nemá vliv na zmenšení povodňových průtoků. Při povodni došlo 13. srpna ve 14 hodin k samočinnému odpojení soustrojí vodní elektrárny (VE), prostory spodní stavby se začaly plnit vodou prosáklou netěsnostmi ze vzdušné strany elektrárny. Díky nasazení hasičů a nepřetržitému čerpání se podařilo ochránit konstrukci turbin před zaplavením. To se pak významně projevilo ve zkrácení času oprav technologického zařízení elektrárny. Významné povodňové škody vznikly narušením dna vodohospodářského vývaru a jeho závěru, obnažením základů dělicí zdi mezi elektrárnou a vodohospodářským vývarem, obdobně i na jednom místě mezi rejdou plavební komory a vývarem. Levobřežní zeď energetického vývaru se zřítíla, na obou březích pod přehradou došlo v řadě míst k nátržím a porušení břehových opevnění. Závěrem je možno říci, že VD Kamýk bylo po celou dobu povodně stabilní a bezpečné, i když jeho zatížení značně převýšilo návrhové podmínky uvažované v projektu díla.

VD Slapy na Vltavě

VD bylo stavěno především pro účely energetiky. Má však i značný význam vodohospodářský. Ve spolupráci s výše situovanými vodními díly zajišťuje minimální průtok pro Prahu 40 m³.s⁻¹ v profilu Vrané, umožňuje odběry vody z nádrže a částečně přispívá i k ochraně Prahy a území nad Prahou před povodněmi. Nádrž má prostor stálého nadržení 68,8 mil. m³, zásobní prostor 201 mil. m³. Ochranný prostor nebyl vymezen. V nastalé povodňové situaci nebylo možno při vypouštění limitních průtoků z VD Orlík vytvářet další kapacitní rezervu ve Slapské nádrži. Nádrž proto povodňovou vlnu netransformovala, i když bylo dosaženo úrovně maximální hladiny. Během celého průběhu povodně se uskutečňoval standardní technicko-bezpečnostní dozor. Vodní elektrárnu se podařilo udržet po celou dobu v provozu přes

značné průsaky dilatačními spárami. Převádění povodňového průtoku je zachyceno na [obr. 5.8](#).

Při povodni došlo k rozsáhlému poškození povrchů přelivných polí, dělicích pilířů a dilatačních spár. Do vnitřních prostor hráze pak po povodni zatékala voda i za běžných dešťů. Lze konstatovat, že i při extrémních zatěžovacích stavech bylo VD Slapy po celou dobu povodně v bezpečném a plně provozuschopném stavu.

VD Štěchovice na Vltavě

Nádrž nemá při celkové velikosti ovladatelného prostoru 10,44 mil. m³ vliv na zmenšení povodňových průtoků. Za povodně byla překročena maximální vodoprávně stanovená



Obr. 5.7. Vývar VD Orlík poškozený povodní

hladina o 0,95 m, její mezní hodnota stanovená Programem TBD byla překročena o 0,15 m. Na vlastním zařízení hráze nedošlo k žádným výraznějším škodám. Ty vznikly až pod VD zaplavením středotlaké i vysokotlaké elektrárny a obce Štěchovice, jakož i erozí levého břehu se silnicí pod obcí. Po celou dobu povodně bylo VD stabilní a bezpečné.

VD Vrané na Vltavě

Celkový ovladatelný prostor nádrže je 11,1 mil. m³, není vymezen ochranný prostor. Nádrž nemá vliv na zmenšení povodňových průtoků. Snížili-li se při povodňovém průtoku rozdíl mezi hladinami horní a dolní vody pod 8 m, je nutno odstavit VE a celý průtok převádět jezem. Při srpnové povodni 2002 tato situace nastala a dospěla až do stavu, kdy byly za průtoku 3 460 m³.s⁻¹ dne 14. srpna hladiny horní a dolní vody vyrovnané. Na vlastním zařízení jezu nebyly zjištěny žádné výraznější škody. Těsně pod zdí VE došlo k devastaci pravého břehu, v nadjezí vznikl výmol před pravým pilířem. Došlo také k propadu plat plavebních komor. Nízkotlaká elektrárna byla částečně zaplavena (spodní vodou prostupy technologických zařízení), provoz byl však obnoven již 27. srpna 2002. VD Vrané bylo stabilní a bezpečné po celou dobu povodně.

VD Klabava na řece Klabavě

VD bylo postaveno především jako ochranná hráz povrchového dolu bývalého lomu Ejpvovice. Po skončení těžby slouží nadále pro ochranu území pod nádrží a nalepšuje průtoky



Obr. 5.8. VD Slapy za povodně

Klabavy především pro potřeby rybníčního hospodářství. VD s relativně malým ovladatelným prostorem v nádrži bylo enormně zasaženo. Maximální přítok za druhé povodňové vlny byl stanoven na 257 m³.s⁻¹ (návrhový průtok Q_{100} byl 201 m³.s⁻¹). Při využití plné kapacity základových výpustí a bezpečnostního přelivu byla vodoprávně stanovená maximální hladina překročena o 0,16 m. Při odtoku vody skluzem za bezpečnostním přelivem byla překročena jeho kapacita a došlo k přelítí stěn skluzu se vznikem velkých výmolů. Výrazně byl poškozen konec skluzu, kde byly podemlety obě svislé zdi. Za vývarem vznikly značné škody na opevněné části koryta i v navazujícím úseku řečiště. Vzduvací konstrukce a bezpečnostní přeliv však bezpečně přestály zvýšenou námahu.



Obr. 5.9. Celkový pohled na VD Vranov na Dyji při povodni

VD Vranov na Dyji

Toto VD má prostor stálého nadržení 31,84 mil. m³, zásobní prostor 79,67 mil. m³, ovladatelný ochranný prostor 11,16 mil. m³ a neovladatelný ochranný prostor 10,03 mil. m³. První povodňová vlna kulminovala 8. srpna a kulmi nační průtok 200 m³.s⁻¹ byl zmenšen na 84 m³.s⁻¹. Hladina při manipulaci dosáhla úrovně 0,14 m pod maximální hladinu ovladatelného ochranného prostoru. Před druhou vlnou se jí podařilo snížit o 1 m. Maximální přítok za druhé vlny 425 m³.s⁻¹ (větší než $Q_{100} = 355$ m³.s⁻¹) se podařilo zmenšit na 364 m³.s⁻¹ na odtoku a zpozdít cca o 10 hod. Maximální využití retence až na úroveň 0,16 m nad stanovenou maximální hladinu umožnilo zmenšit přítok do nádrže Znojmo, kde byla kapacita bezpečnostního přelivu využita téměř na maximální hranici. Zadrženo bylo 16,6 mil. m³. Pohled na VD Vranov při povodni je na obr. 5.9.

Při převádění povodně byly poškozeny stupně spadiště, u prvního z nich bylo poškození havarijního charakteru. Dále zde bylo odtrženo obložení a poškozeno spárování. K odtržení obložení došlo i u rozražeče pod kaskádou. Další menší škody vznikly na obslužné lávce a na ochozech budovy spodních výpustí. Z výsledků provedených kontrol je však zřejmé, že při průchodu povodně bylo VD stabilní a bezpečné.

Na dalších sedmi vodních dílech vystavených mimořádnému zatížení nedošlo k podstatnějším škodám. Jsou to VD Lipno I, Lipno II, Hněvkovice, Husinec, České Údolí, Nýrsko a Znojmo. V průběhu povodně však některé sledované veličiny, jako jsou výška hladiny v nádrži, přítok nebo odtok z nádrže, výška hladiny vody v některých pozorovacích vrtech a u některých betonových hrází tlak vody na základové spáře za injekční těsnicí clonou, krátkodobě překročily stanovené mezní hodnoty. I přes extrémní zatížení byla tělesa a funkční objekty těchto hrází stabilní, bezpečná a plně provozuschopná.

U dalších dvanácti vodních děl byly stanovené mezní hodnoty překročeny jen ojediněle. Byla to VD Josefův Důl na Kamenici, Souš na Černé Desné, Humenice na Stropnici, Želivka (Švihov) na Želivce, Hracholusky na Mži, Láz na Litavce, Zászkalská na Červeném potoce, Nechranice na Ohři, Přísečnice na Přísečnickém potoce, Fláje na Flájském potoce, Dalešice na Jihlavě a Nové Mlýny na Dyji. Překročení

mezních hodnot zpravidla souviselo s velkou intenzitou vzestupu hladiny v nádrži, případně s velikostí nebo tendencí vzrůstu hodnot sledovaných průsaků nebo hladin vody v kontrolních pozorovacích vrtech. Zvýšení hodnot bylo ve směr krátkodobé a nepředstavovalo ohrožení nebo zhoršení funkce základních konstrukcí VD. K dosažení podmínek odpovídajících nebezpečí vzniku zvláštní povodně na těchto VD nedošlo.

5.2 Malé vodní nádrže

V České republice je více než 20 000 malých vodních nádrží III. a IV. kategorie, převážně rybníků. Následkem lokálních povodní způsobených krátkodobými přívalovými dešti dochází běžně k protržení jedné až pěti hrází ročně. Za povodně v době od 7. do 14. srpna docházelo k přelítí mnoha rybníčních hrází. Podle provedených šetření nastala tato nebezpečná situace u více než 100 rybníků větších než 5 ha, u menších šlo o počet asi 300. Hranice velikosti zatopené plochy 5 ha byla zvolena za základní kritérium pro výběr malých vodních nádrží a rybníků k dokumentaci a hodnocení poškození jejich hrází a objektů. Na základě provedeného průzkumu v rámci celé ČR bylo úplné protržení hrází zjištěno celkem u 23 nádrží se zatopenou plochou větší než 5 ha (jmenný seznam viz [tab. 5.1](#)). U dalších 84 případů došlo k vážnému poškození hrází či funkčních objektů, z toho bylo sedm VD III. kategorie.

Tabulka 5.1. Seznam malých vodních nádrží a rybníků s protrženou hrází

Název VD	Kategorie VD	Název toku	Č. hydrologického pořadí povodí	Okres
Zlatá Ktiš	IV.	Černá	1-06-02-024	České Budějovice
Soběnov (Hradiště)	IV.	Černá	1-06-02-032	Český Krumlov
Nový Vdovec	IV.	Lužnice	1-07-02-031	Jindřichův Hradec
Naděje	IV.	Lužnice	1-07-02-058	Jindřichův Hradec
Víra	IV.	Lužnice	1-07-02-058	Jindřichův Hradec
Zmrhal	IV.	Černovický potok	1-07-04-039	Tábor
Chobot	IV.	Smutná	1-07-04-101	Písek
Tovaryš	IV.	Milevský potok	1-07-04-106	Písek
Žimutický	IV.	Židova strouha	1-07-04-113	České Budějovice
Borovanský	IV.	Borovanský potok	1-07-04-117	Tachov
Mlýnský	IV.	Radomilický potok	1-08-03-081	Strakonice
Melín	IV.	Metelský potok	1-08-04-002	Příbram
Metelský	III.	Metelský potok	1-08-04-002	Strakonice
Podhájč	IV.	Lomnice	1-08-04-003	Strakonice
Hořejší	III.	Lomnice	1-08-04-007	Strakonice
Dolejší	IV.	Lomnice	1-08-04-009	Strakonice
Luh	IV.	Závišínský potok	1-08-04-016	Strakonice
Pustý	IV.	Závišínský potok	1-08-04-016	Strakonice
Velký Bělčický	IV.	Závišínský potok	1-08-04-016	Strakonice
Buzický	IV.	Mračovský potok	1-08-04-020	Strakonice
Kacerna	IV.	Merklinka	1-10-02-093	Plzeň-jih
Kornatický	IV.	Kornatický potok	1-10-05-054	Plzeň-jih
Lamanický	IV.	Holoubkovský potok	1-11-01-025	Rokycany



Obr. 5.10. Protržená hráz nádrže Soběnov (Hradiště) na Černé

Vedle VD uvedených v seznamu se odhaduje, že bylo protrženo několik desítek hrází malých vodních nádrží menších než 5 ha a u několika set VD menších než 5 ha byly poškozeny hráze nebo objekty. Z celkového počtu uvedených 23 VD s protrženými hrázi přináležejí převážná část děl do IV. kategorie, jen dvě díla (Metelský a Hořejší rybník) jsou evidována ve III. kategorii. V naprosté většině šlo o historické rybníky, jen VD Soběnov (Hradiště) na Černé (viz obr. 5.10) bylo funkční historickou akumulací nádrží pro energetické využití. U novodobých VD (vybudovaných ve druhé polovině 20. století) ve vlastnictví či správě podniků Povodí, Zemědělské vodohospodářské správy či jiných subjektů k protržení nebo významnému poškození nedošlo. Z dokumentace *Generel rybníků a nádrží ČR* a zejména z odborných posudků TBD vyplývá, že nejčastějšími technickými závadami na rybnících jsou špatný stav výpustního zařízení (40 %), neudržovaná vegetace na hrázi (35 %), zamokřené podhrázi s možným vlivem na stabilitu hráze (35 %), problémy s kapacitou či technickým stavem bezpečnostních přelivů (přes 30 %).

U převážné většiny protržených hrází byla havárie vyvolána přelitím hráze a následným působením vodní eroze. Jde o důsledek extrémních průtoků, které často výrazně překročily velikost pro VD bezpečného odtoku, tj. kapacitu bezpečnostních (přelivných) zařízení u průtočných nádrží, resp. kapacitu obtokových kanálů u bočních nádrží. U vodních děl s menší zatopenou plochou, popřípadě s malým převýšením hráze, docházelo k přelití v důsledku velmi malého využitelného retenčního prostoru nádrže a jeho rychlého vyčerpání. Až na ojedinělé případy (např. problematické, těžko zvladatelné ucpání přelivu na obtížně přístupném rybníku Tovaryš na Milevském potoce u Sepekova) nebylo protržení či poškození rybníčních hrází a jejich objektů při srpnové povodni většinou způsobeno nedostatečnou péčí a údržbou VD, neprovedenou manipulací s uzávěry přelivů (vesměs byly včas vyhrazeny), zatarasením nebo ucpáním přelivných otvorů ani zanedbáním jevů dlouhodobě signalizujících možnost poškození.

