

7 Hydrologická předpovědní služba

Český hydrometeorologický ústav zabezpečuje podle vodního zákona předpovědní povodňovou službu ve spolupráci se správci povodí (podniky Povodí, s. p.). Ústav má vybudováno centrální předpovědní pracoviště (CPP) v Praze-Komořanech a 6 regionálních předpovědních pracovišť (RPP) na svých pobočkách v bývalých krajských městech. Tato jednotná pracoviště mají zpravidla hydrologické a meteorologické útvary, které při předpovídání povodní plní své specifické úkoly a úzce spolupracují. Pracoviště předpovědní povodňové služby ČHMÚ udržují stálý pracovní kontakt s vodohospodářskými dispečinkami státních podniků Povodí, které řídí provoz vodohospodářských děl za povodní a zabezpečují informační podporu pro rozhodování povodňových komisí ucelených povodí.

Hydrologická předpovědní služba sleduje aktuální situaci v hlásné síti vodoměrných stanic na vodních tocích a přebírá od vodohospodářských dispečinek podniků Povodí informace o stavu a manipulacích na vodních dílech, které ovlivňují průběh povodně. Produkuje hydrologickou předpověď s uvážením těchto zásahů pro vybrané předpovědní profily na vodních tocích.

Ve standardním provozu jsou hydrologické předpovědi vydávány jednou denně pro 18 předpovědních profilů v celé ČR (v oblastech postižených povodní jsou to: Berounka v Berouně, přítok VD Orlík, Vltava v Praze-Chuchli a Labe v Mělníku, Ústí nad Labem a Děčíně). Za povodní se počet předpovědních profilů zvyšuje. Tyto předpovědi jsou počítány manuálně při využití metody odpovídajících si průtoků a jejich postupových dob. Časový předstih předpovědi je limitován geografickými rozměry povodí, které jsou u českých toků poměrně malé, a dosahuje proto délky pouze od 6 do 24 hodin.

Od roku 2002 jsou při výpočtu předpovědi využívány hydrologické modely, které byly odvozeny a nakalibrovány v předcházejících letech pro povodí většiny hlavních řek v ČR, a v době povodně nasazeny na všech předpovědních pracovištích do zkušebního provozu. Výsledky modelových předpovědi jsou v grafické i tabelární podobě pro vybrané profily pravidelně předávány na příslušné vodohospodářské dispečinky podniků Povodí, s. p.

Hydrologická předpovědní služba ČHMÚ prošla v průběhu srpna 2002 významnou zatěžkávací zkouškou. Potřebný rozsah a obtížnost předpovědních operací kladly mimořádné nároky především na Centrální předpovědní pracoviště v Praze a na tři regionální předpovědní pracoviště, v jejichž teritoriu byla povodí nejvíce zasažená extrémní povodňovou situací. Prvním bylo z hlediska vývoje povodně RPP v Českých Budějovicích (horní Vltava), dále RPP v Plzni (Berounka) a RPP v Brně, které zabezpečovalo předpovědi a výstražnou činnost pro postižené oblasti povodí Dyje. CPP v Praze zajišťovalo předpovědi pro dolní Vltavu a vlastní tok Labe od Mělníka po státní hranici.

Během povodně byly kromě standardních termínových předpovědi a předpovědních výstupů hydrologického modelu vypracovávány také další termínové prognózy stavů a průtoků a nepravidelně podle požadavků i odborné odhady pro některé další toky či postižená místa, včetně předpokladu doby a výšky kulminací, překročení limitů SPA a tendence pohybu hladin. Na základě předpovídaných srážek byly zpracovány různé varianty modelových předpovědi. V průběhu povodně pak byly vydávány předpovědi i v nestandardních termínech několikrát denně v závislosti na aktualizaci vstupních dat (měřené srážky, manipulace VD aj.).

Centrální předpovědní pracoviště v Praze vydalo v srpnu celkem 7 upozornění a 14 výstrah na nebezpečné meteorologické a hydrologické jevy. Před první a druhou vlnou trvalých srážek měly rozhodující význam:

Tab. 7.1 Přehled předpovědních profilů za povodně v srpnu 2002.

Identifikace			Standardní termínová předpověď	Předpověď za povodně	
Pobočka	Stanice	Tok		manuální metoda	výpočet modelem*
České Budějovice	Lenora	Teplá Vltava			X
	Chlum-Volary	Teplá Vltava			X
	Černý Kříž-Volary	Studená Vltava			X
	Pořešín	Malše			X
	Roudné	Malše		X	X
	České Budějovice	Vltava		X	X
	Pilař-Majdalena	Lužnice			X
	Lásenice	Nežárka			X
	Klenovice	Lužnice		X	X
	Bechyně	Lužnice		X	X
	Modrava	Vydra			X
	Sušice	Otava		X	X
	Kolinec	Ostružná			X
	Katovice	Otava			X
	Němětice	Volyňka			X
	Heřmaň	Blanice			X
	Písek	Otava		X	X
Dolní Ostrovec	Lomnice			X	
Varvažov	Skalice			X	
přítok do VD Orlík	Vltava	X	X	X	
Plzeň	Stříbro	Mže			X
	Trpisty	Úterský potok			X
	Tasnovice	Radbuza			X
	Staňkov	Radbuza			X
	Lhota	Radbuza			X
	Klatovy	Úhlava			X
	Štěnovice	Úhlava			X
	Plzeň-Bílá Hora	Berounka		X	X
	Plzeň-Koterov	Úslava			X
	Plasy	Střela			X
	Liblín	Berounka			X
	Čeňkov	Litavka			X
Beroun	Litavka			X	
Beroun	Berounka	X	X	X	
Praha	Jablonec nad Jizerou	Jizera			X
	Dolní Sytová	Jizera			X
	Železný Brod	Jizera			X
	Předměřice	Jizera			X
	Brandýs nad Labem	Labe	X	X	X
	Chlístov	Sázava			X
	Zruč nad Sázavou	Sázava			X
	Nespeky	Sázava			X
	Praha-Chuchle	Vltava	X	X	X
	Vraňany	Vltava			X
Mělník	Labe	X	X	X	
Ústí nad Labem	Labe	X	X	X	
Děčín	Labe	X	X		
Ústí nad Labem	Citice	Ohře			X
	Svatava	Svatava			X
	Stará Role	Rolava			X
	Teplička	Teplá			X
	Karlovy Vary	Ohře	X	X	X
	Ostrov	Bystřice			X
Louny	Ohře	X	X	X	
Brno	Podhradí	Dyje		X	
	Vranov-Hamry	Dyje		X	
	Borovnice	Svratka			X
	Veverská Bitýška	Svratka			X
	Letovice	Svitava			X
	Bílovice nad Svitavou	Svitava			X
Židlochovice	Svratka			X	

* modelové výpočty byly ve zkušebním provozu

- Výstraha č. 15/02 vydaná 6. srpna ve 22 hodin na trvalé srážky.
- Upozornění č. 43/02 vydané 10. srpna v 11 hodin na přívalové a trvalé srážky, vzestup hladin řek.
- Výstraha č. 19/02 vydaná 11. srpna v 11.30 hodin na trvalé a přívalové srážky, vzestup hladin řek.

Tato výstraha byla aktivizujícím prvkem pro očekávání druhé vlny srážek velkého rozsahu.

Hydrologické pracoviště CPP připravovalo souhrnné informace o stavu na vodních tocích a hydrologickou část upozornění a výstrah. Během srpna bylo vydáno celkem 59 informačních zpráv (viz příloha „*Informační zprávy CPP vydané v srpnu 2002*“) a 10 mimořádných zpráv pro zasedání Ústředního krizového štábu ČR. Informační zprávy obsahovaly vždy popis aktuální meteorologické a hydrologické situace, včetně vodních stavů a průtoků v hlásných profilech a předpověď dalšího očekávaného vývoje povodně. Podrobněji byla hodnocena situace na tocích, které má CPP ve své územní působnosti, tj. dolní Vltava pod kaskádou, Sázava, dolní Berounka, Jizera a dolní Labe od Mělníka po státní hranice. CPP produkovalo hydrologickou předpověď pro Vltavu v Praze, Sázavu, Jizeru, Labe v Brandýse nad Labem, Mělníku, Ústí nad Labem a Děčíně.

Tab. 7.2 Upozornění, výstrahy a informační zprávy CPP vydané v srpnu 2002.

	Datum	Upozornění CPP		Výstrahy CPP		Informační zprávy CPP		Zprávy pro Ústřední krizový štáb (UKS)	
		Poč.	Ev. č.	Poč.	Ev. č.	Poč.	Ev. čísla	Poč.	Ev. čísla
čt	1. 8.	1	40/02						
pá	2. 8.					1	pravidelná zpráva		
so	3. 8.	1	41/02						
ne	4. 8.			1	14/02				
po	5. 8.					1	bez čísla		
út	6. 8.			1	15/02	1	bez čísla		
st	7. 8.	1	42/02	2	16/02, 17/02	3	1, 2, 3		
čt	8. 8.			1	18/02	3	4, 5, 6		
pá	9. 8.					2	7,		
so	10. 8.	1	43/02			1	8		
ne	11. 8.			1	19/02	2	9, 9 dodatek		
po	12. 8.			1	20/02	4	10,11,12,13		
út	13. 8.			2	21/02, 22/02	4	14,15,16,17		
st	14. 8.			1	23/02	8	18, 18-3, 19, 19-2, 20,	2	19 – UKS, 20 – UKS
čt	15. 8.			1	24/02	4	22,23,24,25	2	23 – UKS, 24 – UKS
pá	16. 8.			1	25/02	4	26, 27,28,29	2	* poznámka
so	17. 8.					4	30, 31,31-1, 32		
ne	18. 8.					2	33,34	1	33 – UKS
po	19. 8.					2	35,36		
út	20. 8.					2	37,38		
st	21. 8.	1	44/02	2	26/02, 27/02	1	39		
čt	22. 8.					1	40	1	40 – UKS
pá	23. 8.					1	41		
so	24. 8.					1	42		
ne	25. 8.					1	43		
po	26. 8.					1	44	1	44 – UKS
út	27. 8.	1	45/02			2	45, 45 b		
st	28. 8.					1	46		
čt	29. 8.					1	47		
pá	30. 8.					1	48		
pá	31. 8.	1	46/02					1	48 – UKS
so									
	Celkem	7		14		59		10	

* dne 16. 8. byly vydána mimořádná zpráva pro Krizový štáb Hlavního města Prahy s číslem 26_1.

Upozornění, výstrahy a informační zprávy byly předávány na operační středisko GŘ HZS, které zabezpečovalo jejich distribuci na úroveň krajských a nižších orgánů krizového řízení. Dále byly v kopii zasílány dalším orgánům a institucím, mj. povodňové službě Ministerstva životního prostředí, Ministerstvu zemědělství, Ministerstvu vnitra, vodohospodářským dispečinkům všech státních podniků Povodí a také České televizi. Ta zařazovala vybrané informace o průběhu povodně do pravidelných a mimořádných relací o počasí. Dále byly všechny výstražné a informační zprávy v plném znění zveřejňovány na Internetových stránkách ČHMÚ. Na teletextu ČT1 byly trvale uváděny dosažené vodní stavy a průtoky v jednotlivých hlásných stanicích, včetně informací o dosažení či překročení stupňů povodňové aktivity.

Informace a předpovědi z české části povodí Labe jsou velmi důležité pro předpovědní službu a řízení krizových opatření v Německu, kde byla srpnová povodeň rovněž jednou z největších zaznamenaných povodní na Labi. Příprava informací na CPP, v rozsahu podle Směrnice pro hláskou službu při normálních a extrémních hydrologických situacích na hraničních vodách, je do značné míry automatizována a informace jsou zasílány přes komunikační počítač. Podmínkou je ovšem včasná kontrola a uložení všech vstupních informací a včasné zpracování a uložení předpovědí pro Labe, což bylo i ve vypjatých podmínkách extrémní povodně dodržováno. V době vrcholení povodně na Labi byly navíc na žádost německé strany zasílány do Drážďan aktuální vodní stavy v Mělníku a Ústí nad Labem, a to od 14. do 17. srpna v 1–2hodinovém intervalu, a pak až do 23. srpna v 6hodinovém intervalu.

Regionální předpovědní pracoviště na pobočkách ústavu v zasažených oblastech pracovala během povodně rovněž v nepřetržitém režimu. Nejvíce byla v přímém styku s povodní RPP v Českých Budějovicích a v Plzni, která musela být během povodně evakuována a pracovala po určitou dobu v provizorních prostorách za použití náhradních postupů. Regionální pracoviště vždy v zásadě vycházela z meteorologických předpovědí CPP, které interpretovala a konkretizovala na podmínky svého regionu. Hydrologové na RPP zpracovávali a vydávali předpovědi pro standardní profily na tocích ve své působnosti (Vltava, Otava, Lužnice a Berounka) a odhady vývoje na dalších tocích podle aktuálních potřeb.

Na rozvodněném hraničním úseku Dyje není standardní předpovědní profil s připravenou metodikou předpovědí, proto RPP Brno mělo těžkou úlohu během povodně operativně odvodit potřebné vztahy a odhadovat předpověď přítoku do nádrže Vranov podle sporadických hlášení z Rakouska.

CPP a RPP ČHMÚ byly v průběžném kontaktu s vodohospodářskými dispečinkami státních podniků Povodí v zasažených oblastech, především s dispečinkami Povodí Vltavy, s. p. v Praze, Českých Budějovicích i Plzni, s dispečinkem Povodí Labe, s. p. v Hradci Králové, s dispečinkami Povodí Ohře, s. p. a Povodí Moravy, s. p. Kromě všech písemných výstražných a informačních zpráv dostávaly vodohospodářské dispečinky výsledky výpočtů předpovědí podle hydrologických modelů.

7.1 Hodnocení vydaných hydrologických předpovědí

Vývoj první povodňové situace byl poměrně rychlý a její mimořádnost nebyla předpovídaným vývojem příčinné srážkové situace předem avizována s žádoucím časovým předstihem. V případě druhé povodňové vlny bylo opakování vydatných srážek signalizováno dříve, avšak za cenu větší nejistoty kritického množství srážek, zejména pro již povodní postižené oblasti jižních a jihozápadních Čech. Z toho také vycházely variantní hydrologické předpovědi, či spíše odhady odtokové odezvy, u nasycených povodí. Pro jejich vytvoření se celkem úspěšně využilo, na Berounce i na Vltavě, hydrologických předpovědních modelů, které se staly významnou pomůckou prognóz pro klíčové profily zejména s delším časovým předstihem.