Díky dobré součinnosti a stálému doзору pracovníků vlastnických a uživatelských subjektů i hasičů a dobrovolníků z obcí, kteří průběžně zajišťovali zejména plnou průtočnost přelivů, se podařilo čtená další problematická (z hlediska míry rizika přelití hráze) významná vodní díla ochránit před přelitím a možnými škodami (např. na Blatensku rybníky Labuť, Zástava horní, Kořenský a mnohé další v jiných oblastech). Velmi účinným záchranným zásahem, který byl na některých místech (zejména Blatensko) při průchodu povodně s úspěchem a s minimálními škodami využit, byla řízená prohrábka hráze, provedená s ohledem na místní podmínky vždy v nejnižší části hráze, tj. v jednom z úseků jejího zavázání do terénu. Žádná hráz, kde byl tento zásah proveden, se neprotřhla.

V této souvislosti je třeba vzpomenout moudrosti předků, kteří plánovitě vytvářeli v zavázání hráze nebo zcela

mimo těleso hráze snížená místa, dobře opevněná a udržovaná (nouzové přelivy), která při extrémních povodních, kdy již kapacita ovladatelných přelivných zařízení nestačila, usměrňovala neškodně průtok mimo nejvyšší a nejohroženější části hráze. Tato někdejší terénní snížení pozdějšími necitlivými úpravami koruny hrází (zřizování komunikací vedoucích po hrázích apod.) většinou zanikla. V současné době, po překopecích hrází za účelem výměny výpustných potrubí a oprav vypouštěcích objektů, spojených s nedostatečným zhutněním zemního zásypu po opravě a tím zvětšeným sedáním, je nejnižší místo hráze obvykle v profilu výpusti. Při srpnové povodni 2002 většina protržených či významně poškozených hrází byla vázána na profil spodních výpustí. U větších rybníčních nádrží se příznivě projevila jejich retenční schopnost, a to zejména u největšího rybníku Rožmberk (až 64 mil. m³). Celková akumulací schopnost v třeboňské rybníční soustavě dosáhla přibližně až 150 mil. m³, což znamenalo nejen podstatné zmenšení kulminace povodňového průtoku na dolní Lužnici, ale i zdržení povodně o více než 48 hodin.

5.3 Ochranné hráze

Ochranná hráz Roztoky u Prahy – Vltava, říční km 37,47–38,40 (III. kategorie)

Ve večerních hodinách dne 13. srpna byla přelita nejprve nejnižší dolní část hráze, později následovalo přelití a zaplavení celé hráze o hloubce vody 0,95 až 2 m. Porucha koruny v koncové části hráze dosáhla délky 55 m, na výšku 1,6 m, na jiných místech po celé její délce byla poškozena místními propady a sesuvy.

Ochranná hráz Nová řeka – Lužnice (III. kategorie)

K protržení hráze došlo dne 13. srpna mezi 16. a 17. hodinou v úseku se staničením 3,37–3,45 km dlouhém asi 80 m. Havárii předcházely dva výrazné soustředěné vývěry vody s výnosem písčitého materiálu, pozorované již při první vlně 9. srpna u vzdušní paty kolem staničení 3,4 km. Na začátku hráze nad novořeckým splavem a ve staničení 1,00 km byly operativně vyhloubeny v koruně hráze nouzové přelivy s cílem

řízeného odtoku. Následně však došlo k velkému vzestupu průtoku v důsledku protržení hráze výše ležící zaplavené pískovny u obce Majdalena a k přelití koruny novořecké hráze došlo na více místech. Není přesně prokázáno, zda k hlavnímu protržení došlo po přelití či následkem již značně pokročilé vnitřní eroze hráze. Pravděpodobně šlo o kombinaci obou jevů s převažujícím významem porušení vnitřní filtrační stability.

Ochranná hráz České Budějovice – Vltava, říční km 242 (III. kategorie)

V průběhu druhé povodňové vlny došlo dne 13. srpna k výraznému poškození opevnění obou břehů Vltavy nad Trilčovým jezem. Výraznou povrchovou boční erozí v pravém konkávním břehu došlo k poruše hráze v délce asi 250 m v oblasti napojení staré (většina délky) a nové části úpravy. Výsledkem bylo zcela zdevastované břehové opevnění. Při kulminaci povodně zabránilo přelití nízké hráze s výškou do 1,5 m včasné ohrázování pytli s pískem, avšak eroze odebrala místy i většinu ze šířky koruny hráze. Následně došlo na jednom místě k porušení stability a k lokálnímu protržení takto zeslabené hráze v délce 7 m. Srovnatelná situace nastala i v ohrázování levého břehu Vltavy pod městem České Budějovice v zátopě jezu České Vrbné, kde bylo rovněž výrazně poškozeno břehové opevnění a včasným zásahem zabráněno protržení hráze.

Ochranná hráz Vrbno – Vltava (IV. kategorie)

K protržení došlo dne 15. srpna ve večerních hodinách, přímo v intravilánu obce Vrbno u Mělníka, v délce asi 40 m. V místě průrvy procházela hrází štola odvodňující prostor mezi Vltavou a Hořínským kanálem. Pravděpodobně následkem nadměrného zatížení došlo k prolomení stavidla uzavírajícího tuto štolu a k erozi podél ní. V této době již kulminovala i hladina ve Vltavě a byla přelita také ochranná hráz. Zřejmě i v tomto případě šlo o kombinaci přelití hráze a vnitřní eroze s převažujícím významem porušení vnitřní filtrační stability.

Ochranná hráz Hevlín – Dyje (IV. kategorie)

Za srpnové povodně při průtoku přesahujícím Q_{100} došlo v upraveném úseku Dyje v km 93,6 až 93,9 k narušení koryta a jeho bermy na obou březích. Hladina za povodně kulminovala asi 1 m pod korunou hrází, takže k jejich přelití nedošlo. Příčinou poruch zahrnujících výmoly břehové části kynety a nátrže bermy byly změny ve směru hlavního proudění vyvolané nánosy splavenin a unášenou dřevní hmotou. Místní zmenšení průtočné kapacity koryta bylo způsobeno vzrostlými náletovými dřevinami na březích kynety a bermy. Ochranná hráz byla za povodně stabilní a plně funkční.

6 VLIV POVODNĚ NA KVALITU POVRCHOVÝCH A PODZEMNÍCH VOD

Kromě řešení problémů spojených s ohrožením osob, majetku a krajiny je nutno při povodňových situacích počítat s nebezpečím kontaminace životního prostředí povodňovými vodami, obsahujícími velké množství cizorodých látek. Při povodni dochází k situaci, kdy se velké objemy kontaminované vody dostávají do míst, kde mohou způsobit nečekané problémy.

Mimořádně velké povodňové průtoky a rozsáhlé záplavy v postižených oblastech vyřadily při povodni v srpnu 2002

řadu čistíren odpadních vod (ČOV) z provozu, docházelo k výplachu stokových sítí a skládek odpadů. Byla zaplavena i řada průmyslových závodů. Do vody se tak mohlo dostávat kromě patogenních mikroorganismů také široké spektrum znečišťujících látek, např. těžké kovy, specifické organické látky, jedovaté prostředky na ochranu rostlin, zvýšené množství živin, které způsobuje nepřiměřený růst sinic apod.

Následnou kontaminací zasažených zdrojů pitné vody, úhynem hospodářských zvířat či v důsledku znehodnocení potravin a dalšími důsledky povodňové situace narůstalo i potenciální nebezpečí vzniku epidemií, ke kterým však díky včasným opatřením nedošlo.

K výrazným jevům v průběhu povodňové situace patřil také intenzivní splach látek a volných předmětů z povrchu zasaženého území, zejména během druhé mohutnější povodňové vlny. K objasnění vlivu povodně na jakost povrchových a podzemních vod byl na pokyn Ministerstva životního prostředí (MŽP) kromě výstupů z pravidelného sledování zorganizován mimořádný monitoring kvalitativních změn vody jak za povodně, tak i v období po povodni. Jakost vody i sedimentů byla sledována převážně v rozsahu ukazatelů klasického organického znečištění, živin, základních chemických parametrů, těžkých kovů, specifických organických látek a bakteriálního znečištění vody.



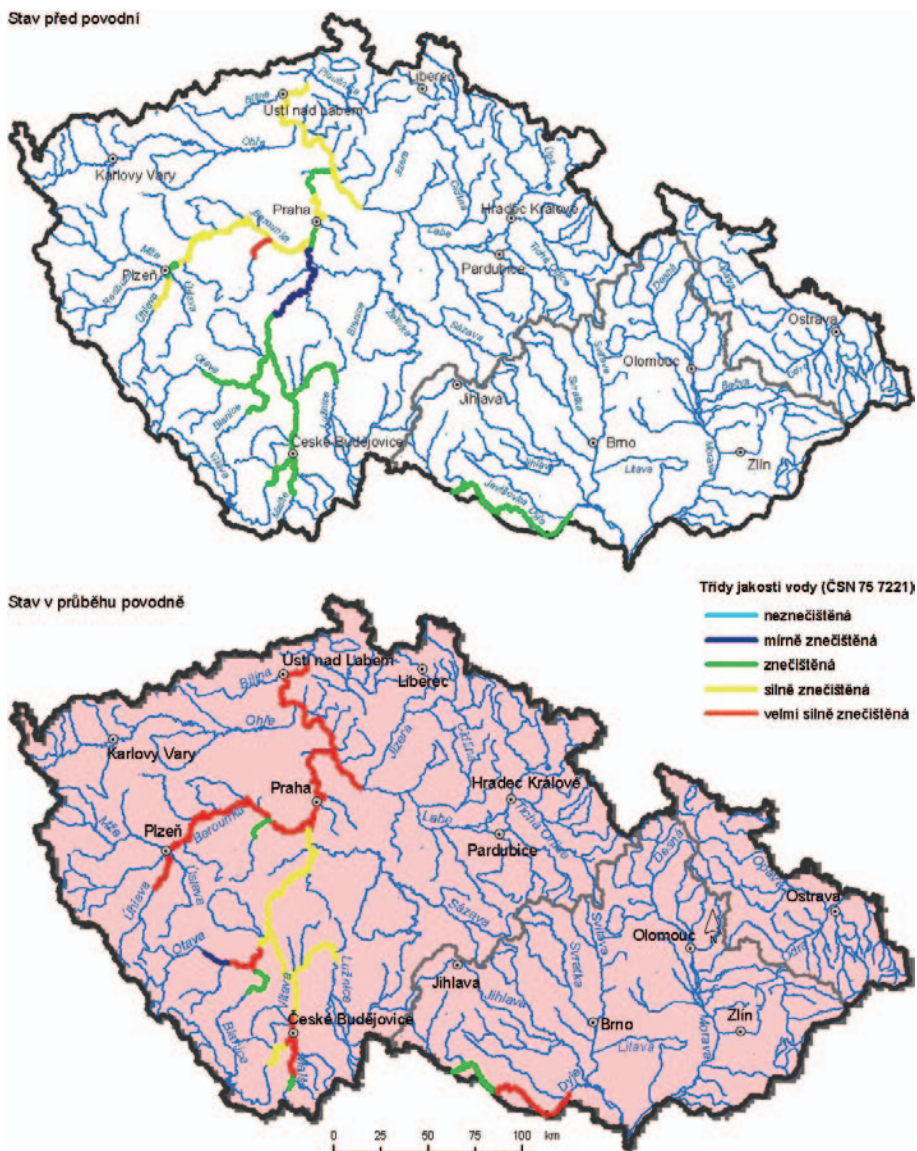
Obr. 6.1. Lokalizace odběrových profilů a říčních úseků s rozlivem povodně

6.1 Kvalita povrchových vod v tocích za povodně a bezprostředně po ní

Z celkového počtu 96 lokalit účelového monitoringu povrchových vod bylo vybráno 21 odběrných profilů rovnoměrně rozmístěných po celém postiženém území, kde byly prováděny odběry se stejnou frekvencí a pro stejné ukazatele kvality vody. Umístění vybraných profilů včetně oblastí maximálního rozsahu záplav znázorňuje mapka na **obr. 6.1**. Jako referenční období bylo k tomuto účelu zvoleno 26 dnů od 16. 8. do 10. 9. 2002, v jejichž průběhu se podařilo uskutečnit nejvíce analýz.

Pro detailní hodnocení byla použita stanovení, která byla prováděna na všech vybraných profilech:

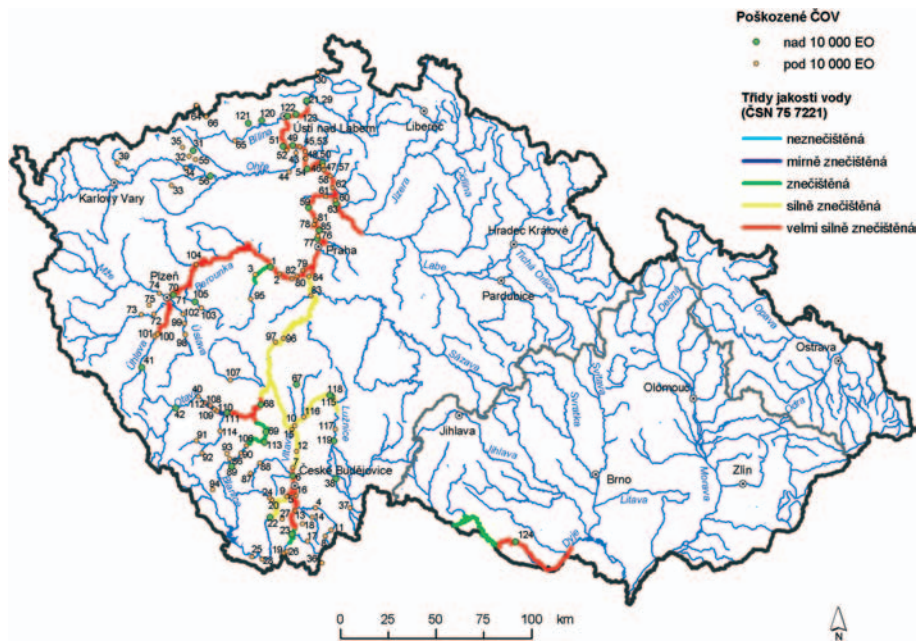
- Chemická spotřeba kyslíku dichromanem (CHSK-Cr) – množství organických látek je určeno množstvím spotřebovaného oxidačního činidla. Obvykle se pro povrchové vody používá dichroman draselný.
 - Koncentrace rozpuštěných a nerozpuštěných látek – ze stanovení rozpuštěných látek se usuzuje na obsah veškerých anorganických látek, mezi nerozpuštěné látky patří například hydratované oxidy kovů, zbytky mikroorganismů, minerální oleje apod.
 - Adsorbovatelné organické halogeny (AOX) – vyjadřují sumárně znečištění specifickými organickými látkami s navázaným halogenem, nejčastěji jde o chlor. AOX patří mezi škodliviny, které jsou významné svou závadností a častým výskytem.
 - Dusičnanový a amoniakální dusík a sloučeniny fosforu – patří mezi látky nezbytné pro rozvoj mikroorganismů.
 - Nepolární extrahovatelné látky (NEL) – většinou jde o ropné produkty.
 - Obsah rozpuštěného kyslíku – určuje kvalitu vody. Nedostatek kyslíku je známkou organického znečištění povrchových vod.
 - Termotolerantní koliformní bakterie – indikují fekální znečištění vod. Když jsou přítomny ve vodě, je možná voda kontaminována patogenními mikroorganismy.
- Získané koncentrace vybraných látek z jednotlivých lokalit byly konfrontovány s limity definovanými v nařízení vlády č. 82/1999 Sb., kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod. Delší časové řady údajů z vybraných profilů byly testovány rovněž podle ČSN 75 7221 *Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod*. Výsledné hodnocení u vybraných parametrů ve všech 21 vybraných profilech je graficky vyjádřeno v **obr. 6.2**, a to zařazením monitorovaných úseků toků do tříd kvality vody podle nejnepříznivějšího ukazatele ze skupiny. Pro srovnání je na **obr. 6.2** i mapa jakostního zařazení vod před povodní. Lokalizace poškozených čistíren odpadních vod a úniků nebezpečných látek ilustrují **obr. 6.3** a **6.4**.