Při porovnání s podobnou extrémní povodní z roku 1997 byly díky zlepšením v systému hlásné a předpovědní povodňové služby k dispozici lepší informace z pozorovacích sítí, jejich zpracování a návaznost na hydrologické modely. Extremita povodňového jevu však v pozdější fázi povodně vedla k četným citelným ztrátám v informační síti a k problémům měření základních veličin s potřebnou přesností, což přímo ovlivňovalo i úspěšnost hydrologických předpovědí.

Za normální odtokové situace se denně na regionální úrovni vydávají předpovědi pro celkem 18 vodoměrných profilů a jejich časový předstih se v našich odtokových podmínkách pohybuje od několika hodin až po nejvýše jeden den. Díky rozvoji předpovědních modelů v posledních letech se možnosti předpovídání rozšiřují i o kontinuální předpovědi ve více profilech.

V denní praxi hydrologického předpovídání v rámci ČHMÚ je stále používána klasická manuální metoda odpovídajících si průtoků. Ta je založená na znalosti vztahu velikostí průtoků v následných stanicích a na postupové době průtoků mezi těmito vodoměrnými profily. Způsob přitom využívá zkušeností pracovníka hydroprognózní služby na CPP (RPP), který na základě hydrologické situace v povodí, předpokládaných manipulací na vodních dílech a znalosti spadlých a předpovídaných srážek určí velikost přírůstku odtoku z mezipovodí a z povodí po nejvýše situované stanice. Během srpnové povodně posloužily na předpovědních pracovištích v minulosti odvozené vztahy pro postupové doby průtoků mezi jednotlivými stanicemi jako cenný základ, jejich rozsah však byl omezen historickými záznamy na jednotlivých tocích. Pro dosažené vysoké hodnoty průtoků bylo nutno postupové doby odhadovat podle těchto extrapolovaných vztahů a okamžitých trendů přírůstků v předchozích časových krocích. Všeobecně docházelo k prodlužování postupových dob se vzrůstajícím průtokem v důsledku zaplavování inundací. Dále byly aplikovány také průtokové vztahy mezi profily ležícími na jednom toku, které zohledňují plnění či prázdnění inundací a které za běžných odtokových situací nejsou využívány.

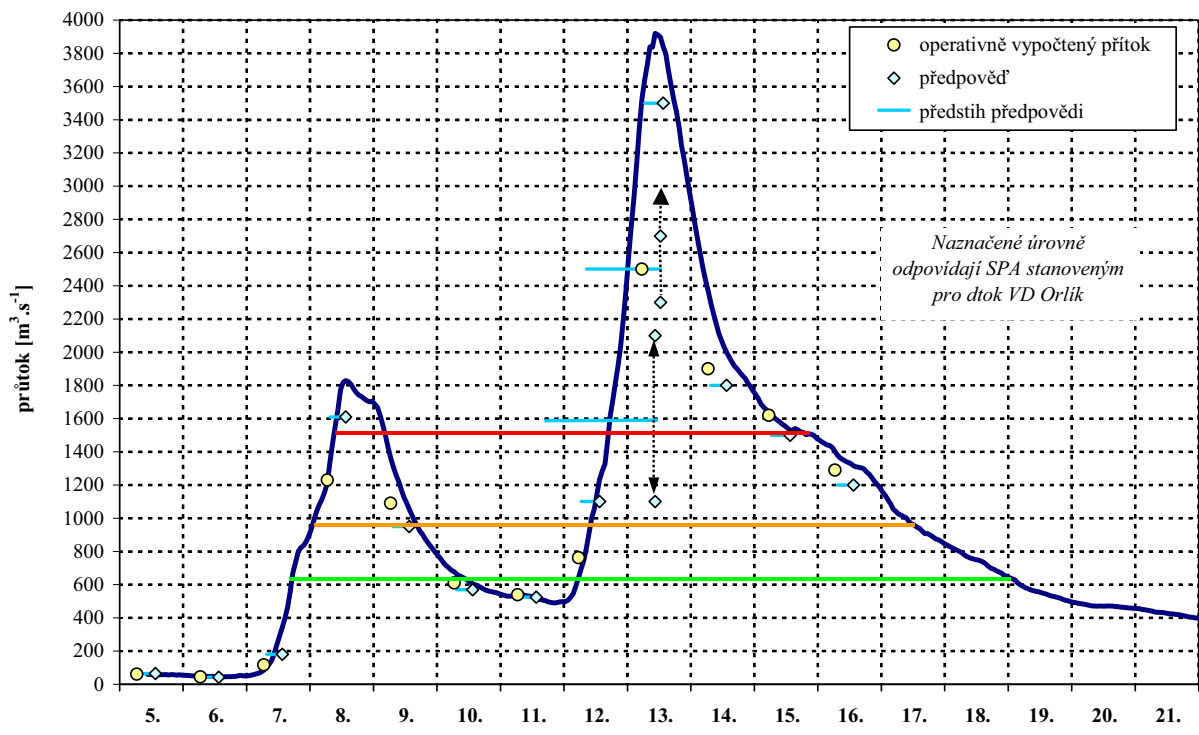
ČHMÚ vydává pro vybrané profily předpovědi průtoků a stavů, na určitou hodinu. Termín předpovědi je odvozen z postupových dob průtoků a dále je dán požadavkem partnerů – vodohospodářských dispečinků státních podniků Povodí, jakož i potřebou sousedních států – Německo, Polsko a Slovensko. V neposlední řadě mají vliv na termín předpovědi i nároky poboček ČHMÚ situovaných dále po toku, pro které je výsledek předpovědi vstupní hodnotou do vlastního výpočtu nebo modelu. Požadavek striktně termínových předpovědí je přísný. Při prudkých vzestupech či poklesech se často stává, že pro zadanou hodinu se předpověď odchyluje od skutečnosti, zatímco v následujících nebo předchozích hodinách se shoduje.

Hodnocení chyb předpovědí průtoků je vztaženo k operativně stanovenému průtoku během povodně (tab. 7.3). Rozbor podaný v následujícím textu s procentuálním vyjádřením chyb průtokových předpovědí je rovněž vztažen k operativně stanovenému průtoku během povodně, zatímco v grafech je většinou zobrazen i průtok dodatečně vyhodnocený na základě režimového zpracování.

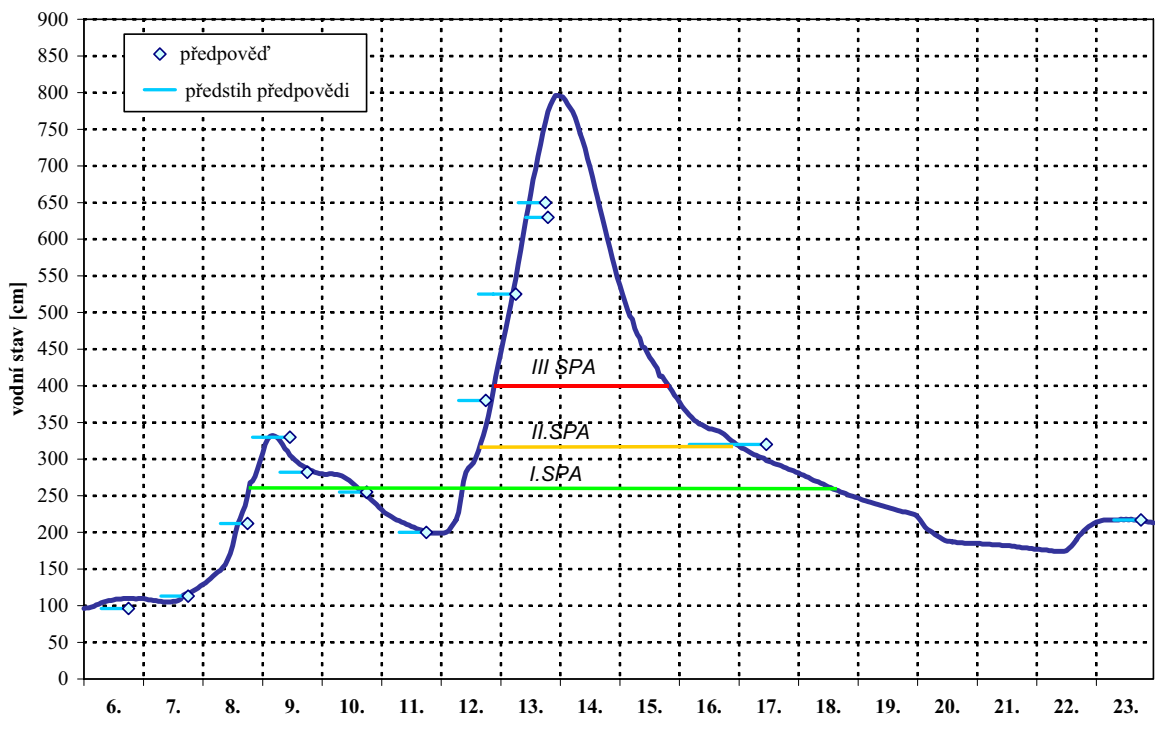
Ačkoliv se prognostici při srpnové povodni potýkali s mimořádnou situací, v níž extrémní odtoky v období druhé povodňové vlny dosahovaly dosud nepoznaných rozměrů a podmínky konstrukce výpočtů mnohde postrádaly přijatelnou přesnost měření vstupních veličin, byly jak jednotlivé předpovědi, tak i odborné odhady v období vrcholných fází průtoků relativně přesné. A to jak v určení termínu výskytu tak i hodnoty předpovídané veličiny. Ani několik výjimek s chybou mimo přijatelné meze úspěšné předpovědi, jež byly v přímé souvislosti s absencí využitelných věrohodných vstupních údajů či kontrolních hodnot v měrných profilech, nemůže celkově snížit jejich užitnou hodnotu, která mohla být dobrým výchozím podkladem pro řadu protipovodňových opatření.

Tab. 7.3 Hodnocení hydrologických předpovědí pro standardní předpovědní profily v období 6. až 23. 8. 2002.

Tok Stanice	Labe Brandýs n. L.			Vltava přítok do Orlíku		Berounka Berounka		Vltava Praha-Chuchle		Labe Mělník		Labe Ústí nad Labem		Ohře Karlovy Vary		Ohře Nechranice		Ohře Louny	
	I.	II.	III.																
Počet předpovědí v kategoriích	18	18	18	18	18	10	10	14	2	2	16	16	18	18	18	18	18	18	18
Předstih předpovědi [hodin]	12	6	6	6	6	12	12	6	6	6	12	12	24	15	15	22	22	8	8
Průměrná chyba	[cm]	> 0	< 0	-	-	27	4	14,2	11,8	11,8	13,3	35	7	3	3	-	-	10	3
	[m ³ .s ⁻¹]	> 0	< 0	82,8	86,7	56,9	5,57	148	128	128	145,7	260	6,8	3,9	3,9	6,9	1,26	6,9	1,6
	[% Q]	> 0	< 0	9,2	9,7	16,5	2,84	4,9	10	10	12,9	11,9	14,6	6,8	6,8	10,5	2,4	8,5	5,2
				-3,4	-3,4	-19,9	-19,9	-4,75	-13,1	-13,1	-14,8	-14,8	7,8	7,8	7,8	-8,1	-8,1	8,5	3,3
Maximální chyba	Stav [cm]	+	-	-	-	6	6	91	35	35	91	91	25	25	-	-	-	14	14
	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	+	-	388	388	9,73	9,73	710	360	360	1000	1000	41	41	10	10	10	5,7	5,7
	Průtok [%]	+	-	68	68	4,7	4,7	26	61	61	45	45	38,8	38,8	12,4	12,4	29,1	29,1	
% počet předpovědí průtoků v mezích přípustné chyby +/- 20 % průtoků			94	94	60	60	88	94	94	94	78	78	72	72	83	83	83	83	83



Obr. 7.1 Porovnání úspěšnosti vydaných předpovědí průtoku do VD Orlík.



Obr. 7.2 Porovnání úspěšnosti vydaných předpovědí vodních stavů na Berounce v Berouně.

7.1.1 Předpovědi v povodí horní Vltavy

Předpovědi v povodí horní Vltavy po přítok do Orlíku jsou v kompetenci RPP v Českých Budějovicích.

V průběhu povodně byly kromě standardní termínové prognózy přítoku do VD Orlík předpovídaný vodní stavy, průtoky, překročení limitů stupňů povodňové aktivity (SPA), kulminace či tendence pohybu hladin i v řadě dalších vodoměrných profilů na tocích Černé, Malše, Otavy, Volyňky, Blanice, Lužnice a horní Vltavy. Z hlediska řízení odtoku z nádrží Vltavské kaskády byly nejdůležitější právě předpovědi přítoku do Orlické nádrže. Jejich úspěšnost lze posoudit na obr. 7.1. Zde je patrné, že předpovědi, které měly šestihodinový předstih, byly úspěšnější v průběhu první, menší povodňové vlny a na počátku vzestupu vlny druhé. Tehdy jejich přesnost dosahovala 95 až 85 % veličiny skutečné a výrazněji byla podceňována pouze rychlost vzestupu na samém počátku povodně (32 % úspěšnosti). S velkými obtížemi se však prognóza setkala při strmém nástupu druhé průtokové vlny a v období kulminace, kdy kalkulace postrádala značnou část běžných vstupních informací. Předpověď (spíše však odborný odhad) velikosti kulminačního průtoků se podle dodatečného vyhodnocení lišil o 11 % od skutečného maximálního přítoku do nádrže.

7.1.2 Předpovědi v povodí Berounky

V povodí Berounky je sběr hydrologických dat a vydávání hydrologických předpovědí realizováno RPP v Plzni.