Obr. 6.2. Mapa jakosti vody zasaženého území před a po povodni

Srovnání celkové jakosti vody před povodněmi a v průběhu povodně podle ČSN 75 7221 bylo provedeno podle nejhoršího zařazení ukazatele z hodnocené skupiny parametrů. Ve většině případů jimi byly AOX a termotolerantní koliformní bakterie, a to vlivem vyřazení řady čistíren odpadních vod z funkce. Pro celkový přehled se uvádějí hodnoty vybraných parametrů mimořádného monitoringu z několika klíčových profilů na tocích. **Tabulka 6.1** dokumentuje výsledky z profilu Labe v Děčíně. Z výsledků je patrné, že ze sledovaných látek došlo k překročení limitu u AOX, výrazně na klesající větvi povodňové vlny dne 19. 8. Tento ukazatel ještě mírně vybočil 29. 8. po předchozím výskytu podlimitních hodnot. Výrazně překračován byl limit u termotolerantních koliformních bakterií i rozpuštěného kyslíku jako důsledek vyplavených a do konce mimořádného monitoringu nefunkčních ČOV. K mírnému překročení limitu došlo i u NEL v jednom odběru (17. 8.). Jejich koncentrace pak vykazovaly klesající trend. Ostatní ukazatele zůstaly při odběrech pod limitní hodnotou. Nevyklučuje to však jejich krátkodobá překročení, zejména na počátku poklesové větve vlny.

U toků nad městskými aglomeracemi (Malše-Pořešín, Vltava-Boršov) zůstaly ukazatele po celou dobu odběrů hluboko pod limitními hodnotami.



Obr. 6.3. Mapa jakosti vody povodni zasaženého území s lokalizací poškozených ČOV

Podlimitní hodnoty byly zaznamenány i v profilu Vltavy – Hluboká nad Vltavou, kromě výrazně vyšších hodnot termotolerantních koliformních bakterií, jako důsledek vyplavené ČOV v Českých Budějovicích.

Výrazně podlimitní hodnoty všech vybraných ukazatelů kromě termotolerantních koliformních bakterií (na hranici limitu) byly zaznamenány i u Lužnice v Bechyni. Obdobný stav byl i na Otavě v profilu Topělec, kde však bylo bakteriální znečištění mnohem výraznější v důsledku zaplavení ČOV v Protivíně, Vodňanech a Prachaticích. Zaznamenaný únik malého množství ropných látek v povodí se při odběrech neprojevil.

V profilu Vltavy ve Vraném se projevil účinek Vltavské kaskády zpožděním výskytu maxim ukazatelů oproti kulminaci průtoků. Např. maximum rozpuštěných i nerozpuštěných látek bylo zaznamenáno až 20. 8. Podobně tomu bylo i u jednotlivých ukazatelů, kde vesměs nebylo dosaženo limitních hodnot, kromě jediné hodnoty u termotolerantních koliformních bakterií dne 2. 9., kdy byl limit překročen více než třikrát. Obsah NEL byl vzhledem k zaplavení elektráren na Orlíku a Kamýku mnohonásobně zvýšen v době kulminace průtoků a bezprostředně po ní. První uváděná hodnota z Vraného (20. 8.) však již vykazovala podlimitní velikost.

V Berounce v profilu Plzeň-Bukovec se vyskytovalo znečištění termotolerantními koliformními bakteriemi již před povodní. Překročení limitní hodnoty o více než dva řády bylo zaznamenáno až 26. 8., kdy sice již poklesly průtoky, ale stále byly nefunkční vyplavené ČOV. Ve srovnání s tímto profilem bylo maximum těchto bakterií v profilu Berounky v Lahovicích prakticky o dva řády menší, i když trojnásobně překračující limitní hodnotu. Ve všech ostatních vybraných ukazatelích byly hodnoty podstatně pod velikostí limitu.

Jakost vody ve Vltavě pod Prahou dokumentují údaje v **tab. 6.2**. Lze z ní odvodit, že za kulminace a zhruba dva týdny po ní překročilo znečištění ropnými látkami (NEL) limitní hodnotu. Četné úniky nebezpečných látek, např. z pražských pivovarů, Chirany, ÚJV Rež, proběhly za kulminačních průtoků a v následném monitoringu se zvětšenými koncentracemi již neprojevil.

Více než řádové překročení limitu nastalo a dlouhodobě trvalo u ukazatelů fekálního znečištění v důsledku vyplavení řady čistíren, především ústřední ČOV v Praze-Tróji, jejíž plná funkčnost se obnovila téměř až po roce.

Podobný obraz naznačovaly i výsledky monitoringu Labe v Roudnici. Po hmotnostním porovnání ukazatelů se však ukázalo, že látkové odnosy byly enormní. I při nepřekročení limitu koncentrací byl za povodně celkový odnos fosforu v profilu Vltavy-Libčice 485 tun, v profilu Labe-Děčín 541 tun. Celkové množství nerozpuštěných látek dosáhlo v těchto profilech hmotnosti 145 000 tun, respektive 155 000 tun. Tyto hodnoty byly však ve skutečnosti mnohem větší, uváží-li se, že podle odhadu došlo v zaplavených oblastech k usazení řádově větších množství těchto látek.

Z hodnocení výsledků analýz mimořádného monitoringu prováděného v období povodni vyplývá, že případy překročení limitů pro znečištění povrchových vod podle nařízení vlády č. 82/1999 Sb. byly spíše ojedinělé. Z toho plyne, že dopad povodně na kvalitu povrchové vody s nejvyšší pravděpodobností nebyl dlouhodobý.

Významným zjištěním bylo, že v hraničním profilu Labe-Hřensko nedošlo v průběhu povodně vzhledem k mimořádné velikosti průtoků k překročení limitu koncentrací u žádného sledovaného ukazatele.

Zvýšené koncentrace ukazatelů specifického organického znečištění a těžkých kovů (Fe, Mn, As, Al, Pb a Cr) v zasaženém území byly způsobeny především splachy z polí, vyplavením kanalizačních systémů, čistíren odpadních vod, areálů průmyslových a zemědělských podniků apod. Zvýšené koncentrace některých těžkých kovů a chlorovaných uhlovodíků mohly být uvolněny z kontaminovaných říčních sedimentů. Větší koncentrace pesticidů pocházely s velkou pravděpodobností z chemicky ošetřovaných zemědělských pozemků.

Úniky ropných látek z nedostatečně zajištěných skladovacích zařízení měly za následek také krátkodobé zvýšení koncentrací nepolárních extrahovatelných ropných látek nad přípustnou imisní hodnotu. Nejčastější překročení limitu podle nařízení vlády č. 82/1999 Sb. bylo dosaženo u parametru charakterizujícího výskyt termotolerantních koliformních bakterií. Převážně to byl důsledek vyplavení ČOV a následného vypouštění nečištěných fekálií do vodních toků.

Koncem sledovaného období, tj. začátkem září, byly u většiny hodnocených parametrů již zjištěny koncentrace blízké povodněmi neovlivněným hodnotám. Výjimkou byly termotolerantní koliformní bakterie, jejichž počty byly vzhledem k nedostatečně fungujícím ČOV (především pod většími městy) stále vysoké.

6.2 Vyhodnocení změn v jakosti podzemních vod

Změny jakosti podzemních vod se projevil v záplavových oblastech, popřípadě v jejich nejbližším okolí.

Pro hodnocení byla použita existující data především z monitorovacího programu jakosti podzemních vod, provozova-

ného Českým hydrometeorologickým ústavem v ročním sezónním cyklu.

Při jarních i podzimních odběrech ze státní pozorovací sítě (prameny a vrty se sledováním jakosti vod) se provádějí analýzy v rozsahu fyzikálně-chemického rozboru, stanovení vybraných kovů a radiologického ukazatele celkové objemové aktivity alfa (vyjadřuje množství radionuklidů ve vodě, nepřímo množství uvolněného radiogenního záření).

Jarní vzorky byly pak vždy rozšířeny o analýzy některých mikropolutantů, což jsou nebezpečné látky, toxické i při velmi nízkých koncentracích ve vodě. Konkrétně šlo o stanovení polychlorovaných bifenyly (PCB), polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU), těžkých organických látek (TOL) a vybraných skupin pesticidů.

Dále byly k těmto účelům zpracovány v menším rozsahu dostupné výsledky rozborů vzorků vod odebraných některými hygienickými stanicemi ze studní v zasažených oblastech, resp. v jejich blízkém okolí.

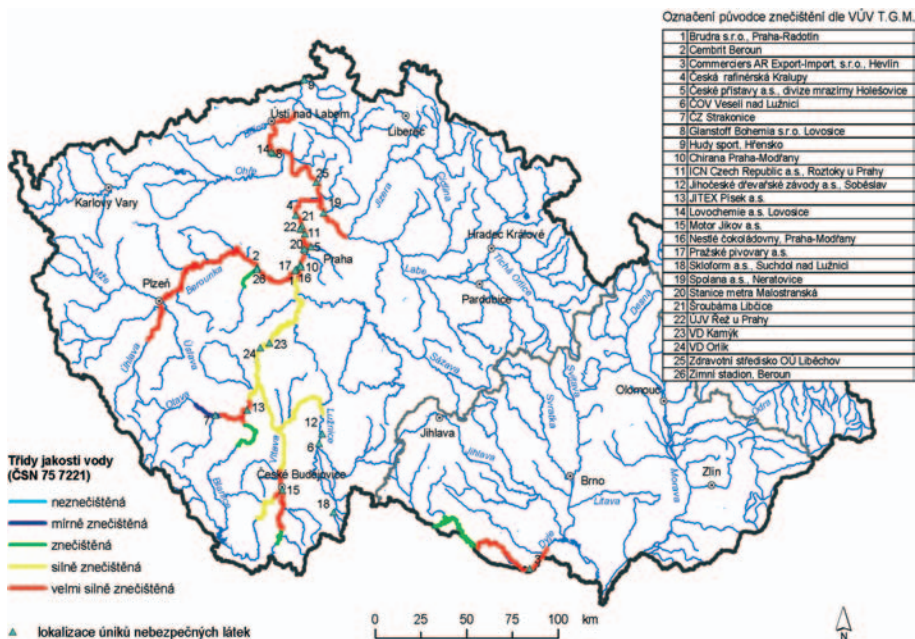
V rámci hodnocení byly porovnány výsledné hodnoty z podzimního odběru roku 2002 s řadou výsledků z předchozích let včetně jarního odběru z roku 2002, které reprezentovaly stav před povodní. Zpracování proběhlo na podkladě vzorků z vybraných pramenů a vrtů situovaných v oblastech povodňových rozlivů nebo v jejich bezprostřední blízkosti. Celkem šlo o údaje ze zhruba 60 odběrných míst.

Z výsledků je zřejmé, že v mnoha postižených oblastech došlo k výrazné změně jakosti podzemních vod. Především ukazatele organického znečištění indikovaly zhoršení kvality vody. Nejvíce postiženými byly oblasti pořičních podzemních vod v povodích řek Lužnice a Dyje a dále i některé jejich části v povodích řek Vltavy a Labe.

Velmi nebezpečné byly některé případy, kdy se obce snažily odvodnit vytvořené povrchové laguny proražením nepropustné povrchové vrstvy s cílem umožnit vsak povrchové vody do pod ní ležících štěrkopísků.

6.3 Důsledky zaplavení čistíren odpadních vod

Poškození ČOV záplavami patří mezi nejvýznamnější dopady ohrožující kvalitu vody. Za srpnové povodně roku 2002 docházelo nejen k přímému vypouštění nečištěných odpadních vod do vodních toků, ale současně k vyplavení nebezpečných odpadních vod a kalů ze zařízení ČOV. Čistírny jsou z technických důvodů obvykle situovány do bezprostřední blízkosti vodních toků, výjimečně i do záplavových území. Povodeň ze srpna 2002 jednoznačně prokázala nutnost jejich důkladného zabezpečení proti záplavám odstupňovaného podle jejich významnosti. V rámci monitoringu sledujícího vliv ČOV na kvalitu vody byl zjištěn především alarmující výskyt vysokého počtu indikátorů fekální kontaminace (který je provázen zvýšeným rizikem onemocnění), způsobený přímým vyústěním kanalizace do toků, vypláchnutím žump, jímek apod. Problematice prevence a s tím související potřebě rychlé identifikace potenciálního ohrožení obyvatelstva kon-



Obr. 6.4. Mapa jakosti vody zasaženého území s lokalizací úniků nebezpečných látek a seznamem znečišťovatelů

taminovanou vodou je proto nutno věnovat prioritní pozornost: např. zavedením rychlých metod detekce fekálních indikátorů, zvýšenou frekvencí odběrů v průběhu povodňových pohrom, včasnou informovaností o hrozícím nebezpečí apod.