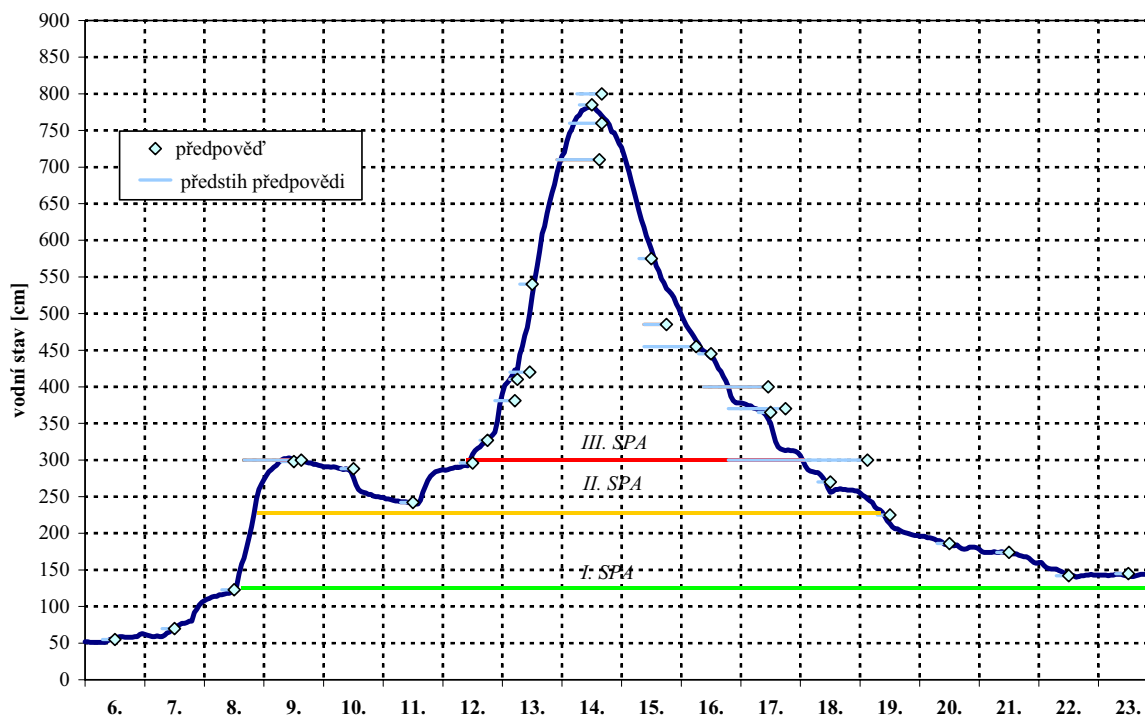
Standardní termínová předpověď průtoků pro stanici Beroun na Berounce má 12hodinový předstih a v období povodňové situace v srpnu byla pravidelně vydávána až do 13. 8. (obr. 7.2). Většina předpovědí vodních stavů v tomto období měla chybu do 10 %, maximálně až 15 % od veličiny skutečné. U průtoků se pohybovaly chyby většiny předpovědí v rozmezí -15 až +15 %, výjimečně až kolem 30 %. Největší chyba byla zaznamenána 13. 8., kdy docházelo k velmi rychlým vzestupům hladin, proto byla předpověď během dne na základě aktuálních údajů opravena, s výslednou odchylkou 23 %. Během 14. 8. předpověď vydána nebyla z důvodu evakuace pracoviště RPP v Plzni. V dalších dnech, na sestupné větvi hydrogramu, byla předpověď ovlivněna nedostupností dat z několika klíčových stanic na Berounce (Plzeň-Bílá Hora, Liblín) a Úslavě (Koterov). Proto se prováděl spíše odhad trendu poklesu. Veškeré předpovědi i odhady trendu byly pravidelně konzultovány s hydrologem na CPP jako bezprostředním uživatelem berounských předpovědí.

Kromě pravidelných předpovědí pro Beroun se v období povodně podle možností předpovídaly či odhadovaly vodní stavy, dosažení úrovní limitů SPA, tendence pohybu hladin a výskyt kulminací i v jiných profilech a ohrožených lokalitách na ostatních rozvodněných tocích v povodí Berounky podle potřeb povodňových orgánů i jiných uživatelů.

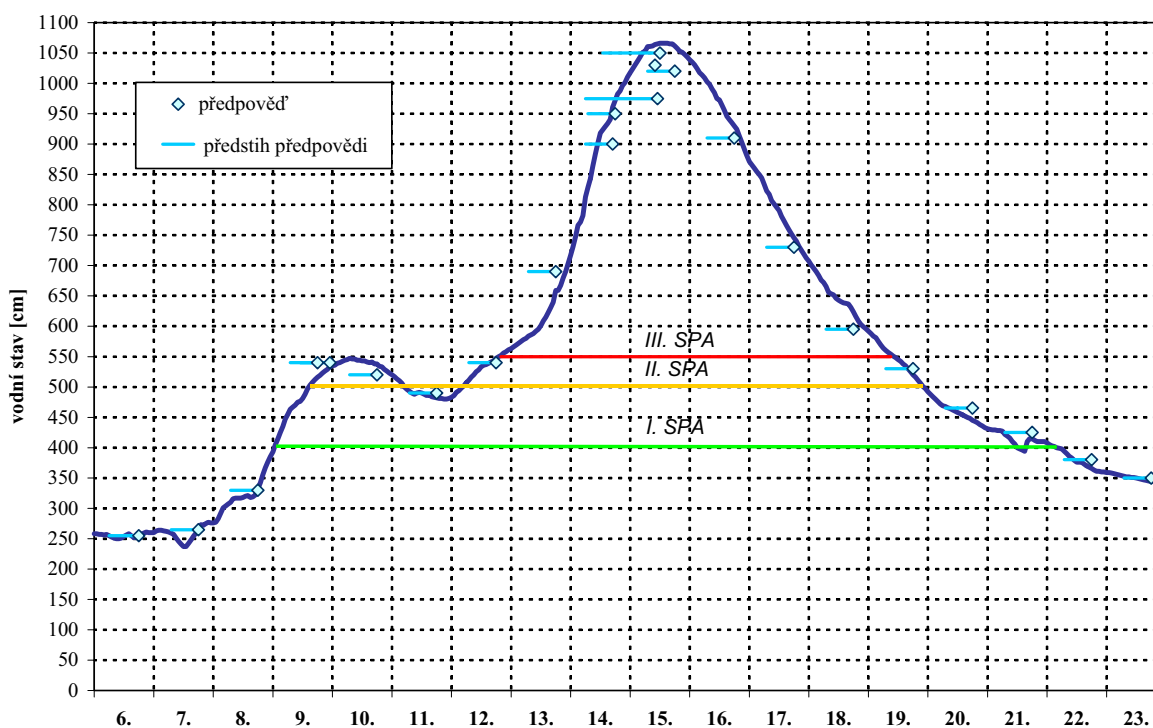
7.1.3 Předpovědi v povodí dolní Vltavy a Labe

Za předpovědi na dolní Vltavě (předpovědní profil Praha-Chuchle), Labi pod Přeloučí, Jizeře a Sázavě odpovídá hydrologické pracoviště CPP v Praze.

Základními vstupy pro standardní termínové předpovědi průtoků na dolní Vltavě jsou aktuální a předpovídané průtoky Berounky v Berouně a předpoklady odtoku z nádrží Vltavské kaskády, tzn. z jejího posledního stupně – Vraného nad Vltavou. Tyto výchozí údaje poskytuje pracoviště RPP ČHMÚ v Plzni, a vodohospodářský dispečink Povodí Vltavy v Praze. Dané vstupy měly od počátku povodně až do 12. srpna dobrou přesnost, a proto i předpovědi pro Vltavu v Praze-Chuchli (obr. 7.3) dostatečně přesně vystihovaly vývoj vodních stavů i průtoků. Chyby předpovědí se při šestihodinovém předstihu pohybovaly do ± 4 % u vodních stavů, a do ± 7 % u průtoků. Problematická situace však nastala v období nejstrmějších vzestupů a kulminací povodňových vln mezi 13. a 15. srpnem.



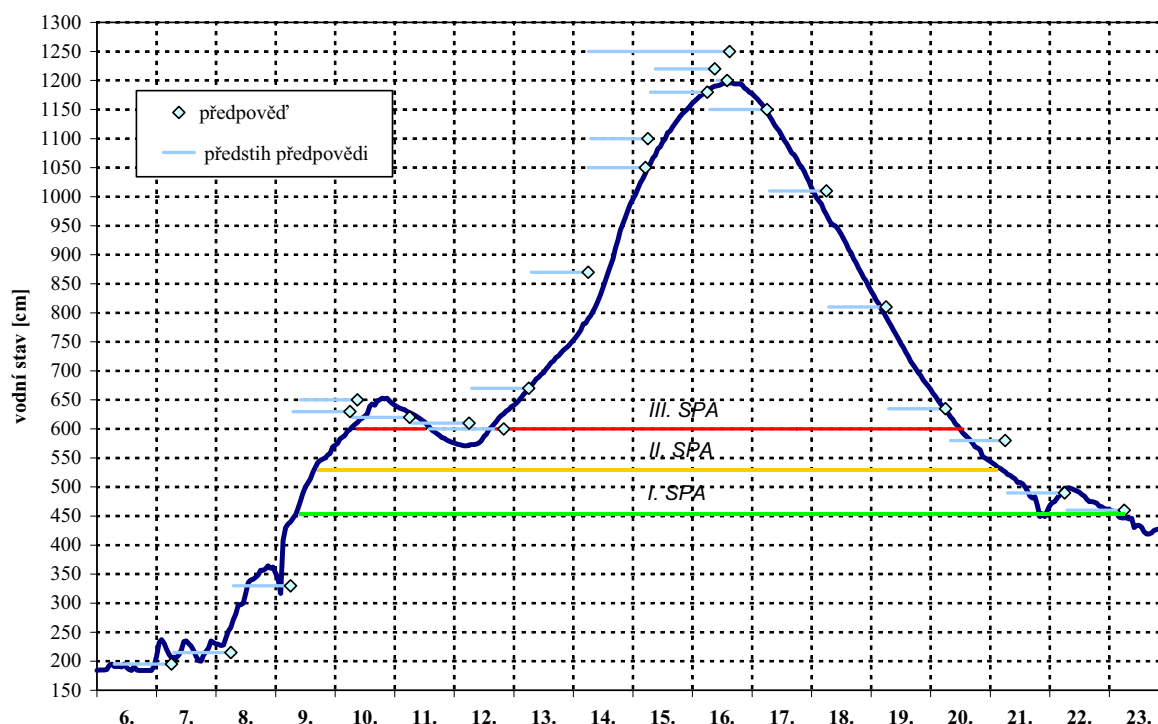
Obr. 7.3 Porovnání úspěšnosti vydaných předpovědi vodních stavů na Vltavě v Praze-Chuchli.



Obr. 7.4 Porovnání úspěšnosti vydaných předpovědi vodních stavů na Labi v Mělniku.

V této době přicházely nejisté hodnoty ze vstupů – odhady průtoků z nepřesně extrapolovaných měrných křivek z berounského i pražského profilu a nepřesné odhady odtoků z Vltavské kaskády. Z těchto důvodů nebylo možné vydávat informace o průtocích a jejich předpovědi, a byly vydávány pouze předpovědi (odborné odhady) vodních stavů. Pokud byly ještě vydávány předpovědi průtoků, jejich chyby dosáhly až 25 %, protože zpravidla se očekával méně strmý vzestup, než byl skutečný. Předpovědi vodních stavů byly úspěšnější s chybou do 20 cm, tj. do 5 %. Kulminace byla odhadnuta poprvé přibližně s 16hodinovým předstihem, avšak o 85 cm níže než byla skutečná, podruhé 12 hodin předem s přibližně 30 cm podceněním a posléze s přeceněním asi 20 cm. Časově nastala prokazatelná kulminace jen o pár hodin dříve než se předpokládalo. Termínové předpovědi na poklesové větvi měly podobnou přesnost jako v první fázi povodně, tj. do 8 % chyby. Řada vydaných doplňujících předpovědí s delším předstihem (9 až 27 hodin) předpokládala zpočátku rychlejší a později pozvolnější pokles než byl průběh skutečný. Jejich odchylka se pohybovala v intervalu 10 až 25 %.

Podobný průběh úspěšnosti vykázaly i předpovědi na dolním úseku Labe v Mělníku (obr. 7.4) a Ústí nad Labem (obr. 7.5). Jejich celková chyba se u většiny průtokových hodnot pohybovala do 15 % veličiny skutečné a v případě vodních stavů chyby většinou nepřevyšovaly 5 %. Vzhledem k tomu, že odtok ze středního Labe nad soutokem s Vltavou byl relativně nevelký (max. 1 až 2letá voda), byly mělnické předpovědi závislé především na přesnosti prognóz pro Vltavu. Po 12. srpnu však nebyly k dispozici údaje ze stanice Vraňany na dolní Vltavě, která byla zatopena a bez přístupu. Ve vrcholové fázi povodně byla zničena i samotná stanice na Labi v Mělníku a odečítání vodních stavů zde bylo zajištěno na provizorně instalovaných náhradních vodočtech v hodinovém až dvouhodinovém kroku.



Obr. 7.5 Porovnání úspěšnosti vydaných předpovědí vodních stavů na Labi v Ústí nad Labem.

Tab. 7.4 Vyhodnocení předpovědi CPP ČHMÚ pro Vltavu v Praze.

Slovní komentářC (nejvýznamnější formulace ve zprávách CPP)	as vydání předpovědi	Předpověď			vodní stav	průtok měřený	průtok vyhod.	Poznámka
		průtok	vodní stav					
stav Vltavy ve 13 hod 241 cm, 1100 m3/s rozbor podle předpovědi srážek min.varianta-Orlík př. 1100 m3/s Praha < 3.SPA max.varianta-Orlík př. Q100 Praha > 3.SPA	11.8.2002/15					1130 1170 1220 1220 1280 1280 1340 1320 1390 1370 1410 1400 1440 1420 1440 1430 1450 1440 1450 1440 287 1460 1440 286 1450 1440 287 1460 1450 288 1470 1460 289 1480 1460 290 1480 1460 290 1480 1460 290 1480 1470 292 1500 1480		
	platí max.varianta-Orlík př.>>Q100 Praha > 3.SPA	12.8.2002/09						3.SPA
	stav Vltavy v 7 hod 290 cm, 1480 m3/s vydaná předpověď na 13 hod	12.8.2002/10				293 1510 1480 292 1500 1500 300 1570 1550		
			1530	296	3.SPA	308 1630 1590		Q 5 letá
						313 1680 1620 316 1700 1630 318 1720 1650 322 1760 1670 324 1770 1680 326 1790 1710 331 1830 1730 334 1860 1760		
	stav ve 13 hod 308 cm, 1630 m3/s vydaná předpověď na 19 hod další výrazné vzestupy v závislosti na manipulacích kaskády odhad na večer, a na časné ráno	12.8.2002/15	1800	327 360	rychle stoupá	338 1900 1820 353 2030 1940 376 2250 2070 391 2390 2160 402 2500 2210 406 2540 2240 410 2580 2270 416 2620 2320 423 2690 2360 430 2790 2440 444 2850 2530 455 2920 2620 470 3050 2710 481 3140 2820		
	stav v 19 hod 326 cm, 1790 m3/s vzestup se výrazně zvýší odhad na ráno	12.8.2002/22	2100			500 3300 2980 525 3520 3150 545 3680 3300 565 3850 3460 609 4000 3760 619 4260 3870 637 4390 4000 651 4490 4110 665 4580 4220 676 4650 4330 692 4770 4440 704 4850 4540 715 4910 4610 720 4940 4690 735 5020 4800 746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140		Q 10 letá
	stav v 02 hod 402 cm, 2500 m3/s vzestup pokračuje v závislosti na průtoku Berounky odhad na ráno a na poledne	13.8.2002/04	2600	410		444 2850 2530 455 2920 2620 470 3050 2710 481 3140 2820		
			2550	2300		500 3300 2980 525 3520 3150 545 3680 3300 565 3850 3460 609 4000 3760 619 4260 3870 637 4390 4000 651 4490 4110 665 4580 4220 676 4650 4330 692 4770 4440 704 4850 4540 715 4910 4610 720 4940 4690 735 5020 4800 746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140		
	stav v 7 hod 430 cm, 2790 m3/s přítok Orlika přesáhne Q100 odhad na odpoledne a večer	13.8.2002/10	2700		a další vzestup	500 3300 2980 525 3520 3150 545 3680 3300 565 3850 3460 609 4000 3760 619 4260 3870 637 4390 4000 651 4490 4110 665 4580 4220 676 4650 4330 692 4770 4440 704 4850 4540 715 4910 4610 720 4940 4690 735 5020 4800 746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140		Q 50 letá
	stav ve 13 hod 525 cm, 3650 m3/s kaskáda plná, odt. neovladatelný odhad na dnešní noc	13.8.2002/16	4000			500 3300 2980 525 3520 3150 545 3680 3300 565 3850 3460 609 4000 3760 619 4260 3870 637 4390 4000 651 4490 4110 665 4580 4220 676 4650 4330 692 4770 4440 704 4850 4540 715 4910 4610 720 4940 4690 735 5020 4800 746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140		rozpory v křivce průtoků Q 100 letá
			4000			500 3300 2980 525 3520 3150 545 3680 3300 565 3850 3460 609 4000 3760 619 4260 3870 637 4390 4000 651 4490 4110 665 4580 4220 676 4650 4330 692 4770 4440 704 4850 4540 715 4910 4610 720 4940 4690 735 5020 4800 746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140		konec vydávání průtoků
	neplatí vztahy H - Q postup kulminace je velmi pomalý v Praze až zítra odp. až večer	13.8.2002/22	4800	5000 Pha	možná kulminace	500 3300 2980 525 3520 3150 545 3680 3300 565 3850 3460 609 4000 3760 619 4260 3870 637 4390 4000 651 4490 4110 665 4580 4220 676 4650 4330 692 4770 4440 704 4850 4540 715 4910 4610 720 4940 4690 735 5020 4800 746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140		
	stav v 03 hod 735 cm kulminace v Praze až odpoledne	14.8.2002/04				746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140		
	Berounka kulminovala o půlnoci kulminace v Praze odpoledne	14.8.2002/06:30				746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140		
stav v 7 hod 768 cm, v 9 hod 777 cm stoupání Vltavy se zpomaluje kulminace v Praze odpoledne	14.8.2002/10				746 5070 4880 752 5110 4940 762 5170 5010 768 5220 5050 771 5230 5090 777 5260 5130 780 5270 5140			
v 10 hod 780cm, další ale již mírnější vzestup Kulminace v Praze odpoledne	14.8.2002/11				784 5290 5160 785 5300 5160 784 5290 5160 782 5280 5140 780 5270 5100 774 5250 5070 770 5230 5040		kulminace	
stav na Vltavě se ustálil na 785 cm	14.8.2002/14				784 5290 5160 785 5300 5160 784 5290 5160 782 5280 5140 780 5270 5100 774 5250 5070 770 5230 5040			
stav ve 13 hod 784 cm stav ve 15 hod 780 cm potvrzena kulminace ve 12 hodin bude pozvolný pokles, plochá kulminace Vltava klesla v 17 hod o 16 cm od maxima Berounka klesá, Vltava klesá Vltava poklesla v 19 hod o 22 cm od maxima	14.8.2002/16	800	>750	>700	784 5290 5160 785 5300 5160 784 5290 5160 782 5280 5140 780 5270 5100 774 5250 5070 770 5230 5040			
	14.8.2002/18				766 5210 5010 763 5180 4970 748 5090 4860 747 5080 4830 740 5050 4760 732 5000 4710 727 4970 4640 716 4910 4550			
Vltava poklesla v 21 hod na 748 cm pozvolný pokles, plochá kulminace	14.8.2002/22				766 5210 5010 763 5180 4970 748 5090 4860 747 5080 4830 740 5050 4760 732 5000 4710 727 4970 4640 716 4910 4550			

Tab. 7.4 Vyhodnocení předpovědi CPP ČHMÚ pro Vltavu v Praze – pokračování.

Slovní komentářČ (nejvýznamnější formulace ve zprávách CPP)	as vydání předpovědi	průtok	Předpověď vodní stav	průtok			Poznámka
				vodní stav	průtok měřený	průtok vyhod.	
Vltava klesla v 03 hod na 703 cm čekáme pokračující pokles	15.8.2002/04			705	4850	4450	
				693	4780	4350	
				680	4690	4240	
				667	4600	4140	
				654	4510	4020	
				640	4410	3920	
				628	4330	3830	
				618	4250	3740	
				606	4160	3660	
				597	4100	3590	
Vltava klesla v 7 hod na 654 cm čekáme pokračující poklesy odhad poklesů dle předpokládaných manipulací na večer a zítř ráno	15.8.2002/10			588	4020	3510	
				577	3940	3430	
				565	3850	3350	
				558	3800	3280	
				547	3700	3220	
				542	3650	3170	
				534	3590	3130	
				531	3570	3110	
				527	3530	3070	
				522	3500	3020	
Vltava klesla v 15 hod na 565 cm (2.2 m od maxima) nádrže kaskády jsou už částečně ovladatelné odhad poklesů do půlnoci a do rána	15.8.2002/16		485	513	3440	2960	
				507	3370	2910	
				498	3280	2850	
				491	3230	2800	
				484	3170	2760	
				479	3130	2720	
				474	3090	2680	
				469	3040	2640	
				463	2980	2610	
				459	2950	2570	
Vltava klesla ve 21 hod na 527 cm pokles Vltavy v Praze se zpomalil (prázdnění inundací) upřesnění odhadu poklesu	15.8.2002/22		485	452	2900	2530	
				449	2880	2520	
				447	2870	2500	
				443	2840	2470	
				440	2810	2460	
				439	2800	2430	
				432	2740	2380	
				425	2700	2340	
				421	2670	2300	
				414	2610	2260	
Vltava klesla za 6 hodin o 0,5 m pokles bude stejnou měrou pokračovat	16.8.2002/04			408	2570	2210	
				400	2500	2140	
				387	2350	2070	
				381	2300	2040	
				378	2260	2030	
				378	2260	2030	
				378	2260	2030	
				377	2260	2020	
				376	2250	2010	
				374	2240	2000	
upřesnění odhadu poklesu poklesy zatopených částí mohou být pomalejší Vltava klesla za 6 hodin 0,3 m pokračování poklesů odhad poklesu na zítř poledne pokles se bude zpomalovat	16.8.2002/07		500	371	2200	1980	
				370	2190	1980	
				369	2180	1970	
				369	2180	1960	
				365	2140	1940	
				362	2120	1910	
				356	2060	1860	
				350	2010	1800	
				337	1890	1720	
				283	1430	1420	
Vltava klesla za 6 hodin 0,3 m pokračování poklesů odhad poklesu na zítř poledne pokles se bude zpomalovat	16.8.2002/10		2800	445	1660	1630	
				445	1630	1620	
				443	1620	1610	
				440	1610	1610	
				439	1610	1610	
				432	1610	1610	
				425	1610	1600	
				421	1600	1600	
				414	1590	1590	
				408	1580	1580	
Vltava klesla v 15 hod na 432 cm potvrzení odhadu poklesu na zítřejší poledne	16.8.2002/16			370	1540	1500	
				400	1500	1460	
				387	1430	1440	
				381	1430	1430	
				378	1420	1420	
				378	1420	1420	
				377	1420	1420	
				376	1420	1420	
				374	1420	1420	
				374	1420	1420	
Vltava klesla ve 21 hod na 387 cm upřesnění odhadu poklesu na zítřejší poledne předpoklad poklesu na 3.SPA (300 cm) - pondělí 19.8.	16.8.2002/22			370	1410	1410	
				370	1410	1410	
				369	1410	1410	
				369	1410	1410	
				365	1410	1410	
				362	1410	1410	
				356	2060	1860	
				350	2010	1800	
				337	1890	1720	
				283	1430	1420	
Vltava klesla na 376 cm pokles Vltavy se v posledních hodinách zpomalil	17.8.2002/4			370	1390	1360	
				370	1390	1360	
				369	1390	1360	
				369	1390	1360	
				365	1390	1360	
				362	1390	1360	
				356	2060	1860	
				350	2010	1800	
				337	1890	1720	
				283	1430	1420	
Vltava klesla v 9 hod na 369 cm pokles Vltavy se v posledních hodinách zpomalil	17.8.2002/10			370	1390	1360	
				370	1390	1360	
				369	1390	1360	
				369	1390	1360	
				365	1390	1360	
				362	1390	1360	
				356	2060	1860	
				350	2010	1800	
				337	1890	1720	
				283	1430	1420	
Vltava klesla v 14 hod na 337 cm vzhledem k rychlejšímu snižování odtoku z kaskády předpoklad poklesu na 3.SPA (300 cm) - již zítř večer.	17.8.2002/15			370	1390	1360	
				370	1390	1360	
				369	1390	1360	
				369	1390	1360	
				365	1390	1360	
				362	1390	1360	
				356	2060	1860	
				350	2010	1800	
				337	1890	1720	
				283	1430	1420	
Vltava klesla v 19 hod na 310 cm vzhledem k rychlejšímu snižování odtoku z kaskády předpoklad poklesu na 3.SPA (300 cm) - již zítř večer.	17.8.2002/20			370	1390	1360	
				370	1390	1360	
				369	1390	1360	
				369	1390	1360	
				365	1390	1360	
				362	1390	1360	
				356	2060	1860	
				350	2010	1800	
				337	1890	1720	
				283	1430	1420	
vzhledem k příznivějšímu vývoji na Vltavské kaskádě - ráno pokles Vltavy pod 3.SPA (300 cm)	18.8.2002/10			370	1390	1360	
				370	1390	1360	
				369	1390	1360	
				369	1390	1360	
				365	1390	1360	
				362	1390	1360	
				356	2060	1860	
				350	2010	1800	
				337	1890	1720	
				283	1430	1420	

Relativně nejdéle a patrně i nejpřesněji byly zaznamenávány vodní stavy na Labi v Ústí nad Labem, kde k náhradnímu odečítání po zatopení stanice muselo být přikročeno až den před kulminací (15. 8.). Také zde se určování a předpovídání průtoků v obou zmíněných profilech potýkalo s problémem operativních extrapolací měrných křivek a projevem rozsáhlých rozlivů. Poměrně nejméně přesné prognózy pro Ústí nad Labem byly na vzestupných částech obou povodňových vln, kde se předpovídal na rozdíl od skutečnosti rychlejší vzestup vodní hladiny. Vrcholová fáze vlny a její poklesová část pak byly předpovídány výrazně lépe, jen s malou nepřesností. První odhad kulminace Labe v Ústí byl vydán s více než dvoudenním předstihem. Tento odhad byl zhruba o 0,5 m nadhodnocený, velmi přesně však vystihl čas kulminace a z hlediska velikosti byl později upřesňován. Celkově lepší byly standardní termínové předpovědi ve 12hodinovém předstihu pro Mělník, než 24hodinové předpovědi pro Ústí nad Labem.

Během povodně byly v CPP kromě hodnocených standardních termínových předpovědí pro Vltavu a dolní Labe vypracovávány také další termínové prognózy stavů a průtoků pro střední Labe v Brandýse nad Labem Nepravdělně podle požadavků byly prováděny i odborné odhady (včetně předpokladu doby a výšky kulminací, překročení limitů SPA a tendence pohybu hladin) pro některé další toky – Jizera, Sázava, a to včetně využití hydrologických modelů.