6.4 Úniky nebezpečných látek v území zasaženém povodní

Inventarizaci úniků nebezpečných látek v zaplaveném území provedla Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP) a její oblastní inspektoráty. Zjištěný stav je zpracován ve Zprávě o dopadu povodní v srpnu 2002 na životní prostředí z hlediska kompetencí ČIŽP. Tento dokument obsahuje výčet úniků nebezpečných látek z průmyslových podniků a skládek nebezpečného a komunálního odpadu v zasaženém území, jakož i hodnocení jejich dopadu. Zvláštní zřetel je věnován havarijní situaci v podniku Spolana Neratovice a provedení monitoringu poškození životního prostředí v okolí. Situaci v areálu Spolany ilustruje **obr. 6.5**.

Z údajů ČIŽP vyplývá, že v zaplaveném území došlo nejméně ke 20 případům úniku nebezpečných látek (chemikálií, olejů, odpadů ze skládek apod.). Ovlivnění kvality vody z hlášených havárií v zónách podél zasažených řek je znázorněno v mapě jakosti zároveň s lokalizací úniků, viz **obr. 6.4**. Prokázalo se, že nejvýznamnějším zdrojem kontaminace vod byla Spolana Neratovice, z jejíhož areálu bylo odplaveno velké množství chemikálií, ropných látek, olejů a dalších polutantů. V důsledku úniku 80 tun chlóru do vodního prostředí došlo ke zvýšení množství chlorovaných látek ve vodách, což se projevilo nárazovým dvojnásobným nárůstem hodnot AOX v profilu Labe-Děčín. Došlo i k vyplavení ropných látek do vody. V souvislosti s únikem chemikálií bylo v profilu Obříství na Labi rovněž zjištěno nárazové zvýšení koncentrace amoniakálního dusíku, 1,2-dichlorethanu a olova. V případě olova nebyla potvrzena přímá souvislost s únikem ze Spolany. Nejkritičtější zasažení u starých ekologických zátěží v povodňově postiženém území bylo zjištěno rovněž u objektů amalgámové elektrolýzy (rtuť) a dioxinových objektů A 1420 a A 1030 chemického závodu Spolana

Tabulka 6.1. Hodnoty vybraných parametrů mimořádného monitoringu na Labi v Děčíně

Tok:	Labě	Překročení	limit podle nař. vl. 82/1999 Sb.	18. 9. 2002	9. 9. 2002	2. 9. 2002	29. 8. 2002	26. 8. 2002	23. 8. 2002	22. 8. 2002	21. 8. 2002	20. 8. 2002	19. 8. 2002	18. 8. 2002	17. 8. 2002	24. 7. 2002	Jednotka
Profil:	Děčín	0	6-9	7,6	7,5	7,6	7,6	7,4	7,6	7,6	7,1	7,4	7,5	7,7	7,9	7,8	-
Identifikační číslo:	0104	0	50	32	29	32	31	40	35	38	3,7	38	44	44	34	54	[mg/l]
Ukazatel		0	1000	304	288	274	270	272	312	254	234	284	254	228	228	282	[mg/l]
pH		-	-	12	34	22	21	52	52	67	53	34	57	54	48	26	[mg/l]
CHSK-Cr		2	50	33	28	30	52	35	33	38	33	28	65	30	32	28	[µg/l]
Rozpuštěné látky		1	0,2	0,03	0,005	0,02	0,005	0,02	0,005	0,02	0,03	0,11	0,04	0,13	0,23	0,04	[mg/l]
Nerozpuštěné látky		0	2,5	0,06	0,02	0,06	0,09	0,13	0,26	0,36	0,33	0,40	0,51	0,57	0,66	0,02	[mg/l]
AOX		0	11	3,9	3,7	3,6	3,4	4,3	3,3	3,3	3,3	3,5	3,3	3,4	3,5	3,6	[mg/l]
NEL		0	0,4	0,19	0,18	0,18	0,16	0,18	0,11	0,09	0,15	0,15	0,25	0,23	0,20	0,23	[mg/l]
N-NH₄		2	40	120	168	168	168	168	168	260	260	168	168	168	168	125	[KTI/ml]
N-NO₃		1	5	8,7	7,1	6,9	11,8	8,6	7,6	7,2	7,2	4	4,1	4,3	4,4	8,0	[mg/l]
P-cek.																	
Termotoler. kolif. bakt.																	
Rozpuštěný kyslík																	

V tabulkách 6.1 a 6.2 jsou uvedena reálná data z mimořádného monitoringu kvality vody.

Kurzívou jsou označena data doplněná z Ročenky ČHMÚ (obvykle data z období mimo povodně), tučnou kurzívou data získaná interpolací reálných dat.

V barevně odlišené oblasti jsou data naměřená v hodnoceném období, tj. 16. 8.–10. 9. 2002.

Ve sloupci Překročení jsou vyznačeny počty hodnot přesahujících limit nařízení vlády č. 82/1999 Sb. (jsou zde zahrnuta pouze reálná data z hodnoceného období).

Neratovice. Následkem zaplavení těchto objektů došlo ke zvýšení koncentrací rtuť a dioxinů ve vodě i v sedimentech, které však podle zprávy ČIŽP mělo, kromě kontaminace lokality Libiš, pouze lokální charakter. Veškeré poznatky z monitoringu v okolí Spolany slouží jako podklady pro aktualizaci analýzy rizik z tohoto podniku.

6.5 Vliv povodně na kontaminaci substrátů v údolních nivách

Pro zjištění kontaminace údolních niv bylo vyhodnoceno 54 vzorků z míst, kde došlo k delšímu zdržení vody po povodni (a tedy s větší pravděpodobností přechodu kontaminujících látek do půdy), a šest vzorků vody ze slepých říčních ramen. Cílem bylo zjistit možnou kontaminaci půdy prvky, které patří mezi nebezpečné látky, a perzistentními organickými polutanty (POP), což jsou nebezpečné látky, toxické i ve velmi malém množství (velice špatně se odbourávají – jde např. o polyaromáty, polychlorované bifenyly, rezidua chlorovaných pesticidů). Dalším cílem bylo zjistit možnou kontaminaci vody prvky, které patří mezi nebezpečné látky, a možnou eutrofizaci splachem ze zemědělských pozemků.

Sledováním možné kontaminace substrátů na vybraných lokalitách byly v mnoha případech zjištěny známky přítomnosti některých látek, které patří mezi perzistentní organické polutanty. Úroveň kontaminace sledovaných lokalit byla celkově nízká. Bylo doloženo jen znečištění přírodní rezerve



Obř. 6.5. Chemický podnik Spolana Neratovice na břehu Labe byl zaplaven zpětným vzduším Vltavy

vace Úpor ropnými látkami – hodnoty NEL se nacházely nad kritériem C podle metodického pokynu MŽP (1996). Překročení kritéria C dokládá znečištění, které může znamenat významné riziko ohrožení zdraví člověka a složek životního prostředí. V lokalitě Křešice byly obsahy některých perzistentních organických polutantů celkově velmi vysoké a u polyaromátů překročily kritérium B výše zmíněného metodického pokynu, pro NEL bylo překročeno kritérium C. Obě zmíněné lokality jsou situovány v nivě Labe. Avšak na základě těchto dvou uvedených případů z 54 lokalit není možno prokázat výrazný vliv povodně na zvýšení koncentrace těchto látek v substrátech údolních niv.

Tabulka 6.2. Hodnoty vybraných parametrů mimořádného monitoringu na Vltavě v Libčicích

Tok:		Vltava									
Profil:		Libčice									
Identifikační číslo:		1046									
Ukazatel	Jednotka	24. 7. 2002	20. 8. 2002	22. 8. 2002	26. 8. 2002	29. 8. 2002	2. 9. 2002	10. 9. 2002	18. 9. 2002	limit podle nař. vl. 82/1999 Sb.	Překročení
pH	–	7,5	7,5	7,4	8,2	7,5	7,7	7,6	7,8	6–9	0
CHSK-Cr	[mg/l]	19	31	37	36	34	31	32	27	50	0
Rozpuštěné látky	[mg/l]	189	168	233	154	176	211	206	173	1000	0
Nerozpuštěné látky	[mg/l]	16	58	96	22	19	26	23	14	–	–
AOX	[µg/l]	17	29	28	29	28	29	28	27	50	0
NEL	[mg/l]	0,07	0,27	0,22	0,14	0,08	0,07	0,12	0,05	0,2	1
N-NH ₄	[mg/l]	0,07	0,38	0,34	0,24	0,35	0,07	0,06	0,18	2,5	0
N-NO ₃	[mg/l]	3,4	2,7	2,9	1,9	2,9	3,6	2,9	2,7	11	0
P-celk.	[mg/l]	0,16	0,24	0,22	0,17	0,28	0,19	0,13	0,22	0,4	0
Termotoler. kolif. bakt.	[KTJ/ml]	40	500	210	200	1530	510	950	410	40	6
Rozpuštěný kyslík	[mg/l]	9,5	9,2	9,0	9,3	8,0	10,0	8,0	8,3	5	0

7 VZTAHY MEZI KRAJINOU A POVODNÍ

Mezi krajinou a povodní dochází k vzájemnému působení. Regionální povodeň, která postihla území ČR, měla nepochybně vliv na krajinu, zejména na její zaplavenou část – údolní nivy. Vliv využití krajiny na velikost povodně pocházející ze srážek extrémních úhrnů má v území zasaženém srážkou relativně menší význam. Avšak význam využití území údolních niv s větší povodní naopak vzrůstá. Objekty jako navážky, skládky, deponie, valy, násypy komunikací, budovy a zdi nacházející se v nivě snižují její průtočnou kapacitu a zvyšují tedy vodní stav. Plochy bez vegetace uvolňují do protékající vody vyšší množství půdních částic. Z průmyslových, zemědělských či zdravotnických objektů mohou unikat do vody znečišťující látky.



Obr. 7.1. Zbytek lužního lesa na soutoku Labe a Vltavy je jednou z mála ukázek přirozeného stavu údolní nivy dolního toku v ČR

7.1 Zhodnocení extremity povodně na základě výskytu fluvizemí

Půdy ze skupiny fluvizemí jsou jedním z indikátorů rozsahu záplav a vůbec plošného rozsahu akumulací činnosti vodního toku v posledních zhruba osmi tisících letech. Plocha fluvizemí vymezuje území zvané údolní niva. Fluvizemě mohou přispět k rekonstrukci povodňových případů v minulosti, a tím i k hrubé indikaci extremity povodně v srpnu 2002. Jako indikátor údolní nivy mají však některá omezení, nevyskytují se v erozních zónách říčních údolí a podléhají antropogenním zásahům (těžba a jiné úpravy krajiny).

Z porovnání rozsahu fluvizemí a plochy záplavy v roce 2002 se ukázaly mírné rozdíly mezi horními, středními a dolními

tratěmi vodních toků. Například na horních úsecích toků v povodí Otavy došlo sice k rozlivům, ale jejich údolní nivy většinou zcela zaplaveny nebyly. Naopak ve středních a dolních tratích došlo k úplnému zaplavení většiny údolních niv a místy dokonce i k zaplavení spodních částí přilehlých bočních svahů údolí. Nejasnost plynoucí z otázky, proč nebyly nivy na horních tocích zcela zaplaveny, lze vysvětlit dílem menší extremitou srpnové lokální srážky oproti historickým případům, dílem úpravami toku (zahlobení, napřímení, zmenšení drsnosti koryta aj.), které mají za následek rychlejší odtok. Snižuje se tak efekt transformace povodňové vlny, který by zmenšil a zpzdil zasažení niv dolních a středních toků.



Obr. 7.2. Radbuza přirozeně meandruje v zemědělsky využívané údolní nivě, kde povodeň nepřináší katastrofální důsledky

Dalším výrazným jevem byly nezaplavené plochy fluvizemí, kde byl terén zpravidla upraven člověkem (komunikace, velkoplošné úpravy reliéfu aj.). Řadu nezaplavených míst však takto zdůvodnit není možné. Přesto nelze vždy s jistotou tvrdit, že nezaplavené fluvizemě na okrajích širokých niv pocházejí z povodňových událostí ještě větších rozměrů než byla povodeň v srpnu 2002. Vzhledem k úpravám profilů koryt se mohla změnit jejich průtočná kapacita.

V několika málo případech došlo k přesahu záplavy za hranice fluvizemí, a to na Vltavě nad Českými Budějovicemi, na soutoku Vltavy a Labe a na Labi u Terezína. Uvedený jev je kromě extremity povodně nesporně opět důsledkem antropogenních úprav nivy (zejména násypy komunikací) a postupné agradace (navyšování) niv dolních úseků toků vlivem akumulace materiálu z odlesňovaných erozně ná-

chylných oblastí, což je proces trvající již zhruba tři tisíce let.

Závěrem lze říci, že hranice výskytu fluvizemí se většinou překrývaly s hranicí maximálních rozlivů 2002. To dokazuje, že povodeň 2002 byla extrémním jevem, nebyla však jevem v období holocénu ojedinělým.

7.2 Využití krajiny v záplavových územích

Extrémní srážky, jaké spadly v srpnu 2002 i v červenci 1997, vyvolávají vznik povodňových jevů bez ohledu na retenční schopnost povodí. Využití území povodí v takových případech nehraje příliš významnou úlohu, proto se pozornost soustřeďuje na využití inundačních území vodních toků, údolní nivy. V případě extrémních povodní bývá zaplavena víceméně celá plocha nivy, jak je uvedeno v předchozí kapitole 7.1. Nejvhodnějším způsobem využití nivy je lužní les (obr. 7.1), popřípadě louka (obr. 7.2), jak z hlediska vlivu na množství i kvalitu povodňové vody, tak z hlediska škod vzniklých na těchto plochách vlivem povodně.

V současnosti jsou záplavová území hospodářsky využívána a dochází zde ke koncentraci zástavby. Okamžité totální vyloučení orné půdy nebo vymístění zástavby by vyvolalo ekonomické a sociální ořesy. Proto je třeba zachovat alespoň průtočnou kapacitu aktivní zóny záplavového území. Pokud je povodňový průtočný profil zmenšován stavebními objekty či terénními úpravami, může povodňová hladina dosáhnout i na výše položené části údolí nad hranicí údolní nivy. Na vybraných úsecích toků se širokou nivou, kde je velký potenciál pro rozlivy, byly vytipovány nevhodné objekty. Mapování proběhlo na úsecích toků Malše, Lužnice, Blanice, Otavy, Úhlavy, Berounky a Vltavy. Byly zazname-



Obr. 7.4. Nevhodná navážka zeminy v nivě Vltavy v Praze-Velké Chuchlí



Obr. 7.3. Násep železnice tvoří bariéru odtoku vody nivou a zvyšuje hladinu nad touto překážkou (Labe ve Štětí)

nány všechny stavby vyskytující se mimo zastavěná území obcí, komunikace nad úrovní nivy, terénní úpravy nivního reliéfu, tělesa hloubkově zasahující do nivy a omezující její propustnost pro poříční podzemní vodu, orná půda a nevhodné průmyslové provozy. Příklady problémových objektů ukazují obr. 7.3 až 7.6.

Největší stupeň přeměny člověkem vykazovala niva dolní Berounky s rozlohou 2 276 ha. Z této plochy je 33 % výrazně přeměněno (zejména obytnou i průmyslovou zástavbou a terénními úpravami), 40 % plochy tvoří orná půda. Jako nejhorší ve vztahu k průtočnosti nivy se jeví situace v obci Karlštejn, kde jsou stavby zhoršující průtokové podmínky nahuštěny. Výrazně upravená je také niva Vltavy nad Českými Budějovicemi (23 % plochy nivy). U ostatních niv se pohybuje podíl člověkem upravených částí celkové plochy od 9 do 13 %. Ve všech sledovaných nivách lze zaznamenat řadu liniových prvků omezujících průtočnost zaplaveného území (např. silnice E 55 pod Veselím nad Lužnicí). Specifická je v tomto ohledu Lužnice, kde je velký počet liniových prvků nad úrovní nivy tvořen hrázemi rybníků a vyhrábkami podél pískoven. Relativně příznivější je situace na soutoku Vltavy a Labe, kde však velká část povodňových škod v srpnu 2002 vznikla mimo oblast vymezené nivy.

V některých nivách byly zjištěny poměrně vysoké podíly orné půdy – 85 % na dolní Blanici, 60 % na dolní Otavě, 57 % na Malši, 56 % na soutoku Vltavy a Labe. Nejlepší situace byla v tomto směru shledána ve sledované části nivy Lužnice – 25 % orné půdy.



Obr. 7.5. Průmyslové objekty v nivě Berounky v Radotíně

S uváděným rozsahem antropogenních úprav nivy dobře koresponduje rozsah zaznamenaných škod, které byly nejčetnější v údolní nivě Berounky.

7.3 Změny ve využívání krajiny jako možný faktor ovlivňující povodeň

Na modelovém území povodí Otavy byly analyzovány změny krajiny a posuzován jejich vliv na srpnovou povodeň v roce 2002. Bylo zjištěno, že v povodí během posledních 150 let vzrostl podíl lesních ploch o 10 % a během posledních 50 let klesal podíl orné půdy. V tomto povodí nelze tedy spojovat katastrofální průběh povodně roku 2002 s vlivy odlesňování území, alespoň pokud jde o období od průmyslové revoluce po současnost.

Ze srovnání délky toků říční sítě vyplynulo, že za posledních 150 let došlo k jejich zkrácení v povodí Otavy o 9 %. Existují však značné rozdíly mezi horními a dolními



Obr. 7.6. Niva Berounky mezi Řevnicemi a Dobřichovicemi je silně zastavěná

toky. V některých úsecích dolních toků došlo ke zkrácení až o 60 %. Naopak na horních úsecích nedošlo k výraznějším změnám, což je převážně způsobeno morfologií terénu a menším tlakem na využití území, viz **obr. 7.7**.

Z provedeného účelového mapování upravenosti koryt toků v povodí Otavy vyplynulo, že je zde v současné době upraveno 43 % celkové délky toků. Jde o úpravy ve smyslu změn příčných i podélných profilů, použití cizorodých materiálů na zpevnění břehů a dna či napřímení trasy (viz **obr. 7.8**).

Analýza využívání území na základě satelitních snímků Landsat TM a geodatabáze CORINE Land Cover prokázala nevhodnou skladbu pokryvu nivní krajiny. Dominantním prvkem je orná půda, která zaujímá

44 % celkové rozlohy. Spolu s ostatní zemědělskou půdou tak tvoří 63 % plochy údolní nivy, lesy zaujímají pouze 11 %.

7.4 Povodeň a revitalizace vodních toků

Vztahy mezi revitalizacemi vodních toků a povodní mají dva základní aspekty. Jedním aspektem je, jak proběhla povodeň již uskutečněnými revitalizačními stavbami, kdy mohlo dojít k poškození těchto staveb, ale také se mohl projevit transformační účinek provedených revitalizačních opatření. Druhým aspektem jsou samorevitalizační účinky povodně.

V těchto ohledech přinesla povodeň pozitivní zkušenosti. Na revitalizační stavby, které již byly realizovány na několika malých vodních tocích, neměla povodeň takřka žádný negativní důsledek. Zpravidla došlo k dotvoření příčného a podélného profilu revitalizovaného koryta. Zvýraznilo se členění koryta na tůň a proudné úseky, rozhojnilo se břehové úkryty.

K podobným změnám došlo i na upravených a částečně upravených vodních tocích, což mohlo být chápáno jako příspěvek k přiblížení jejich stavu přírodním parametrům. Ve srovnání s dosud velmi skromnými výsledky záměrných revitalizací prováděných v rámci *Programu revitalizace říčních systémů*, které se zatím omezují spíše na jednotlivé ověřovací ukázky, byl úhrnný revitalizační efekt povodně velký. Na vodních tocích, které převáděly povodňové vlny, došlo ve velké míře ke změnám příčné a podélné členitosti (lavice naplavenin a břehové nátrže jako na **obr. 7.9**). Tyto změny jsou přirozené a pokud to nevyžadují zájmy ochrany staveb či komunikací, neměly by vyvolávat potřebu razantních nápravných zásahů.

7.5 Role břehových porostů při povodni

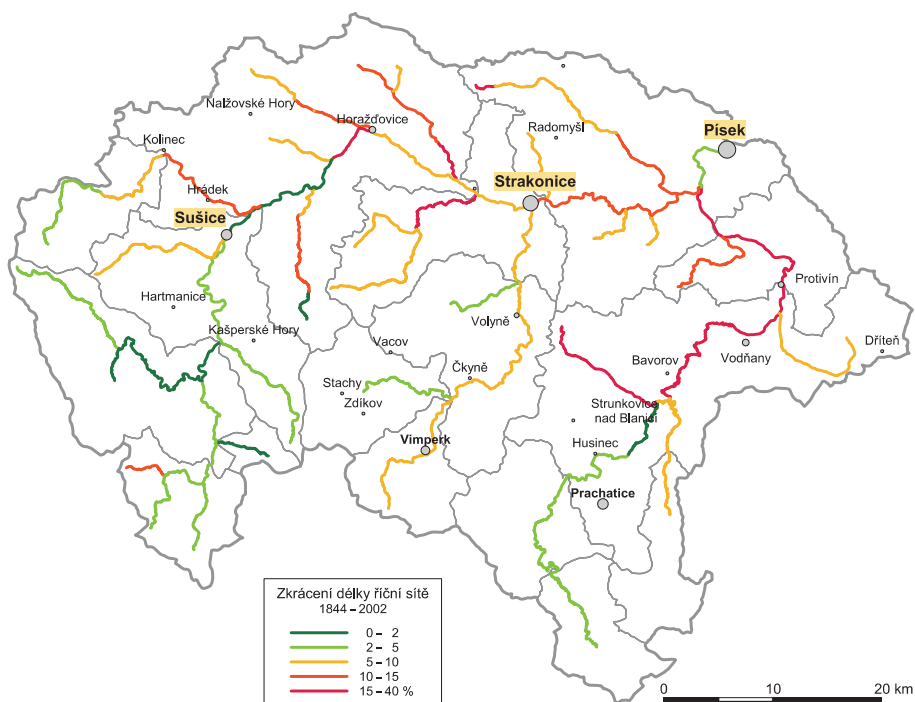
Břehovými porosty se rozumí úzké pásy dřevin na rozhraní souše a vody. V těchto porostech mohou být zastoupeny stromy i keře. V ČR je přirozeně tvoří vrby, topol černý, olše lepkavá, olše šedá, jasan ztepilý, javor mléč, jilmy, dub letní, střemcha obecná, brslen evropský, kalina obecná atd. Jejich kořenový systém je přizpůsoben vysoké hladině podzemní vody, případně dlouhodobému zaplavení. Nestabilitě stále erodovaného břehu, zvláště nárazového, se dřeviny přizpůsobují mohutným vyvinutím kořenového systému, čímž jej podmíněně stabilizují. Funkci břehových porostů proto nemohou plnit pouze bylinné porosty. Stejně tak dřeviny za horní hranou koryta, tzv. doprovodné porosty, mají podstatně menší stabilizační funkci.

Při průzkumu břehových porostů zasažených srpnovou povodní byly zjištěny vývraty (zpravidla do 10 % stromů), nejčastěji olší a smrků. Stromy zůstaly na místě a nebyly transportovány dále. Výrazně menší počet vývrátů byl zaznamenán na konvexních nánosových březích. Největší odolnost vůči dynamickým účinkům proudu projevovaly křovité porosty vrby, proto jsou vhodné k ochraně konkávních nárazových břehů.

Stabilita a stabilizační funkce břehových porostů mohou být zachovány jen při soustavné péči spočívající v odstraňování jedinců, jimž hrozí vyvrácení, dále jedinců nemocných, poškozených, přestárých apod. Následovat by měla náhradní výsadba nebo podpora přirozeného zmlazení. Zvláštní péči je nutno věnovat nárazovým břehům.

Proti břehovým porostům bylo uplatněno, zvláště po povodni v roce 2002, několik námitek. Klade se jim za vinu zahrazení koryt padlými kmeny, hromadění dřeva před mosty, jejich ucpávání a následné vyběžování toků. Je otázkou, jaký podíl by na těchto jevech měly břehové porosty správně udržované s vhodnou druhovou a věkovou skladbou. Problémové mohou být v těchto případech také dřeviny na podmáčených svazích mimo koryto a zejména obtížný bývá smrk ztepilý, typický svým nestabilním kořenovým systémem. Další významný podíl může mít dřevo z ležících pokácených či padlých stromů.

Břehové porosty (stojící) jsou také jedním z faktorů, které zpomalují odtok vody při povodni, což je zejména mimo lidská sídla velmi žádoucí. Přitom mohou poněkud zmenšovat



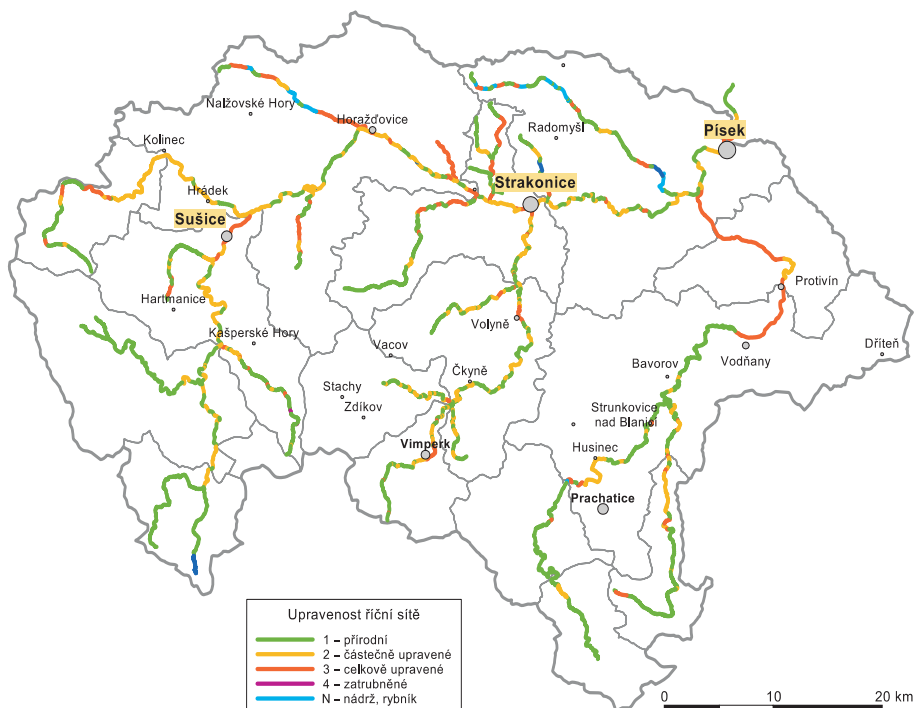
Obr. 7.7. Zkrácení říční sítě povodí Otavy za období 1844–2002

průtočnou kapacitu koryta a následkem toho je mírné zvýšení hladiny vody v toku.

Za extrémních průtoků jsou břehové porosty často poničeny, ovšem stejně tak se nezdá děje u opevnění břehů nevegetačními způsoby, které jsou dražší, neestetické a postrádají ekologickou funkci.

7.6 Vliv povodně na zvláště chráněné části přírody

Na přírodě blízkých ekosystémech nezpůsobila povodeň žádné škody. Kladný vliv povodně zaznamenaly populace některých zvláště chráněných živočichů. Štěrkové



Obr. 7.8. Antropogenní upravenost říční sítě v povodí Otavy



Obr. 7.9. Povodní vytvořené břehové nátrže na Třemošné jsou součástí přirozeného vývoje toku

nánosy se staly hnízdištěm písika obecného. Břehové nátrže osídlil ledňáček říční. Jediným druhem významně zasaženým povodní byla perlorodka říční. Došlo k odplavení podstatné části její populace. Na druhou stranu však byly vytvořeny nové vhodné biotopy pro určité životní fáze perlorodky.