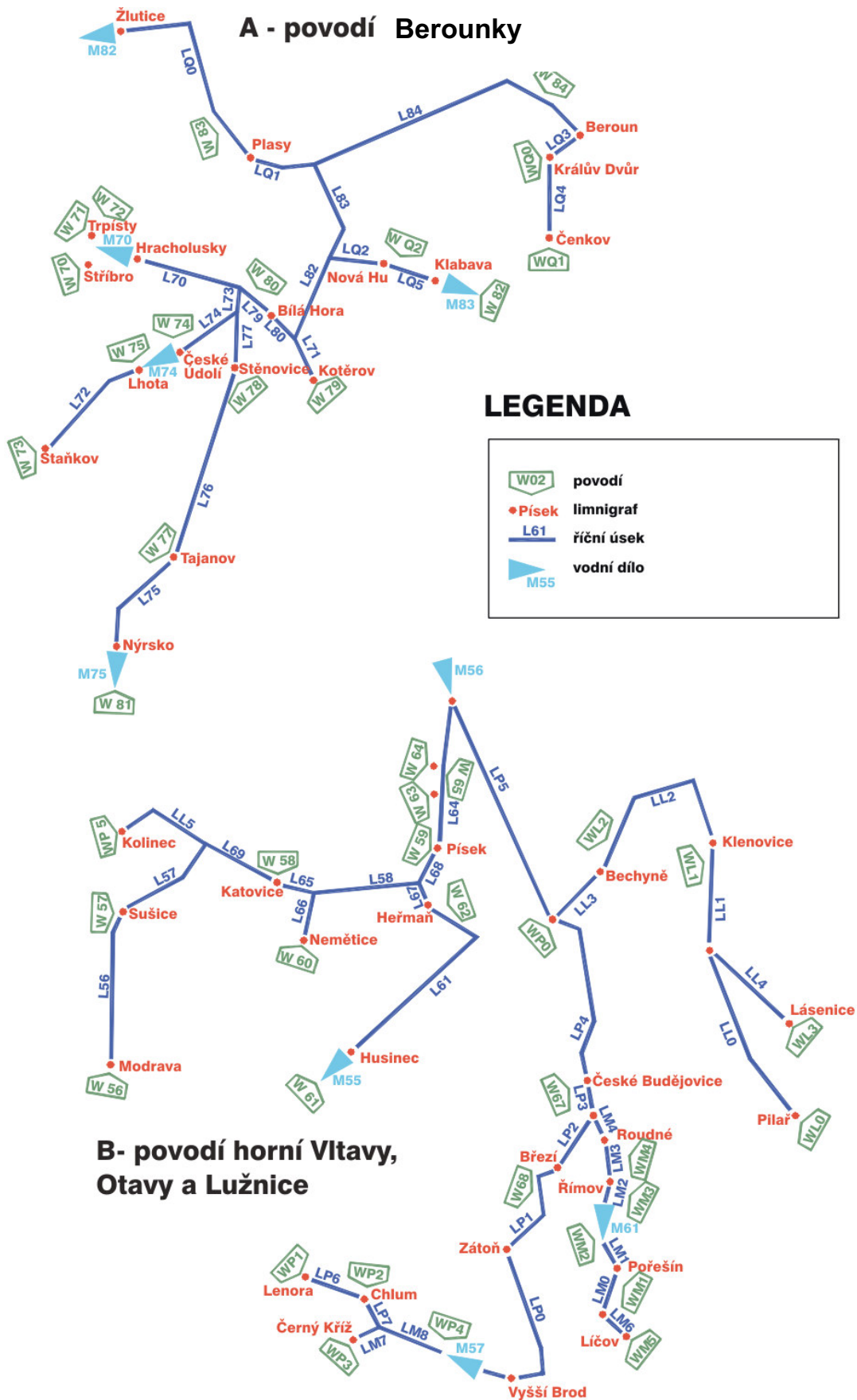
7.1.4 Předpovědi v povodí horní Dyje

Předpovídání v povodí Dyje je v kompetenci RPP v Brně. Vzhledem ke skutečnosti, že srážkové předpovědi situovaly kritické úhrny především na horní povodí Dyje, byla největší pozornost nasměrována do povodí nad údolní nádrží Vranov. Zde byla nejdůležitější prognóza přítoku do nádrže, která byla předávána dispečinku Povodí Moravy, s.p. Protože v oblasti není žádný standardní předpovědní profil, byly prognózy počítány na podkladě postupových dob odpovídajících si průtoků mezi stanicemi Janov – Raabs (Rakousko) – Podhradí nad Dyjí, při odhadu příspěvku přítoku z mezipovodí podle spadlých srážek. U druhé výraznější vlny bylo podle radarových odrazivostí zřejmé, že těžiště srážek bylo na rakouské části povodí, tj. pravostranného přítoku Dyje (Deutsche Thaya), avšak hodnoty průtoků z této oblasti prakticky nebyly k dispozici. Údaje ze stanice Schwarzenau až na malé výjimky chyběly, Raabs od jisté hladiny již neměl měrnou křivku a operativně provedená extrapolace se vzhledem k rozlivům v profilu později ukázala jako málo přesná. Za této situace byla dobře předpovídána tendence, ale problémem bylo stanovení průtoků. Rovněž průtokové údaje z profilu Podhradí nad Dyjí (představující přítok do nádrže Vranov) byly nejisté, neboť stanice byla již od první vlny ve zpětném vzduť vranovské nádrže.

Přes všechny tyto obtíže však předpovědi posloužily jak vodohospodářskému dispečinku Povodí Moravy, s. p. k řízení manipulací, tak také při rozhodování o protipovodňových zásazích.

7.2 Využití hydrologických modelů v průběhu povodně

Od začátku roku 2002 je ve zkušebním provozu předpovědní systém AquaLog, jehož jednotlivé modelovací techniky byly v předchozích třech letech kalibrovány. Výpočty v grafické i tabelární podobě pro vybrané profily jsou pravidelně předávány na příslušné vodohospodářské dispečinky podniků Povodí a zohledňovány při vydávání standardních termínových předpovědí. Na CPP je v provozu předpovědní systém pro říční síť dolního Labe, dolní Vltavy, dolní Ohře, dolní Berounky a pro celou Sázavu a Jizeru. Na RPP v Českých Budějovicích se připravují předpovědi průtoků pro povodí horní Vltavy a pro přítoky do nádrže Orlická, na RPP Plzeň zodpovídají za předpovědi v celém povodí Berounky až po Beroun, RPP v Hradci Králové předpovídá horní část toku Labe a jeho přítoky až po Přelouč a na RPP v Ústí nad Labem připravují předpovědi pro Ohři. Schéma hydrologického předpovědního systému AquaLog používaného pracovišti hydrologických předpovědí RPP ČHMÚ pro předpovědi v nejvíce zasažených povodích Berounky a horní Vltavy po přítok do VD Orlická je na obrázku 7.6.



Obr. 7.6 Schéma hydrologického předpovědního systému AquaLog pro povodí Berounky a horní Vltavy po VD Orlík.

Součástí předpovědního systému je samostatná databáze (AquaBase), která je napojena na operativní datovou základnu ČHMÚ. AquaBase tvoří vstupní datový soubor pro chod modelu AquaLog. Tento soubor je připravován z hlášení profesionálních meteorologických stanic, dobrovolných pozorovatelů a údajů z automatických stanic (hydrologických i meteorologických). AquaBase umožňuje kontrolu a editaci tohoto souboru a vkládání hodnot předpovídaných prvků (srážky, teploty a předpokládané manipulace na nádržích). Také umožňuje zpracování doplňkových informací. Vzhledem ke krátkým postupovým dobám průtoků v našich fyzicko-geografických podmínkách, kde voda odtéká relativně rychle, pouze předpovídané vstupní veličiny prodlužují předstih hydrologických předpovědí.

Provoz hydrologického modelu se během srpnové povodně potýkal s nemalými problémy, které se v některých případech promítly i do kvality předpovědí. Oproti rutinnímu provozu vznikaly komplikace nejen při shromažďování a ověřování kvality vstupních dat, ale i během vlastního výpočtu předpovědi. Z důvodu evakuace poboček v Českých Budějovicích (13. 8.) a v Plzni (13.–14. 8.) a dále i z důvodu nedostupnosti dat z některých stanic musely být průtoky plně nahrazeny odborným odhadem. Z těchto důvodů došlo v některých fázích povodně kekrátkodobému přerušení provozu modelu.

Při druhé povodňové vlně bylo např. z 24 operativních limnigrafů využívaných v hydrologickém modelu horní Vltavy po VD Orlík dočasně odpojeno nebo úplně zničeno až 14 stanic. Vzhledem k extremitě povodňových vln byly na mnoha stanicích překročeny limity v té době platných a exaktně odvozených měrných křivek, bylo tedy nutné stávající křivky „operativně prodlužovat“ (extrapolovat), a tím vznikl další faktor ovlivňující spolehlivost předpovědi. Tento fakt ovlivnil předpovědi ve dvou směrech: za prvé přispěl k dalšímu nárůstu doby nutné na zpracování předpovědi, za druhé nepřesné hodnoty průtoků znemožňovaly použít optimalizaci počátečních podmínek, která za běžného provozu výrazně zlepšuje kvalitu výsledných předpovědí. Přesto byly výsledky modelu předávány partnerům – vodohospodářským dispečinkům státních podniků Povodí a posloužily pro vydání varování při první i druhé povodňové vlně.

Zpracování vstupních dat bylo extrémně náročné a časově zabralo pracovníkům prognózních pracovišť až několikanásobně delší dobu než obvykle, zejména pro horní části povodí, kde výsledky předpovědi jsou dány srážkoodtokovým modelováním. U údajů z operativních srážkoměrů bylo nutné rozhodovat, je-li naměřený úhrn správný a do jaké míry je reprezentativní pro příslušné povodí. V některých případech bylo nutné nahradit vstupy nefunkčních srážkoměrů údaji z jiných zdrojů. Přes existenci radarových odhadů a hlášení denních úhrnů z klimatických srážkoměrných stanic nebylo možné dostatečně přesně podchytit množství spadlých srážek.

Krátké doběhové doby na většině dílčích povodí horní Vltavy a Berounky způsobují velkou závislost předpovědi průtoků na kvantitativní předpovědi srážek. Systém AquaLog přebírá standardně předpovědi srážek z modelu ALADIN, které jsou konzultovány a případně upravovány meteorologem z CPP (RPP). Nedostatečná předpověď srážek, resp. podhodnocení skutečně spadlých srážkových úhrnů u první srážkové epizody, byla hlavní příčinou chybné hydrologické předpovědi kulminace první vlny. Výrazně lepší meteorologická předpověď srážek ve druhé srážkové epizodě se projevila na zlepšení předpovědi průtoků hydrologickým modelem. Hydrologické modely byly nejvíce využity od 11. srpna, kdy se počítaly alternativní předpovědi pro různé předpokládané úhrny srážek i vícekrát za den. Ve dnech 11. a 12. srpna byly vypočteny varianty modelu pro horní Vltavu a Berounku pro maximální (145 mm), minimální (60 mm) a střední (115 mm) hodnoty předpovídaných srážkových úhrnů.

V následující kapitole jsou dokumentovány vybrané případy pro Berounku, horní Vltavu, Otavu, Malši a výpočet přítoku do VD Orlick. Velikost přítoku do nádrže Orlick je stanovován z několika vodoměrných stanic, z nichž některé byly ovlivněny zpětným vzduťm nádrže – Otava v Písku a Lužnice v Bechyni, a odhadu přítoku z poměrně velkého mezipovodí mezi těmito stanicemi a hrází nádrže (13 % celkové plochy povodí).

Předpovědi pro Vltavu pod kaskádou, pro Sázavu, Labe, Jizeru a Ohři byly počítány bez přerušení po celé období povodně a jejich ukázky jsou v následujících kapitolách.

Ze zpětných simulací povodně, provedených na podkladě dodatečně opravených vstupních dat vyplynulo, že hydroprognózní systém AquaLog by dokázal při ideálních podmínkách (přesné vstupy i předpověď) předpovídat průtoky s výrazně vyšší úspěšností než jaká byla v reálné situaci dosažena. Protože v podobných situacích roste množství subjektivních zásahů do procesu zpracování dat a tvorby předpovědi, a tedy i míra vlivu obsluhujícího hydrologa, je z hlediska kontinuity a „dohledu“ nad během modelu vhodné v průběhu povodně vyčlenit minimálně jednoho zaměstnance hydroprognózy pouze pro práci s modelem.

Zkušební provoz systému AquaLog za povodně prokázal, že má své opodstatnění a přinesl řadu podnětů k zamyšlení, vylepšení a dalších nutných opatření. Tam, kde nebyly výsledky srážkoodtokových výpočtů přesvědčivé z důvodu absence operativních srážkoměrů, je potřeba společně s podniky Povodí hledat další lokality pro jejich instalaci. Pro zpřesnění výpočtu odtoku bude tak k dispozici větší počet operativních údajů, povodí tak budou moci být rozčleněna na menší plochy, pro které jsou dané stanice více reprezentativní. Následně bude potřebné ve spolupráci se zpracovatelem systému upravit parametry modelu pro nově vzniklý stav. Předpokládá se, že předpovědní systém bude rozšířen o další povodí. Pro případy mimořádných událostí při nenadálých výpadech poboček (RPP) z provozu by měla být možnost na ostatních pracovištích (nebo alespoň na CPP) tento výpadek nahradit a provést příslušné modelové výpočty.