Dřevinná společenstva v nivách byla zdrojem splávi, avšak zachytila větší část splávi, než z nich bylo uvolněno. Z tohoto důvodu je vhodné, s ohledem na další pozitivní retenční funkce lesů a křovin, rozšiřovat jejich zastoupení v nivách.

Obr. 7.10. Břehový porost řeky Bradavy ve Spáleném Poříčí, kudy protékalo více než $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody, přestál povodeň bez úhony

8 SOCIÁLNÍ A EKONOMICKÉ DŮSLEDKY POVODNĚ

Škodlivost povodní se poměřuje zpravidla ztrátami na životech, počtem postižených obyvatel a rozsahem škod na movitém a nemovitém majetku. Kromě toho však existují i škody hůře vyčíslitelné, jako jsou újmy na zdraví a psychice obyvatelstva, újmy na kvalitě životního prostředí aj. Přesto se informace o tomto druhu negativního působení povodní stávají v moderním věku čím dál více důležitou a nepostradatelnou součástí hodnocení příčin a sociálně ekonomických dopadů povodňových pohrom. Pomáhají významně nejen při racionálním usměrňování dalšího rozvoje povodňové ochrany, ale jsou jedním z nezbytných podkladů pro aplikaci principů udržitelného rozvoje krajiny. Dále se proto uvádějí některá závažná fakta k této problematice zjištěná v rámci hodnocení srpnové povodně 2002.

8.1 Srovnání povodní v letech 1997 a 2002

Území České republiky postihly v relativně krátkém časovém sledu dvě katastrofální povodně, a to v červenci 1997 v povodí Moravy, Odry a horního Labe a v srpnu

2002 v povodí Vltavy. Obě byly provázeny ztrátami na životech a značným utrpením obyvatelstva. Způsobily významné škody nejen v postižených oblastech, ale poznamenaly i ekonomiku a sociální prostředí celého státu. V důsledku obou přírodních katastrof musely být evakuovány tisíce lidí, stovky rodin přišly o obydlí a další majetek.

V roce 1997 bylo zaznamenáno úhrnem 60 obětí na životech. V roce 2002 přišlo o život celkem jen 19 osob, ačkoliv obě povodně byly mimořádně extrémní i škodlivé a srpnová povodeň zasáhla území s hustější infrastrukturou a větším počtem měst a obcí. Z toho je zřejmé, že určité poučení a zlepšení ochrany obyvatel se po povodni z roku 1997 projevilo. Státní správa, soukromé i veřejnoprávní subjekty, občanské iniciativy i jednotliví občané, zahraniční humanitární organizace a vlády celé řady zemí projevili velkou solidaritu s postiženými a významně přispěli k odstranění největších škod i sociální nouze. Porovnání rozsahu zasažení povodněmi v letech 1997 a 2002 je v **tab. 8.1**.

Tabulka 8.1. Porovnání následků katastrofálních povodní v letech 1997 a 2002

Míry povodňových škod	Povodeň 1997	Povodeň 2002
Rozloha postiženého území jako suma výměr zaplavených území u postižených obcí	11 tis. km ²	17 tis. km ²
Počet postižených obcí	558	986
Počet dotčených krajů	8	10
Počet dotčených okresů	34	43
Počet postižených obyvatel v okresech	2,9 mil.	3,2 mil.
Podíl postižených obyvatel k celkovému počtu obyvatel žijících v dotčených okresech	63 %	66 %
Přímé majetkové škody	62,6 mld. Kč	73,1 mld. Kč

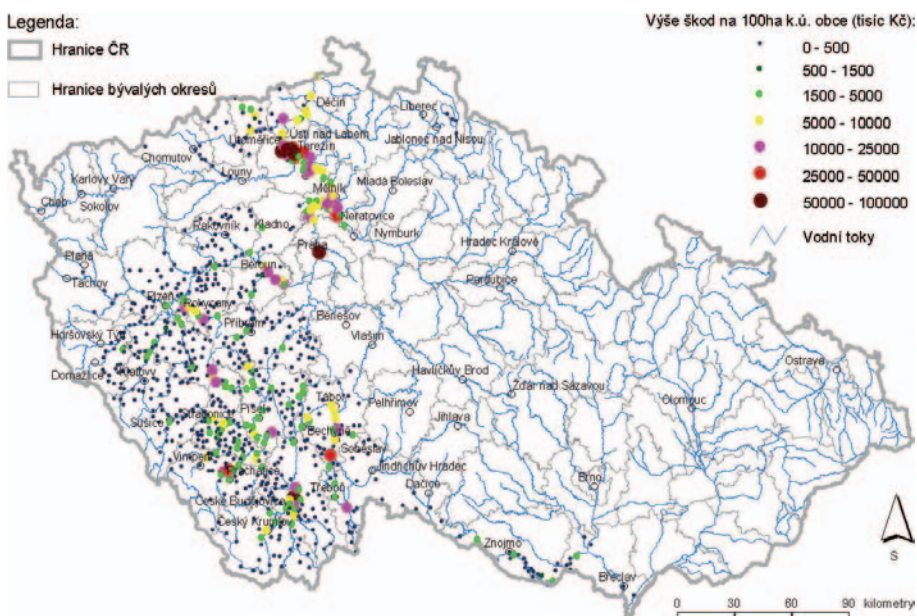
8.2 Dopad povodně na zdraví obyvatelstva

Analýza zdravotních důsledků srpnové povodně 2002 byla prováděna ve zvolené pilotní oblasti, v okrese Český Krumlov. K šetření bylo použito dotazníkové metody u občanů postižených povodní v kombinaci s výpisem z jejich zdravotnické dokumentace vedené u praktického lékaře. Z výsledků průzkumu vyplynulo, že povodňovými událostmi bylo určitým způsobem dotčeno 41 % dotázaných. Z nich bylo postiženo ztrátou obydlí 9 % osob a u 31 % osob šlo o poměrně významné škody na majetku. Postižení obyvatel ve městě Český Krumlov ilustruje **obr. 8.1**.

Průzkum dále prokázal, že se důsledky povodně výrazně dotkly zdravotního stavu i celkové kvality života občanů. K subjektivnímu zhoršení zdravotního stavu došlo u 42 % postižených. Z tohoto počtu tomu tak bylo u 46 % respondentů v průběhu a bezprostředně po povodňové situaci, u 39 % se jejich potíže projevíly do šesti týdnů po povodni a u dalších 13 % nastaly do půl roku. Z celkového počtu 133 vyšetřovaných osob problémy spojené se zhoršeným zdravotním stavem přetrvávaly u 73 % z nich i po uplynutí jednoho roku. Příznivé je zjištění, že nebyl zaznamenán výskyt infekčních a parazitárních onemocnění, který by souvisel s povodňovou situací. Celkově lze předpokládat, že obdobný stav nastal i v dalších postižených oblastech, takže zhoršeným zdravotním stavem v důsledku povodně trpělo i po roce od jejího výskytu přibližně 5 % obyvatel České republiky.



Obr. 8.1. Český Krumlov



Obr. 8.2. Povodňové škody přepočtené na 100 ha katastrálního území postižených obcí



Obr. 8.3. Zaplavená pražská čtvrť Karlín, v pozadí ostrov Štvanice

8.3 Povodňové škody na majetku

Přímé majetkové škody způsobené srpnovou povodní 2002 byly vyčísleny na 73,14 miliardy Kč, zřejmě však byly ještě větší. K největším škodám došlo podle vyčíslení Ministerstva pro místní rozvoj ČR na pozemních komunikacích a mostech (cca 6,2 mld. Kč), budovách, halách a stavbách (cca 6 mld. Kč), pražském metru (cca 6 mld. Kč), strojích, zařízeních, dopravních prostředcích a inventáři (cca 3,7 mld. Kč), rodinných domech (cca 3 mld. Kč), železniční infrastruktuře (cca 2,4 mld. Kč), ostatních stavbách (cca 2,1 mld. Kč) a na vodních tocích (cca 1,3 mld. Kč).

Vyčíslení škod v obcích na území České republiky je znázorněno v mapě na obr. 8.2. Postižení některých obcí dokreslují obr. 8.3 až 8.6.

Přehled o předběžných odhadech nákladů na obnovu ma-



Obr. 8.4. Zaplavené sídliště v Kralupech nad Vltavou

jetku sloužícího k zabezpečení základních funkcí v území postiženém povodní je zaznamenán v tab. 8.2. K tomuto přehledu je nutno dodat, že k menším škodám došlo i v dalších krajích: Jihomoravském, Karlovarském, Libereckém a Vysočina. Rozdíl mezi údaji tabulky v řádku „Celkem“ a celkovou výší povodňových škod je způsoben vykazováním škod po dvou liniích, jednak podle obcí a odvětví a jednak po linii územní správy, která prošla krátce po povodni reformou.

8.4 Hodnocení aktivit povodňové ochrany ve vztahu k příčinám povodně

Vedle poznatku z hodnocení přírodních příčin povodně jsou velmi cenné i zkušenosti získané z hodnocení činnosti orgánů povodňové ochrany. Podkladem byly zprávy od správců povodí a z okres-

ních i krajských úřadů v postiženém území. Z výsledného přehledu se uvádějí dále pro ilustraci některé kritické názory, které mohou mít vliv na efektivnost celého systému povodňové ochrany v budoucích povodňových situacích.

- Významným prvkem ochrany před povodněmi, který by měl napomáhat k co největšímu možnému snížení škod, je stanovení záplavových území. V posledních letech byla vodoprávními orgány oficiálně vymezena záplavová území u významných vodních toků v rozsahu asi 50 % celkové potřeby. Stálým problémem územního plánování a jeho realizace zůstává však nedůsledné omezování rekreační výstavby a nedostatečné uplatňování zákazu ostatní výstavby v záplavových územích.

- Místně se v povodňové ochraně projevilo podcenění dynamiky rozvodněných drobných vodních toků, a to až již v povodňových plánech obcí, či u privátních objektů.

- Průchod mohutných povodňových vln hustě zastavěnými intravilány měst a obcí včetně hlavního města Prahy, jakož i rozsáhlé záplavy ve středních a dolních tratích toků zvyšovaly jak časově, tak i operativně náročnost záchranných prací. Krizové řízení v té době probíhalo při vyhlášení stavu „nouze“ již za podmínek, kdy rozměry povodňové pohromy vysoce překročily možnosti všech existujících protipovodňových opatření. Je třeba, aby příslušné povodňové plány braly do úvahy i postupy při těchto situacích.

- V rozsáhlém počtu případů byly překročeny návrhové hodnoty 100letého průtoku (Q_{100}), podle kterých byla většina preventivních prostředků povodňové ochrany dimenzována. Dodatečná operativní opatření (hráze pytlů s pískem, mobilní povodňové hrazení aj.) k doplňkovému

Tabulka 8.2. Náklady na obnovu majetku k zabezpečení základních funkcí

Předmět odhadu	Výše odhadu v zasažených krajích – celkem v tis. Kč					
	Praha	Jihočeský	Plzeňský	Středočeský	Ústecký	Jihomoravský
<i>Budovy, haly, stavby</i>						
Budovy, haly, stavby	9938907	1268091	176960	1635213	2871593	
<i>Bytové domy a rodinné domy zcela zničené (určené k demolici)</i>						
Bytové domy	445620	39751	18655	17334	35176	
Byty v bytových domech	95362	11398	17176	20059	20149	
Rodinné domy	80262	193359	46928	869042	130442	
Byty v rodinných domech	11480	52504	2750	281220	30510	
<i>Bytové domy a rodinné domy poškozené (vhodné k opravám)</i>						
Bytové domy	2712285	294968	9058	141944	648042	
Byty v bytových domech	794781	109159	12114	320198	136816	
Rodinné domy	523960	564989	127064	1097850	1219111	
Byty v rodinných domech	166830	94826	5468	127725	286335	
<i>Inženýrské stavby a sítě</i>						
Mosty silniční	55450	1592477	313183	120154	100773	
Mosty železniční	700	153350	281700	5100	56166	
Pozemní komunikace	1140445	1165179	532282	1119766	879514	
Dráhy	68535	489661	642120	500	747303	
Telekomunikace	62767	51884	25859,6	19010	150	
Vedení a rozvody inženýrské	855768	892047	157312	237256	215016	
Ostatní stavby inženýrské a speciální	164229	308465	395846	251268	59283	
<i>Jiné stavby</i>						
Stavby vodních nádrží a rybníků	42385	813114	52382	69781	43284	
Ostatní stavby	1337017	961674	30872	304478	774157	
<i>Vybavenost a materiálové zásoby</i>						
Stroje a zařízení, dopravní prostředky a inventář	2794134	1073826	93571,93	1421876	1053155	
Zásoby ve výrobních jednotkách	885252	310329	37475,55	452407	445912	
Zásoby v obchodních jednotkách	1025409	907695	8033	264212	154131	
Vnitřní vybavení domácností	585569	440997	62409,05	1152565	296756	
<i>Zemědělství a lesní hospodářství</i>						
Trvalé kultury a rostlinná zemědělská produkce	48873	1347478	59607	219584	333036	
Zvířata a živočišná zemědělská produkce	1548	168708	3433	3241	17095	
Les a lesní hospodářství	1100	150211	13173	13259	35591	
<i>Vodní toky</i>						
Vodní toky upravené	79711	441991	227805	228100	345430	
Vodní toky neupravené	42600	175096	114800	34160	54500	
<i>Škody v životním prostředí</i>						
Kontaminace půdy	118658	44405	1940	108470	8958	
Kontaminace povrchových a podzemních vod	9810	26093	38135	29646	778	
Poškození migrační propustnosti a ekologické stability krajiny	4262	470459	32549,5	124070	15606	
Nutná obnova přirozené funkce vodních toků	22100	270294	69394,5	148886	79877	
<i>Jiné škody</i>						
Učební pomůcky	42405	8042	6255,5	10922	5811	
Sbírkové předměty	554500	5284	100	20547	144	
Knihovní fondy	308489	3226	25	7861	3280	
Ostatní	1529335	251368	184786,8	463690	191334	
Celkem	26914396	15152458	3851254	11376287	11295214	475664
Kraje celkem						69065273



Obr. 8.5. Ulicí v Dubí se prohnala říčka Bystřice

zvýšení povodňové ochrany, prováděná v průběhu povodně, již nemohla být v řadě míst natolik účinná, jako by byla dostatečně dimenzovaná preventivní ochrana. Míra ochrany by neměla být aplikována mechanicky, ale podle místních podmínek. Přitom je zejména třeba uvážit, co může nastat po překročení návrhových hodnot protipovodňových opatření.