7.3 Dokumentace vybraných případů předpovědi hydrologickým modelem

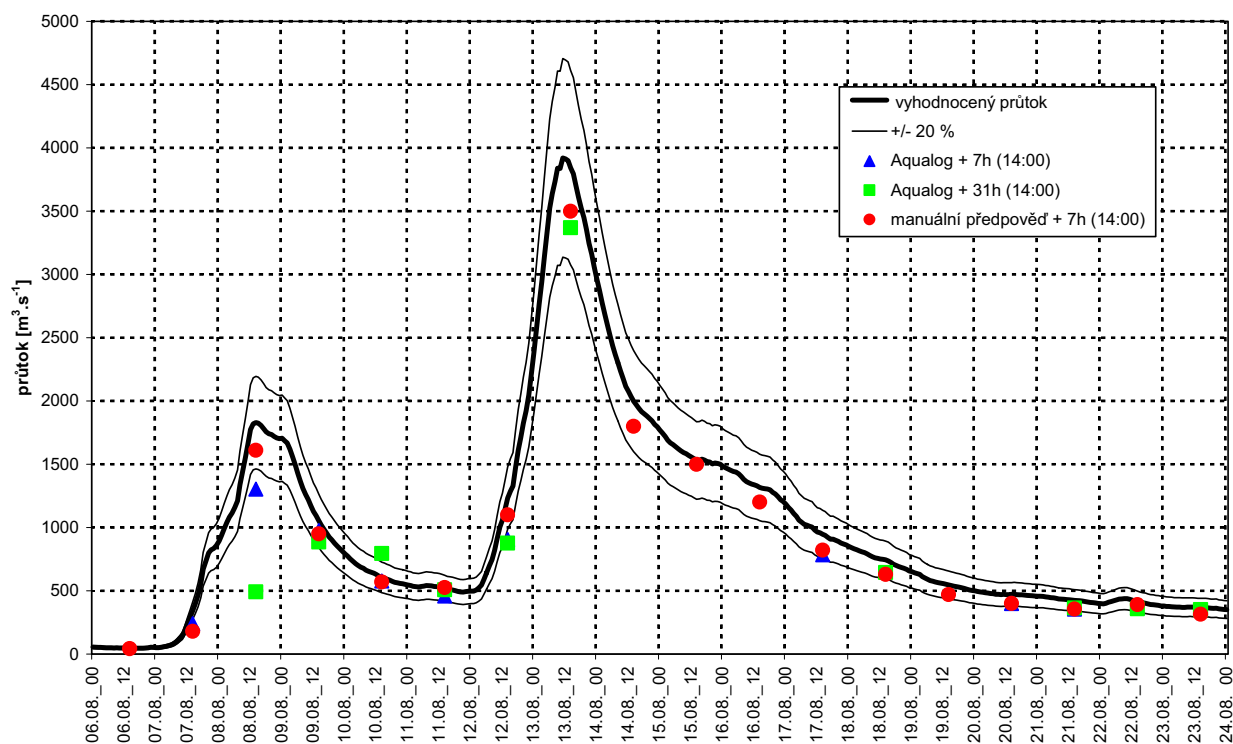
Jednou z možností hodnocení úspěšnosti hydrologických předpovědi je grafické porovnání pozorovaných průtoků s 24, příp. 48hodinovými předpověďmi průtoků pro každý den povodňového období (od 6. do 23. srpna). Nepřesnosti předpovědi jsou vždy k 7. hodině ranní „vyrovnaný“ (updatovány – aktualizovány) podle naměřených hodnot. Na pobočkách ČHMÚ v Českých Budějovicích a Plzni byly spočteny i alternativní předpovědi pro různé srážkové úhrny (viz. kap. 7.2). V následujících grafech jsou dokumentovány hydrologické předpovědi a jejich vývoj pro vybrané profily. Tyto předpovědi jsou porovnávány se dvěma průtokovými řadami – tzv. vyhodnoceným průtokem a operativně používaným průtokem. **Vyhodnocený průtok** představuje průtokovou řadu dodatečně odvozenou na základě zaznamenaných (příp. rekonstruovaných) vodních stavů za použití aktualizované a na základě maxima informací extrapolované měrné křivky průtoků. Těmito informacemi, které během povodně nejsou k dispozici, jsou vyhodnocení hydrometrických měření prováděných během povodně, hydrologická bilance na základě skutečně spadlých srážek a hydraulické výpočty. **Operativně používaný průtok** je průtoková řada „platná“ v průběhu povodně. Je odvozena z měřených vodních stavů za použití v té době platných měrných křivek (často v jejich operativně extrapolované části), či je operativně v průběhu povodně odhadována. Tato průtoková řada slouží mimo jiné jako vstup do hydrologického modelu (předpovědi jsou aktualizovány vzhledem k této řadě).

Porovnání standardní termínové předpovědi (manuální metoda výpočtu předpovědi) a předpovědi hydrologického modelu pro tytéž termíny s průběhem operativně používaných průtoků a vyznačením pásma 20% odchylky je dokumentováno pro přítok do Orlicku (obr. 7.7), pro Berounku v Berouně (obr. 7.8) a pro Labe v Ústí nad Labem (obr. 7.9). U předpovědi pro přítok do VD Orlick je patrné podhodnocení předpovědi modelu (zejména u předpovědi s předstihem 31 hodin) v průběhu první povodňové vlny. U Berounky v Berouně byl modelem i manuální předpovědi podceněn nástup druhé povodňové vlny. Modelová předpověď v termínu těsně před kulminací byla přesnější než předpověď manuální,

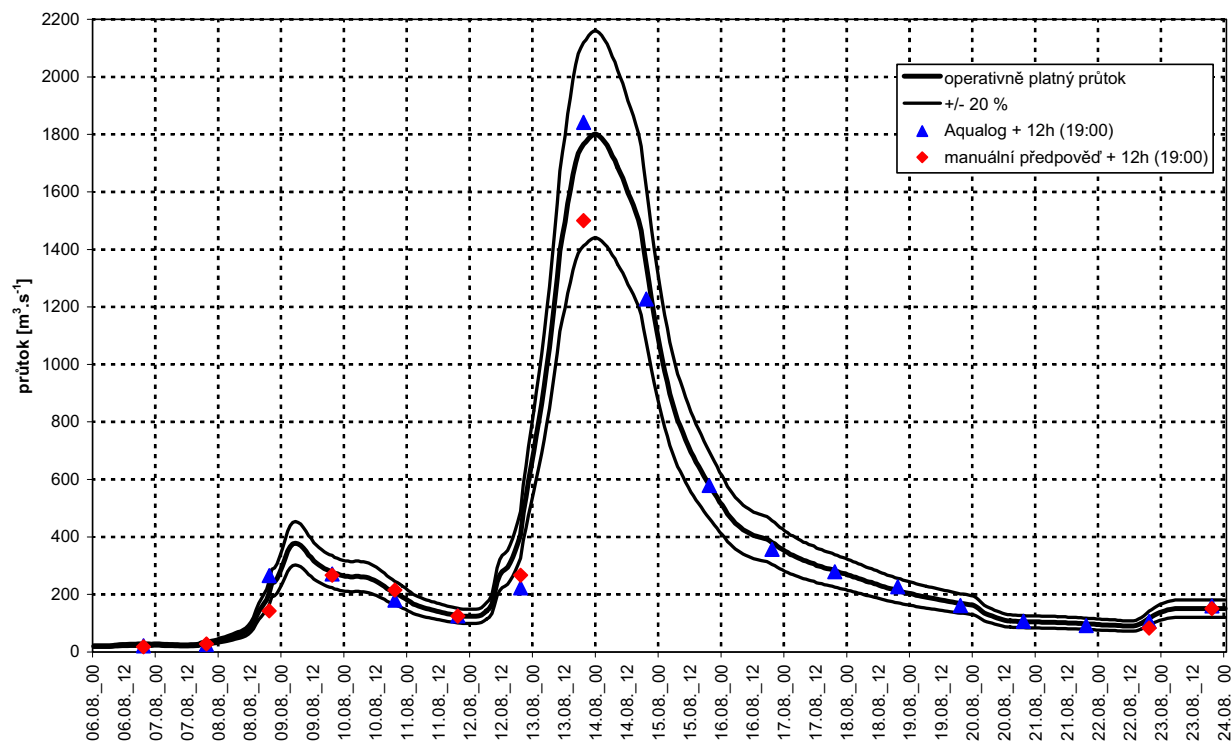
a to i v porovnání s později vyhodnoceným průtokem. Předpovědi pro Labe v Ústí nad Labem byly podceněny zejména při nástupech obou vln, a to modelovou i manuální předpovědí. V období kulminace model předpověď nadhodnotil (vlivem chybějících vstupů ze stanic Vraňany a Mělník a nepřesně extrapolované křivky pro Vltavu v Praze-Chuchli). Nadhodnocené byly i předpovědi poklesové větve hydrogramu.

U předpovědi pro Vltavu v Českých Budějovicích (obr. 7.10) a následně přítoku do VD Orlík (obr. 7.12) lze podcenění kulminace první vlny vysvětlit chybnou předpovědí srážek. Dále nebyly k dispozici operativní údaje o spadlých srážkách ve vrcholové části Novohradských hor – oblasti s vůbec nejvyššími srážkovými úhrny. Přitom srážkové úhrny zde byly o více než 100 mm vyšší než v podhůří. Výrazně lepší meteorologická předpověď druhé srážkové epizody se pochopitelně projevila ve zlepšení předpovědi průtoků ve jmenovaných profilech pro Otavu v Písku (obr. 7.11). Je potřeba připomenout, že vodoměrné stanice v Roudném a Písku byly vyřazeny z provozu, a přesto se podařilo poměrně dobře odhadovat operativně používané průtoky.

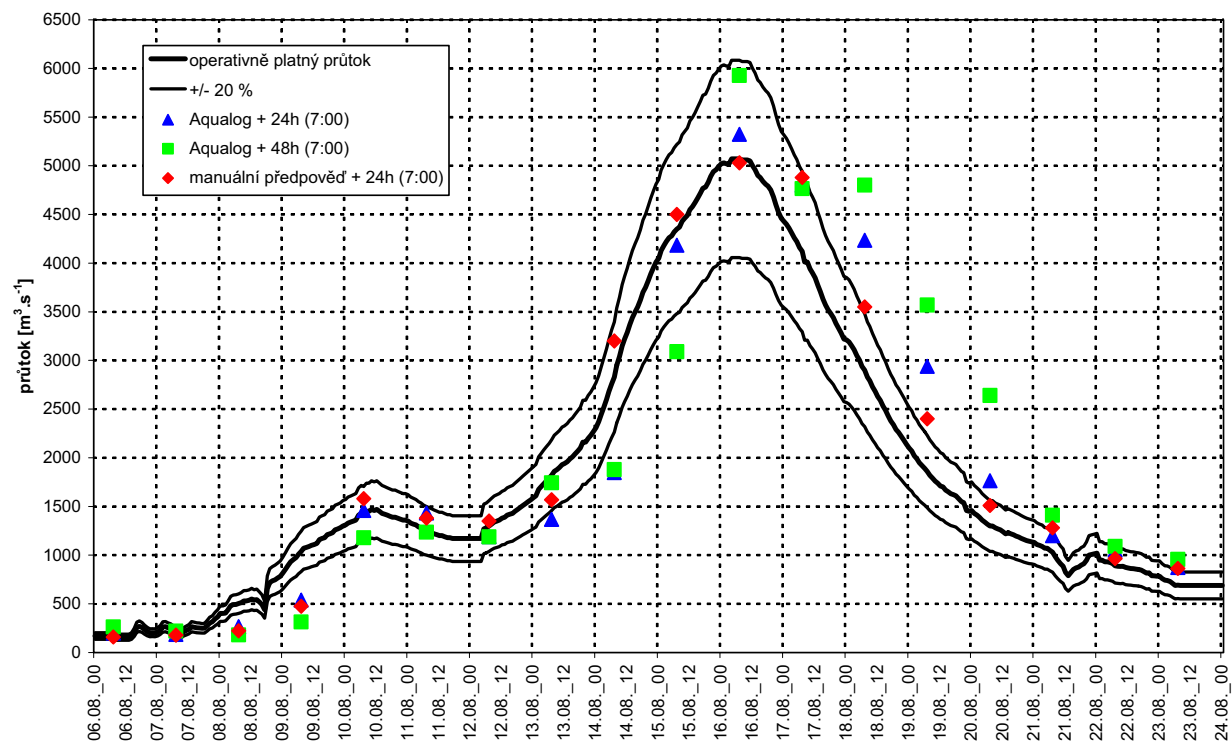
V povodí Berounky byl nástup povodňových vln v profilech v horních částech povodí modelem celkem úspěšně předpovězen, avšak v dolních profilech povodí byl nástup vzestupných větví hydrogramů podstatně rychlejší, než předpokládala předpověď. V případě profilu Plzeň-Bílá Hora (obr. 7.13) byla kulminace předpověďmi ze 12. 8. podhodnocena a časově posunuta zhruba o 7 hodin později než skutečná. Předpověď ze 13. 8. poměrně dobře vystihla objem vlny a shodovala se s hydrogramem operativně používaného průtoky, ale kulminace byla opět o 7 hodin později oproti skutečnosti. Profil Plzeň-Bílá Hora je v modelovém systému Berounky nejkomplikovanějším profilem. Leží za soutokem Radbuzy a Mže a při extrémních průtocích je výrazně ovlivňován zpětným vzduťm od soutoku s Úslavou. Na sestupných větvích hydrogramů již nejsou velké rozdíly mezi předpovídaným a operativně používaným průtokem.



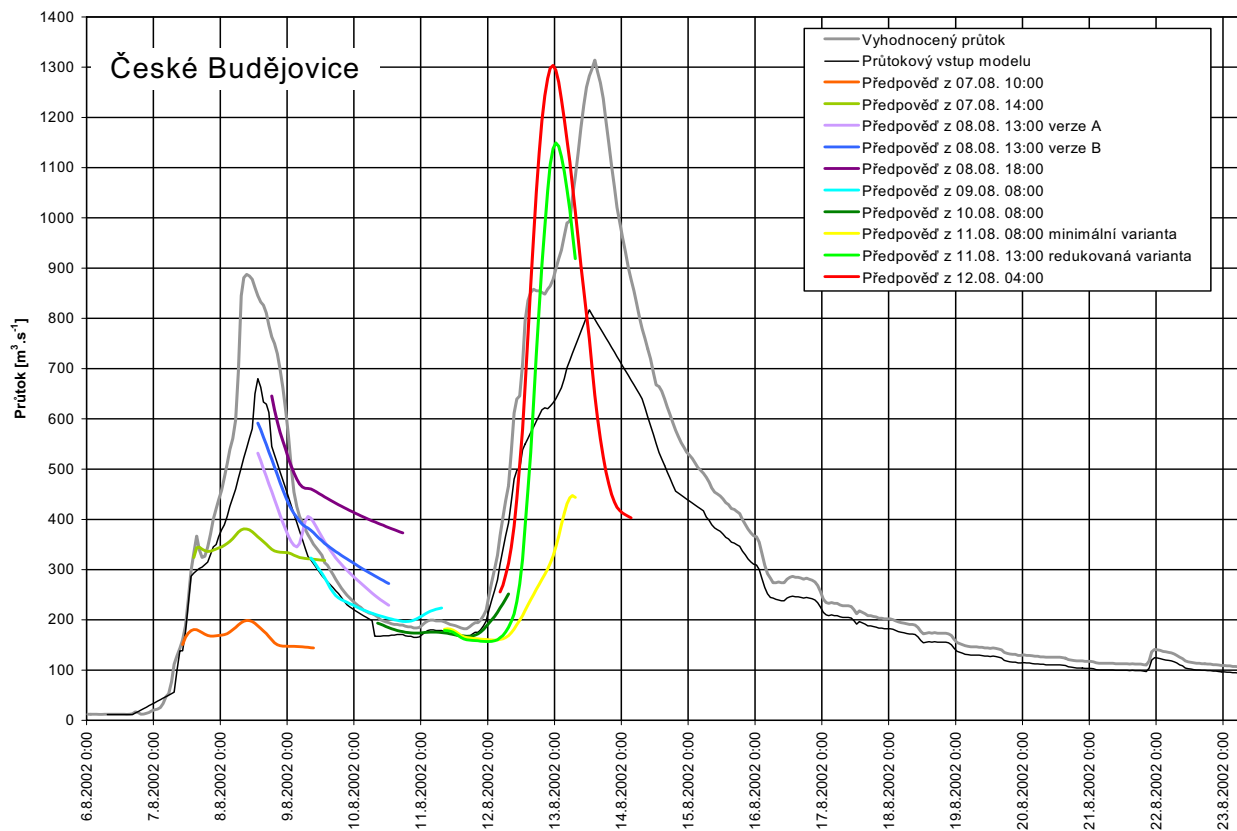
Obr. 7.7 Porovnání úspěšnosti termínových předpovědí pro přítok do VD Orlík.



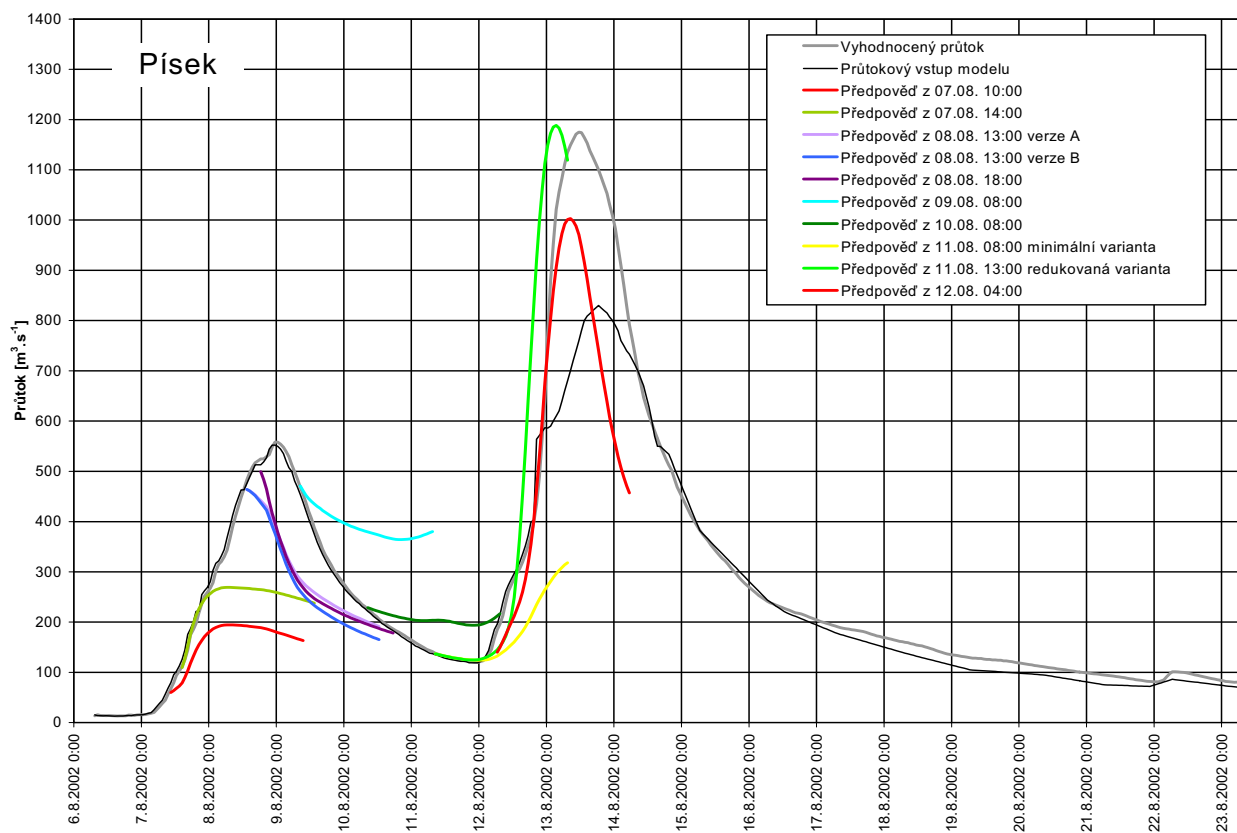
Obr. 7.8 Porovnání úspěšnosti termínových předpovědí pro Berounku v Berouně.



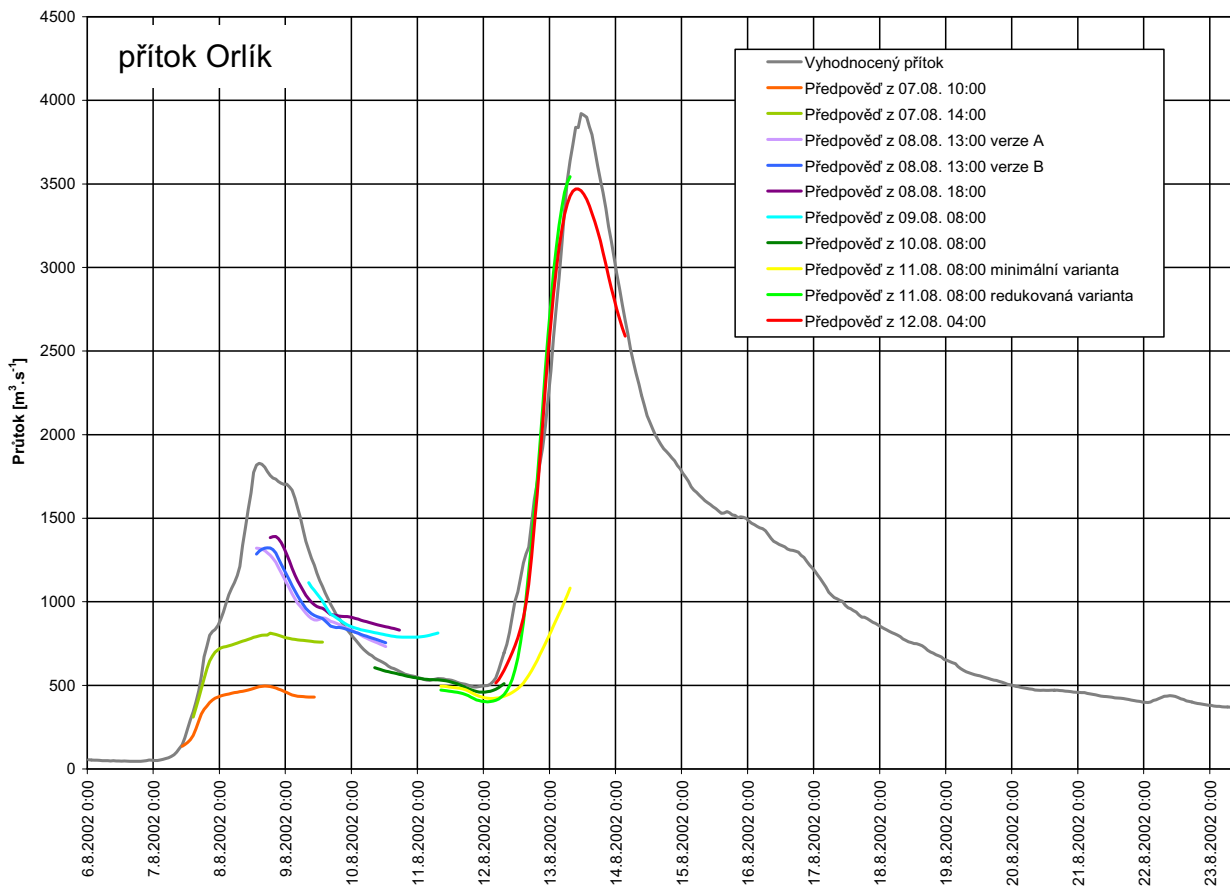
Obr. 7.9 Porovnání úspěšnosti termínových předpovědí pro Labe v Ústí nad Labem.



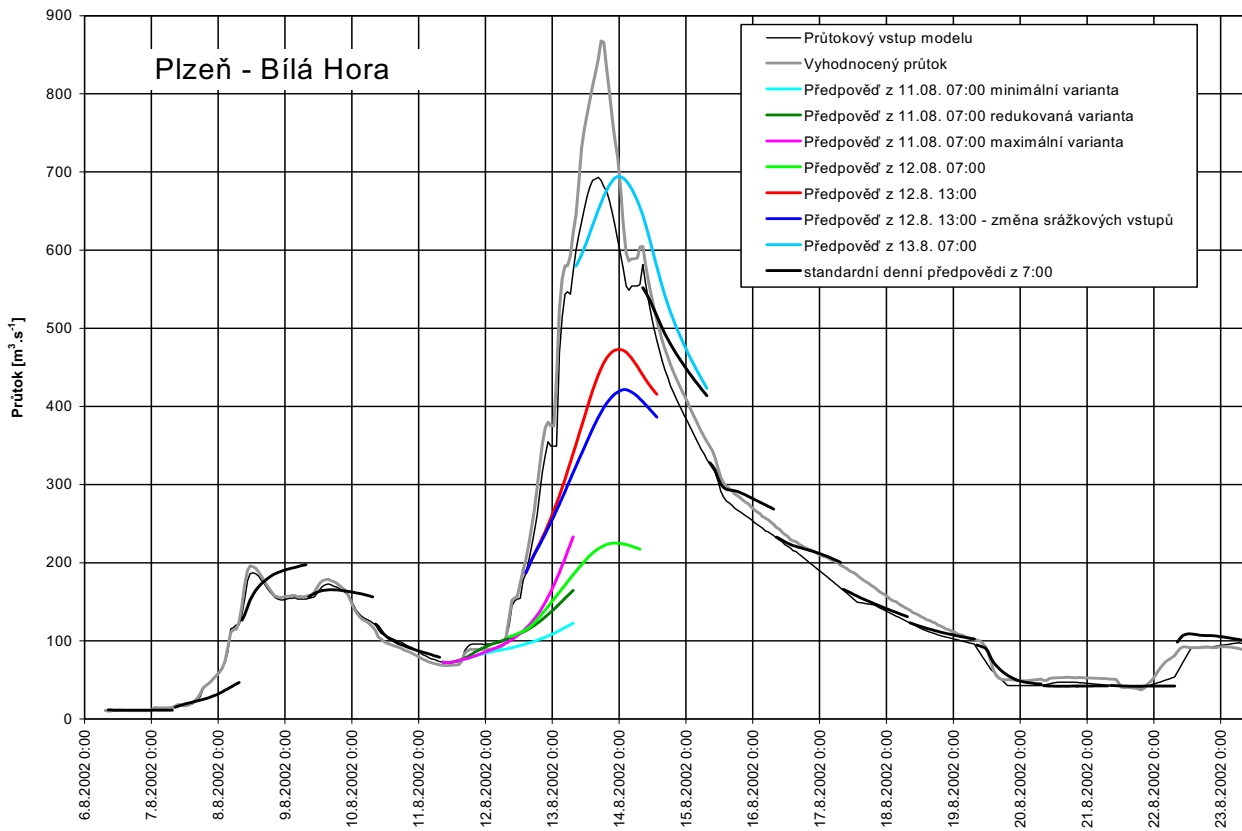
Obr. 7.10 Předpovědi hydrologického modelu pro Vltavu v Českých Budějovicích.



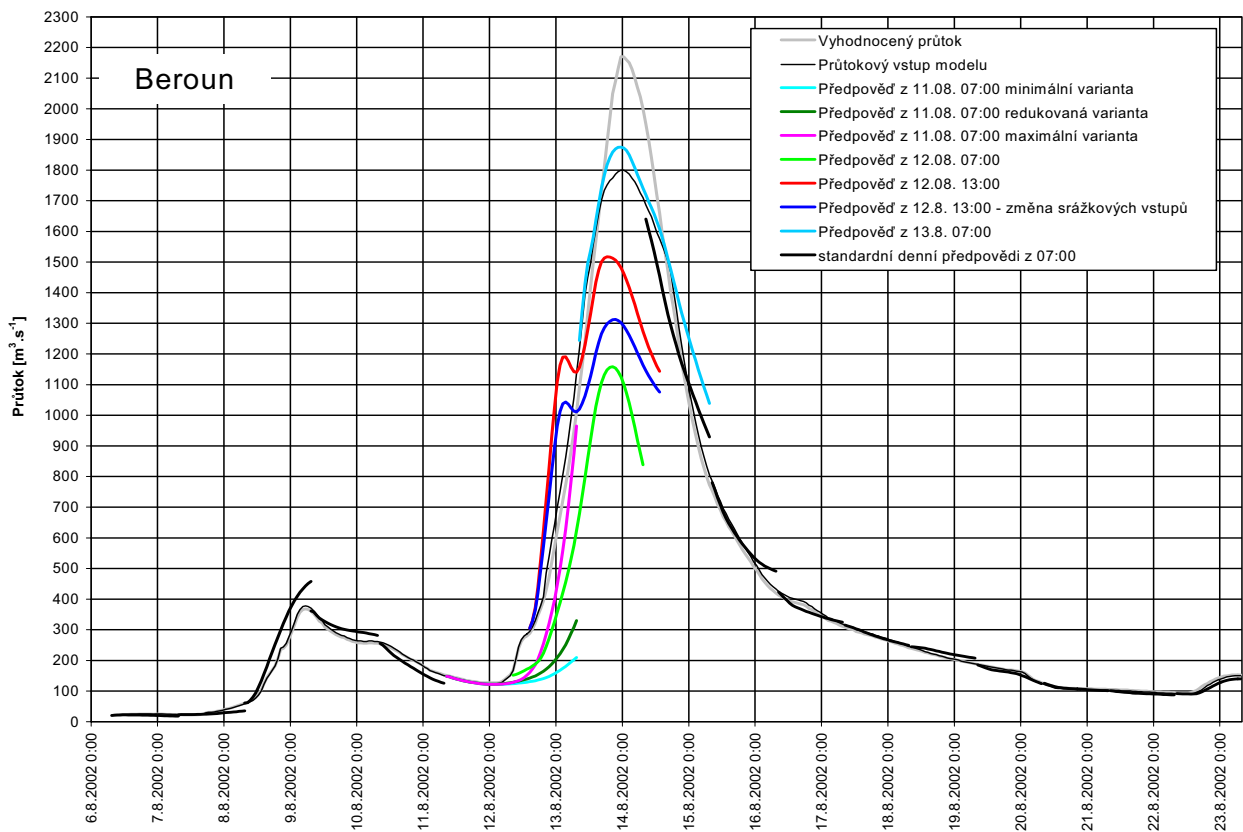
Obr. 7.11 Předpovědi hydrologického modelu pro Otavu v Písku.