- Dalším činitelem, který se podílel na vzniku škod, bylo náhlé místní zmenšení průtočnosti koryt toků následkem ucpání

mostů a propustků neseným materiálem (splávním). Ponejvíce šlo o důsledky nesprávného řešení či nedostatečného dimenzování těchto objektů v záplavovém území.

- Z rozboru dále vyplynulo, že při zpracování regulačních opatření, zákazů, vyjádření vodoprávních úřadů podmiňujících povolování výstavby bytových i jiných staveb je nutné zavést postupy, které povedou k zapojení všech stupňů místní, regionální i celostátní správy do účelné dělby práce při zajišťování ochranných i preventivních opatření.

Obr. 8.6. České Kopisty v údolní nivě Labe



9 INFORMAČNÍ PODKLADY A MAPOVÁ DOKUMENTACE POVODNĚ

Povodeň ze srpna 2002 byla vyhodnocena podstatně důkladněji než jakákoliv jiná povodeň na území ČR. Výsledky byly shrnuty jednak v závěrečných zprávách dílčích úkolů projektu *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*, které jsou dostupné v knihovnách VÚV T.G.M. a ČHMÚ, jednak v souhrnných zprávách I. až III. etapy řešení. Meteorologická a hydrologická data získaná při vyhodnocení povodně jsou uložena v databázích ČHMÚ. Pro využívání a archivaci geografických dat ze zasaženého území byl zřízen datový sklad informací o povodni v srpnu 2002, atlas map dokumentující povodeň, ortofotomapa zaplavených území s čarou maximální záplavy a digitální model údolního reliéfu v oblastech postižených záplavou.

9.1 Datový sklad informací o povodni

V principu jde o systém technických a programových prostředků a organizačních opatření, který umožňuje převody dat, korektní kontrolu a uložení dat, přístup k datům, možnost jejich prezentace a distribuce automatizovaným způsobem pro koncové uživatele i příjemce. Technické prostředky datového skladu jsou umístěny na pracovišti VÚV T.G.M. v Praze. Vytvořený datový sklad byl postupně využíván při řešení projektu a průběžně plní funkci dalšího informačního zdroje o srpnové povodni 2002 zejména pro orgány státní správy a samosprávy.

9.2 Atlas map

Soubor map dokumentujících srpnovou povodeň 2002 je vytvořen v digitální formě a obsahuje tři základní části:

- 1) ortofotomapu s vloženou plochou maximální záplavy, značkami lokalit ekologických zátěží a značkami maximální hladiny záplavy,
- 2) ortofotomapu území dotčeného povodně s vloženou plochou záplavy, klasifikovanou podle hloubek záplavy,
- 3) kvalitativně klasifikované čáry záplav na podkladě Základní mapy ČR 1 : 10 000.

9.3 Ortofotomapa zaplaveného území

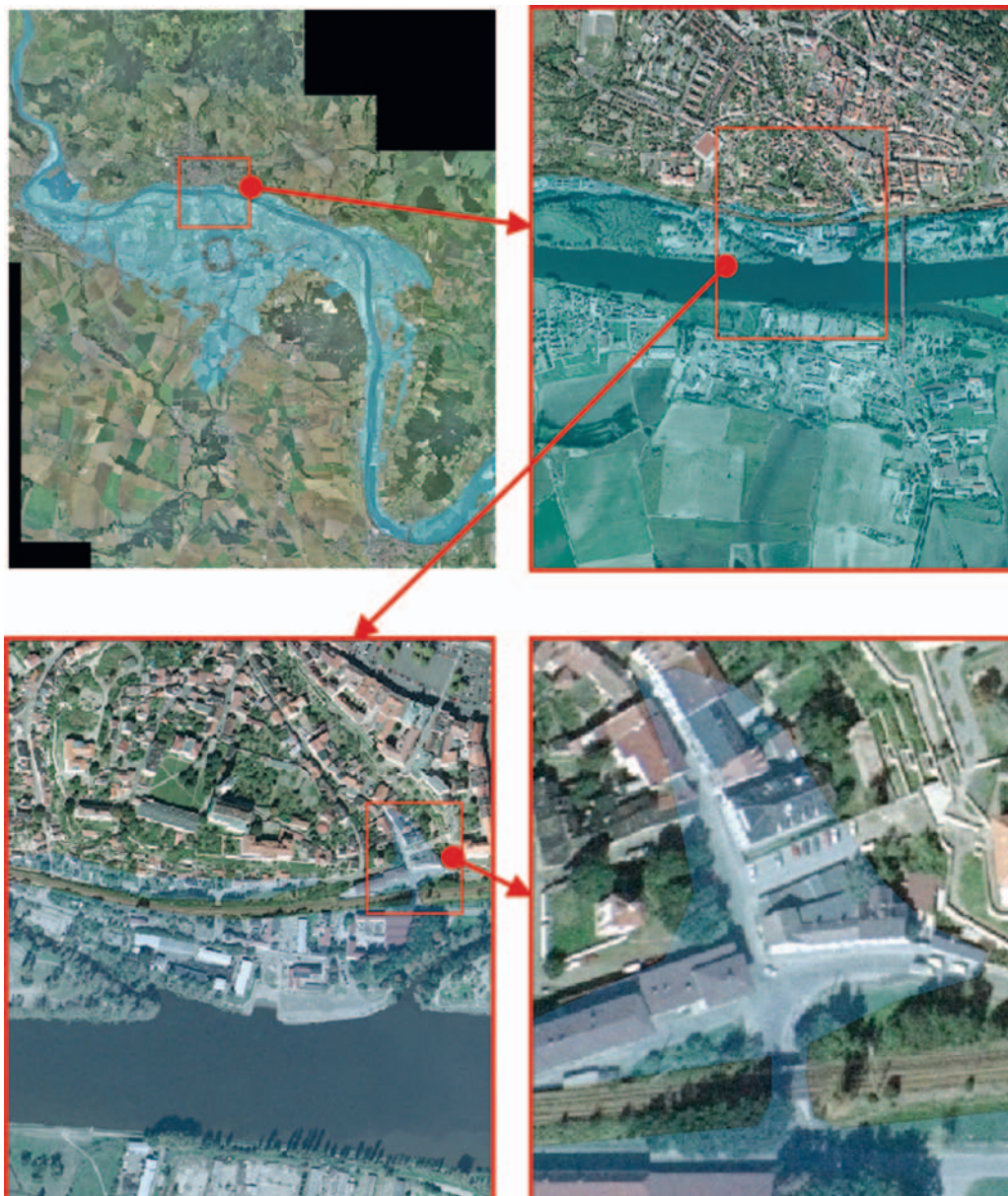
Byla zpracována barevná ortofotomapa s rozlišením 0,5 m v souřadnicovém systému *Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK)* pro území 8 190 km². Je uložena v datovém skladu v kladu mapových listů *Státní mapy 1 : 5 000 – odvozené*. K tomu jsou připojeny rovněž mapové kompozice, u kterých jsou vloženy na podkladě ortofotomapy klasifikované plochy záplav podle dosažených hloubek, dále ekologické zátěže a značky nejvyšších hladin dosažených při povodni. Vzor takové mapové kompozice je uveden na [obr. 9.1](#).

9.4 Digitální model reliéfu území dotčeného povodně

V celém území dotčeném povodně byl transformován vrstvicový model výškopisu *Základní báze geografických dat (ZABAGED)* do modelové struktury nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN) a pravidelné čtvercové sítě (GRID) o straně čtverce 10 m. Jde o území pokryté 2 724 mapovými listy *Základní mapy České republiky 1 : 10 000*. V zájmovém území byl vytvořen diferenční model reliéfu na podkladě výškopisu ZABAGED. Ve vybraných částech území dotčených povodně byl zpřesněn z výškově vyhodnocených leteckých měřických snímků.

9.5 Multimediální výstupy

Výsledky získané při vyhodnocení povodně v roce 2002 jsou veřejnosti k dispozici ve formě multimediální osvětové prezentace na CD nebo na Internetu: <http://www.vuv.cz/povoden/index.html>. Výstupem projektu je rovněž mobilní letecký videozáznam stavu údolních niv po srpnové povodni 2002 u všech významných toků v postiženém území.



Obr. 9.1. Plocha záplavy položená na ortofotomapu v různých měřítkách

SHRNUTÍ A ZÁVĚRY

- Povodeň v srpnu 2002 byla jednou z největších přírodních pohrom na území České republiky za několik posledních staletí.
- Postihla zejména povodí Vltavy a tok Labe pod ústím Vltavy. Následovala poměrně krátce po výskytu povodňové katastrofy, která postihla v roce 1997 povodí Moravy, Odry a horního Labe. Veřejnost tím byla překvapena, i když kumulace několika povodní v kratších časových údobích za sebou není v historickém přehledu povodňových případů ojedinělou výjimkou (viz např. výskyt povodní v letech 1888, 1890, 1896, 1897 a 1899 na Labi).
- Základní meteorologickou příčinou srpnové povodně byl postup dvou hlubokých tlakových níží jižní dráhou přes Středomoří do střední Evropy, kde vyvolaly v poměrně krátkém časovém odstupu za sebou sled dvou vln vydatných srážek. Znovu se potvrdilo, že z jižního až jihozápadního směrového sektoru přicházejí ty meteorologické situace, které mohou za určitých podmínek v prostoru střední Evropy, a tedy i na území České republiky způsobit velmi silné až extrémní rozvodnění.
- Obě srážkové vlny ve dnech 6. až 8. 8. a 12. až 15. 8. 2002 zasáhly ponejvíce povodí Vltavy. Průměrná výška srážek na povodí Vltavy po Prahu (26 719 km²) byla 193,9 mm, výška odtoku 92,5 mm, maximální úhrn dosáhl v jižních Čechách ve stanici Pohorská ves hodnoty 450,5 mm. Obě vlny srážek zasáhly stejná území, a to pouze s krátkým přerušením v rozsahu tří dnů, což mělo za následek téměř totální nasycenost krajiny před spadem druhého mohutnějšího objemu srážek.
- V mnoha profilech bylo dosaženo největších průtoků za celé období pozorování. Doby jejich opakování přesáhly většinou 100 let a ojediněle až 1 000 let.
- Průběh první odtokové vlny byl v říčních úsecích, kde se uplatňoval vliv větších nádrží, většinou významně transformován. Výrazně se to projevilo zejména na Vltavě v Praze. Při druhé odtokové vlně se retenční prostory nádrží rychle zaplnily a jejich vliv na průběh druhé vydatnější odtokové fáze povodně pak byl minimální. Pouze dvě největší nádrže Lipno a Orlík na Vltavské kaskádě pomohly poněkud zmenšit kulminační průtoky, přičemž došlo k překročení maximální přípustné hladiny v nádrži Orlík. Pomocí modelu Vltavské kaskády a variantních simulací ovlivnění povodňové vlny na dolní Vltavě různými variantami manipulací na nádržích kaskády bylo zjištěno, že žádným způsobem manipulace nebylo možno snížit velikost kulminace druhé povodňové vlny v Praze na neškodný průtok.
- Statistickou analýzou vztahů mezi výškami srážek, výškami odtoku a fyzicko-geografickými charakteristikami povodí bylo prokázáno, že při tak extrémních úhrnech srážek se vliv způsobu využívání povodí téměř neprojevil.
- Průběh a velikost průtoků měnily výrazně rozsáhlejší rozlivy. Naplňováním prostor v inundačních územích se povodňová vlna zplošťovala a velikost kulminačních průtoků směrem po proudu zmenšovala. Tak tomu bylo zejména při záplavách na Labi. Zatímco na Vltavě v Praze byla průtokem 5 160 m³.s⁻¹ přiřazena doba opakování 500 let (podle analýzy historických značek byla povodeň 2002 s velkou pravděpodobností největší od roku 1432), na Labi v Děčíně (plocha povodí 51 103 km²) byla srpnová průtoková vlna s kulminačním průtokem 4 770 m³.s⁻¹ v rámci hydrologicky vyhodnocených historických případů až třetí v pořadí. Velikostí kulminací ji předčily povodně z roku 1845 a 1862.
- Porovnávání hranic výskytu fluvizemí prokázalo, že se ve většině středních a dolních úseků toků překrývaly s hranicí maximálních rozlivů způsobených srpnovou povodní 2002. Z toho lze usuzovat, že tato povodeň, i když byla svými rozměry nepochybně extrémním případem, není v posloupnosti historických povodní jevem zcela výjimečným, protože k tomu, aby se vyvinula dnešní hranice fluvizemí, muselo k obdobným rozsáhlým záplavám docházet v minulosti vícekrát.
- V mnoha povodňově zatížených úsecích údolních niv byly zjištěny a zdokumentovány změny řečiště, nové zóny eroze, vznik uzavřených depresí a ukládání nových sedimentačních akumulací. Měnily se poněkud i hydrogeologické poměry, zvláště pokud šlo o změny krycích horninových vrstev ve vztahu k plošnému znečištění podzemních vod.
- Při průchodu povodňových vln docházelo u řady toků k výrazným změnám v jejich příčné a podélné členitosti. Zejména v případech přírodě blízkých toků byly z hlediska jejich revitalizace některé tyto změny pozitivní a nevyvolaly potřebu razantních zásahů.
- Dopad srpnové povodně na jakost povrchových vod nebyl katastrofální, i když řada ukazatelů vykazovala zvýšené koncentrace a ojediněle u některých z nich došlo i k překročení přípustných imisních limitů. Již začátkem září 2002 byly u většiny parametrů zjištěny koncentrace blízké jejich neovlivněným hodnotám.
- Největším znečišťovatelem povrchových toků se staly kontaminované vody ze 124 poškozených čistíren odpadních vod, dále úniky nebezpečných látek z areálů zaplavených podniků zejména s chemickou výrobou a staré ekologické zátěže.
- U kolektorů podzemních vod situovaných v blízkosti povodňových rozlivů došlo k výrazné změně u ukazatelů organických znečištění. Rovněž u nivních substrátů byla zjištěna v řadě případů přítomnost organických polutantů. Převážně šlo však o pouhé překročení přirozeného pozadí uvedených látek v tomto prostředí.
- Srpnová povodeň byla zatěžkávací zkouškou i pro všechna vodní díla v postižených oblastech. U 27 nejvýznamnějších přehradních nádrží I. až III. kategorie bylo 15 z nich vystaveno mimořádným dynamickým účinkům rozpoutaného vodního živlu a neobvyklým provozním obtížím. Z toho sedm jich převedlo povodeň bez podstatných škod a na osmi z nich vznikly značné škody, aniž by však byla narušena jejich stabilita a provozuschopnost.
- Vlivem povodně došlo k přelítí hrází u 100 rybníků s plochou větší než 5 ha a u 300 rybníků s plochou menší než 5 ha. Havárie v důsledku protržení hráze nastaly celkem u 23 rybníčních nádrží. Vážně poškozeno bylo dalších 84 nádrží. Okolo 75 % přelitých hrází odolalo protržení.
- Na několika místech byla rovněž porušena stabilita a funkčnost ochranných hrází. V této souvislosti je třeba vzít také v úvahu, že dalšímu selhání protipovodňových objektů a šíření záplav zabránilo obrovské úsilí zásahových jednotek a velkého počtu dobrovolníků. Na základě průzkumů byl vypracován seznam příčin, které snižovaly bezpečnost těchto objektů při enormním povodňovém zatížení v srpnu 2002.

- Záplavová voda pronikala do intravilánu obcí, vedle povrchových přelivů břehové nivelety, často také stokovými systémy, které nebyly opatřeny zpětnou klapkou, jakož i zpětným vzdutím, když byla hladina hlavního recipientu vyšší než hladina na přítoku či v zaústěném náhonu.
- Mimořádná povodňová situace prověřila také připravenost předpovědní a výstražné meteorologické a hydrologické služby. Ke zjištěným nedostatkům patřila zejména malá odolnost některých klíčových vodoměrných objektů proti havarijním účinkům velkých vod, zabezpečení energie a spojení u automatických stanic.
- U aplikovaných hydrologických předpovědních modelů se ukázalo, že se jim lépe dařilo vystihnout vývoj povodně na větších povodích v řádu tisíců km². U menších povodí byl vliv nejistoty předpovědi časového a prostorového rozdělení srážek prostřednictvím meteorologických modelů příliš velký, než aby bylo možno s výrazným předstihem přijatelně předpovídat detailní průběh povodňových vln.
- Bylo ověřeno, že povodňovým orgánům nepochybně pomohla v jejich mimořádně náročné a obtížné situaci za povodně v roce 2002 řada organizačních a legislativních opatření, realizovaných jako reakce na povodňové události v roce 1997. Potvrdila se tak znovu nutnost permanentního rozvíjení povodňové ochrany a potřeba připravovat se po proběhlé povodni na základě získaných zkušeností ihned na povodeň příští.
- Z těch důvodů byly podrobně analyzovány zjištěné závady v činnosti povodňových orgánů bezprostředně po ukončení srpnové povodně 2002 a zároveň byla navržena opatření k jejich nápravě.
- Škody na nemovitostech, které způsobila srpnová povodeň 2002, byly odhadnuty na 73,14 miliardy Kč, 19 lidí zahynulo, bylo postiženo celkem 968 aglomerací a 3,2 milionu obyvatel. V moderním věku jde v souhrnu o největší škodu způsobenou povodňovou událostí na území České republiky.
- Porovnáním katastrofálních povodňových situací v srpnu 2002 a v červenci 1997 se dospělo k závěru, že srpnová povodeň zasáhla větší plochu území, vyznačovala se kratší dobou koncentrace odtoku a probíhala v krajině s poměrně složitější hospodářskou infrastrukturou. Proto i způsobené škody byly větší.
- Kromě závěrečných zpráv vládního projektu Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 byl zpracován Atlas povodňových map, který dokumentuje na páteřních tocích v postižených oblastech rozsah a hloubky záplav, značky ekologických zátěží i značky maximální hladiny srpnové povodně. Dále byl odvozen ve vymezeném území model reliéfu jednak pomocí základní báze geografických dat (ZABAGED) a jednak na podkladě výškově vyhodnocených leteckých měřických snímků. Rovněž byl pořízen mobilní letecký videozáznam o stavu údolních niv po povodni. Všechny zmíněné a další získané dokumenty byly soustředěny v centrálním skladu informací o povodni vytvořeném ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, Podbabská 30, 160 62 Praha 6, e-mail: info@vuv.cz.

LITERATURA

BRÁZDIL, R. a ŠTEKL, J. Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR. Brno : Univerzita J. E. Purkyně, 1986.

KAŠPÁREK, L. a BUŠEK, M. Vliv vltavské kaskády na povodňový režim Vltavy v Praze. *Vodní hospodářství*, 40, 1990, č. 7, s. 280–286.

Dokumentace povodně v srpnu 2002 v povodí Labe. MKOL, 2004.

MÜLLER, M. a KAKOS, V. Hydrometeorologické srovnání povodní v srpnu 2002 s vybranými historickými případy deštových povodní na Vltavě v Praze. *Meteorologické zprávy*, 56, 2003, č. 5, s. 129–136.

Metodický pokyn odboru ekologických škod Ministerstva životního prostředí „Kritéria znečištění zemin a podzemní vody“. *Zpravodaj MŽP*, 4, 1996, srpen, příloha V.

Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby. *Věstník MŽP*, 8, 2003, květen, částka 5.

Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 a návrh úpravy systému prevence před povodněmi (Výsledná zpráva o projektu, VÚV T.G.M.). Praha : MŽP, 2003. 85 s.

VÝSTUPY PROJEKTU A SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTACE

Seznam zpráv projektu „Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002“

I. etapa projektu: Meteorologické příčiny katastrofální povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek (ČHMÚ)

II. etapa projektu: Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 (ČHMÚ)

III. etapa projektu: Výsledná zpráva o projektu „Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002“ (VÚV)

Podrobné dílčí zprávy III. etapy:

Návrh úprav systému prevence před povodněmi a vyhodnocení důsledků povodně na majetek, životy a zdraví obyvatel v postiženém území

Posouzení vlivu vodních děl na průběh povodně

Posouzení bezpečnosti převedení povodně vodními díly včetně rybníků

Jakost povrchových a podzemních vod za povodňové situace

Hodnocení extremity povodně

Hodnocení vlivu rozlivů na průběh povodně hydraulickým modelováním

Identifikace míst s nevhodným využíváním krajiny a staveb v záplavových územích

Využití změny ve využívání krajiny pro retenci vody jako preventivní opatření proti povodňovým stavům

Vyhodnocení vlivu povodní na zvláště chráněné části přírody a krajiny a na půdu

Vyhodnocení geologických změn v údolních nivách a přilehlém okolí po povodních v srpnu 2002

Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002

Hydrologické a hydraulické posouzení povodně na tocích a úsecích toků nesledovaných pozorovacích sítí ČHMÚ

Informační podklady a mapová dokumentace projektu

Povodňový model soutoku Labe a Vltavy (DHI Hydroinform)

Katalog digitálních mapových výstupů projektu „Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002“

Kompletní sestavy dílčích zpráv III. etapy projektu jsou uloženy na 10 místech v ČR:

1. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka – knihovna
2. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka – sekce hydrauliky, hydrologie a hydrogeologie
3. Český hydrometeorologický ústav – knihovna
4. Český hydrometeorologický ústav – úsek hydrologie
5. Ministerstvo životního prostředí
6. Ministerstvo zemědělství
7. Povodí Vltavy, s. p.
8. Povodí Labe, s. p.
9. Povodí Ohře, s. p.
10. Národní archiv

Seznam CD

I. etapa projektu: Meteorologické příčiny katastrofální povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek
II. etapa projektu: Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002
III. etapa projektu: Výsledná zpráva projektu „Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002“
Katalog digitálních mapových výstupů projektu „Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002“
Katalog digitálních výstupů – Plzeňský kraj
Katalog digitálních výstupů – Středočeský kraj
Katalog digitálních výstupů – Jihočeský kraj
Katalog digitálních výstupů – Ústecký kraj
Katalog digitálních výstupů – Jihomoravský kraj
Hydrologické a hydraulické posouzení povodně na tocích a úsecích toků nesledovaných pozorovacích sítí ČHMÚ
Značky maximálních hladin dosažených při povodni v srpnu 2002
Srážky srpen 2002: hodinové úhrny, denní úhrny, ukazatel předchozích srážek (API)
Výsledky vyhodnocení povodně v roce 2002 ve formě osvětové prezentace
Mobilní letecký videozáznam stavu údolních niv po srpnové povodni 2002
Vltavská kaskáda při povodni 2002 – videozáznam
Škody po povodních. Sdružení oboru vodovodů a kanalizací (SOVAK) – videozáznam

Seznam DVD

Ohlédnutí za povodní v srpnu 2002 – krátký film

Seznam videozáznamů na kazetách VHS

Vodní elektrárny ČEZ na Vltavské kaskádě – průběh a následky povodně 2002
Povodeň 2002 v Kralupech nad Vltavou
Povodeň 2002 v Radotíně a Velké Chuchli a unikátní záběry z povodní na Berounce v letech 1941 a 1981
Povodeň v Blatné 13. 8. 2002 a první den po povodni
Povodeň v Plzni 13. 8. 2002 (40 minut záznamu z ulic Plzně, 20 minut leteckých záběrů Plzně a okolí)
Povodeň v srpnu 2002. Ministerstvo zemědělství, Povodí Vltavy, s. p.

Všechna CD, DVD a VHS jsou uložena ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka.

Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002

Editoři: Josef Hladný, Ladislav Kašpárek, Martina Krátká, Miroslav Kněžek, Marta Martínková

Informace obsažené v této publikaci, stejně jako mapy, grafy a fotografie, byly čerpány ze zpráv projektu *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*.

Redaktor: Sylva Garciová

Grafická úprava: Jiří Novák

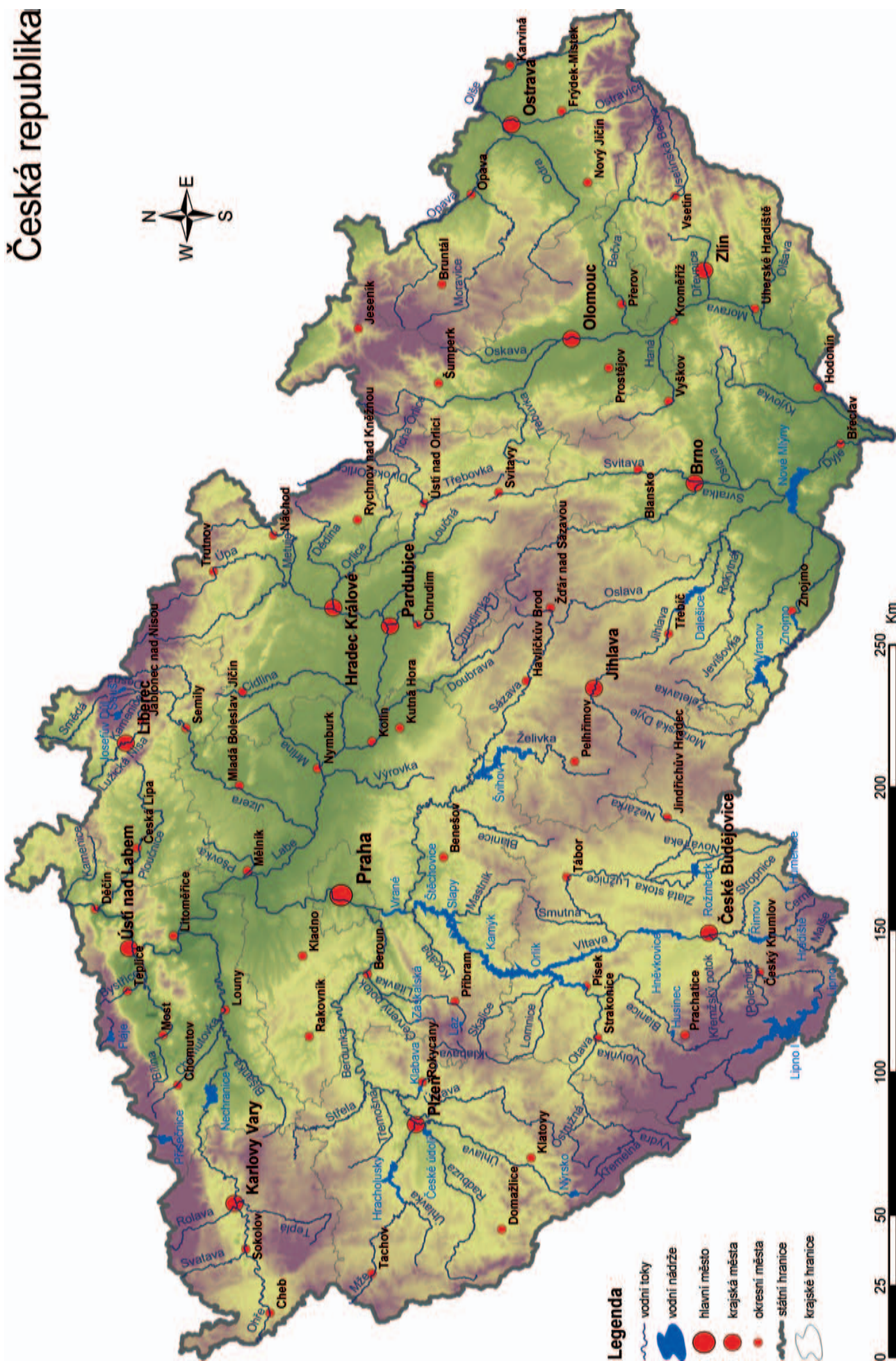
Vydavatel: Ministerstvo životního prostředí

Počet stran: 68








Rok vydání: 2005

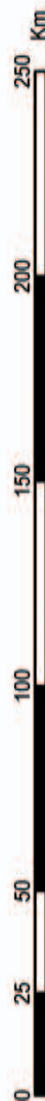
ISBN 80-7212-350-5

Česká republika



Legenda

-  vodní toky
-  vodní nádrže
-  hlavní město
-  krajská města
-  okresní města
-  státní hranice
-  krajské hranice





Český hydrometeorologický ústav



Agentura ochrany přírody
a krajiny České republiky



Česká geologická služba