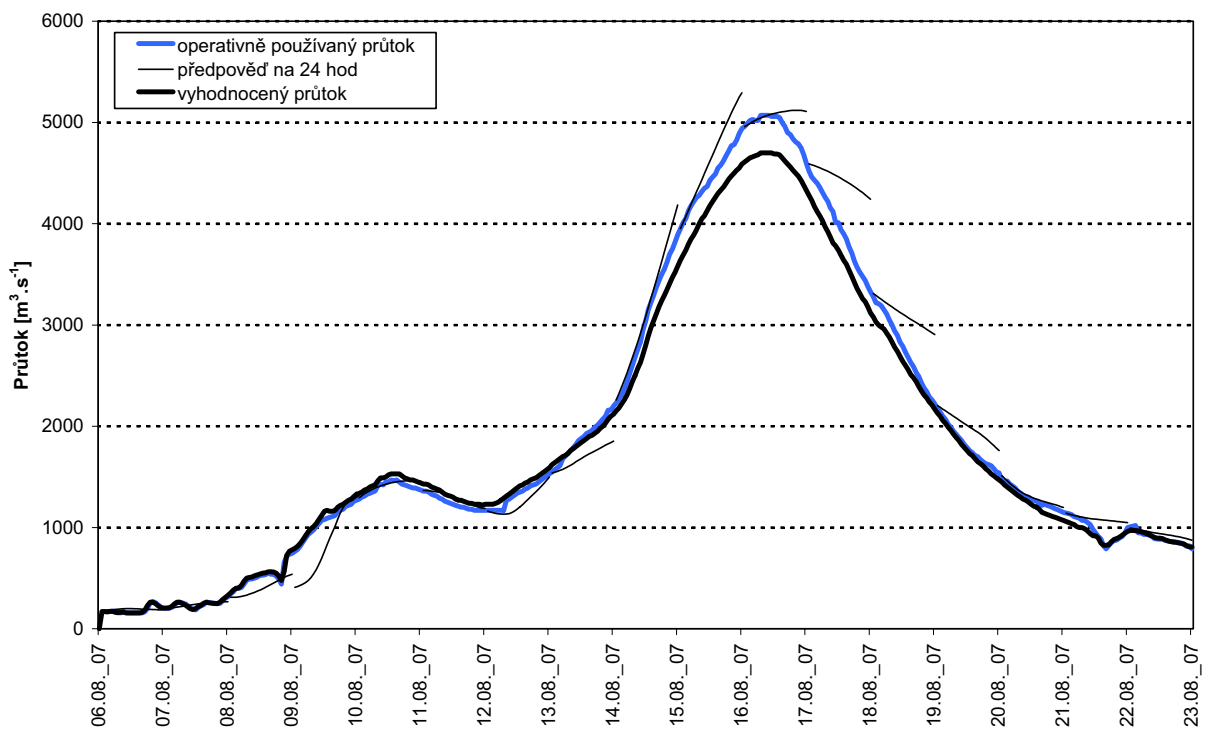
Obr. 7.12 Předpovědi hydrologického modelu pro průtok do Orlicku.



Obr. 7.13 Předpovědi hydrologického modelu pro Berounku v Plzni-Bílé Hoře.



Obr. 7.14 Předpovědi hydrologického modelu pro Berounku v Berouně.



Obr. 7.15 Předpovědi hydrologického modelu pro Labe v Ústí nad Labem.

Kulminace v Berouně (obr. 7.14) byla v předpovědích ze 12. 8. průtokově podhodnocena a časově se cca o 3 až 6 hodin předcházela vůči skutečnosti. Podstatně lepší výsledek model vykazoval 13. 8., kdy kulminační průtok byl v porovnání s operativně používaným průtokem poměrně dobře předpovězen časově i svou velikostí.

Závěrový profil Labe v Ústí nad Labem byl při předpovídání v průběhu povodně ovlivněn výpadkem stanic v Mělníku a Vraňanech a nesprávnou extrapolací měrné křivky pro Vltavu v Praze. Přehled modelových předpovědí systému AquaLog je na obrázku 7.15. Větší nadhodnocování je patrné na sestupné větvi. Na vzestupné větvi je většinou dobře vystižen trend přírůstku průtoků, ve vrcholové fázi s určitým nadhodnocením.

7.3.1 Vývoj předpovědí pro Vltavu v Praze-Chuchli

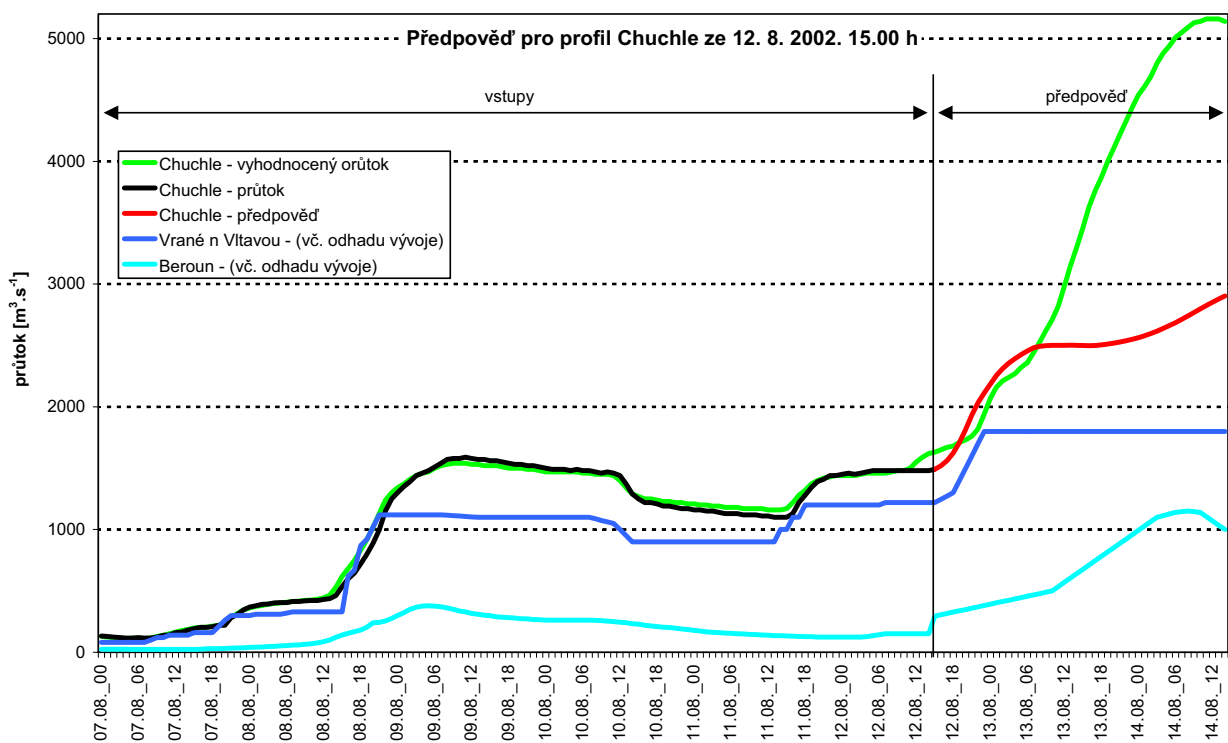
Velikost průtoků Vltavy v Praze je jednoznačně závislá na velikosti odtoku z posledního stupně Vltavské kaskády ve Vraném nad Vltavou a na průtoku Berounky. Za normální odtokové situace je předpověď bezproblémová. V průběhu povodně byla doba předstihu předpovědi závislá na včasnosti a předstihu informací o předpokládaném odtoku z Vraného od dispečinku státního podniku Povodí Vltavy v Praze a předpovědi pro Berounku počítanou RPP v Plzni.

Pro rozhodování o manipulacích na nádržích Vltavské kaskády využívá dispečink Povodí Vltavy předpovědi RPP v Českých Budějovicích o přítoku do nádrže Orlická. Zásadní analýza signalizující možnost katastrofální povodně byla provedena v neděli (11. 8.), kdy na základě rozptylu předpovídaných srážek byly vypočteny různé varianty přítoku do Orlická (viz kap. 7.2). Při minimální variantě by povodňová vlna byla pravděpodobně transformována tak, že průtok v Praze by se obešel bez větších škod (pod 3. SPA). Při maximální variantě pak předpověď udávala přítok do Orlická výrazně větší než 100letá povodeň. Následný průtok Prahou nebylo možno bez analýzy aktuálně možného vlivu kaskády odhadnout. V pondělí 12. 8. ráno byla, podle skutečně spadlých srážek a jejich předpovědi na další období, potvrzena tzv. maximální varianta.

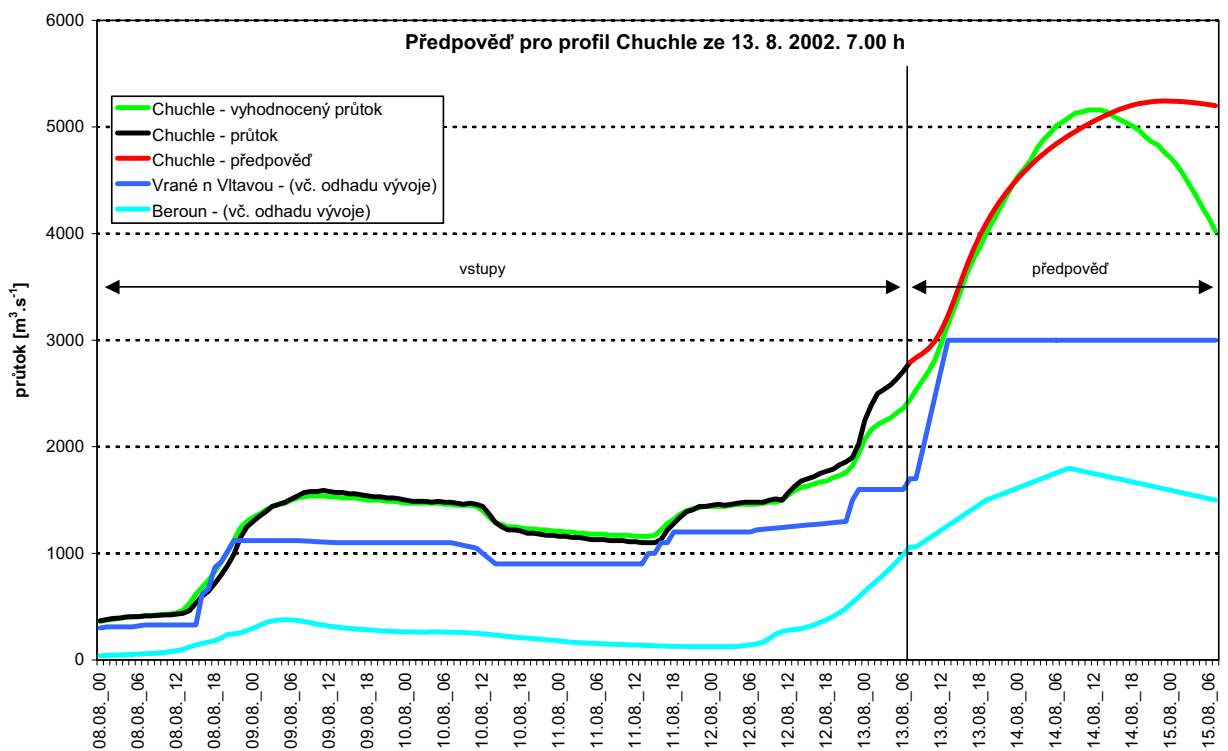
Na následujících obrázcích je znázorněn vývoj předpovědí zpracovaných hydrologickým předpovědním systémem Aqualog pro Vltavu v Praze. Předpověď počítaná 12. 8. odpoledne (obr. 7.16), vycházela z údajů, kdy Berounka ještě nebyla na úrovni 3. SPA a Vltava jej těsně přesahovala. Předpoklad odtoku z VD Vrané pro noc byl $1\,800\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Výsledek předpovědi pro Vltavu na druhý den ráno byl cca $2\,500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což odpovídalo realitě. Výhled na další den byl však oproti skutečnému vývoji podstatně nižší (vzhledem k nízkému předpokladu odtoku z Vltavské kaskády a ve skutečnosti prudšímu nárůstu průtoků na Berounce).

Pro předpověď počítanou dne 13. srpna ráno (viz obr. 7.17), nebyla informace o předpokládaném odtoku z kaskády k dispozici, a proto hydrolog-prognostik z CPP uvažoval odtok z Vraného roven maximálnímu očekávanému přítoku do VD Orlická (setrvalá hodnota $3\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$). Předpověď pro Berounku v Berouně předpokládala na noc kulminaci při $1\,800\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Výsledkem byla předpověď kulminace Vltavy v Praze na druhý den odpoledne při hodnotě cca $5\,250\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. S ohledem na nejistotu ve vstupních hodnotách (včetně operativně použitého průtoků) byla vydána pouze předpověď na odpoledne a večer téhož dne. Dodatečné porovnání s vyhodnoceným průtokem prokázalo, že velikost maximálního předpovídaného průtoků byla téměř shodná, termín dosažení kulminace oproti předpovědi byl zhruba o 3 hodiny dříve.

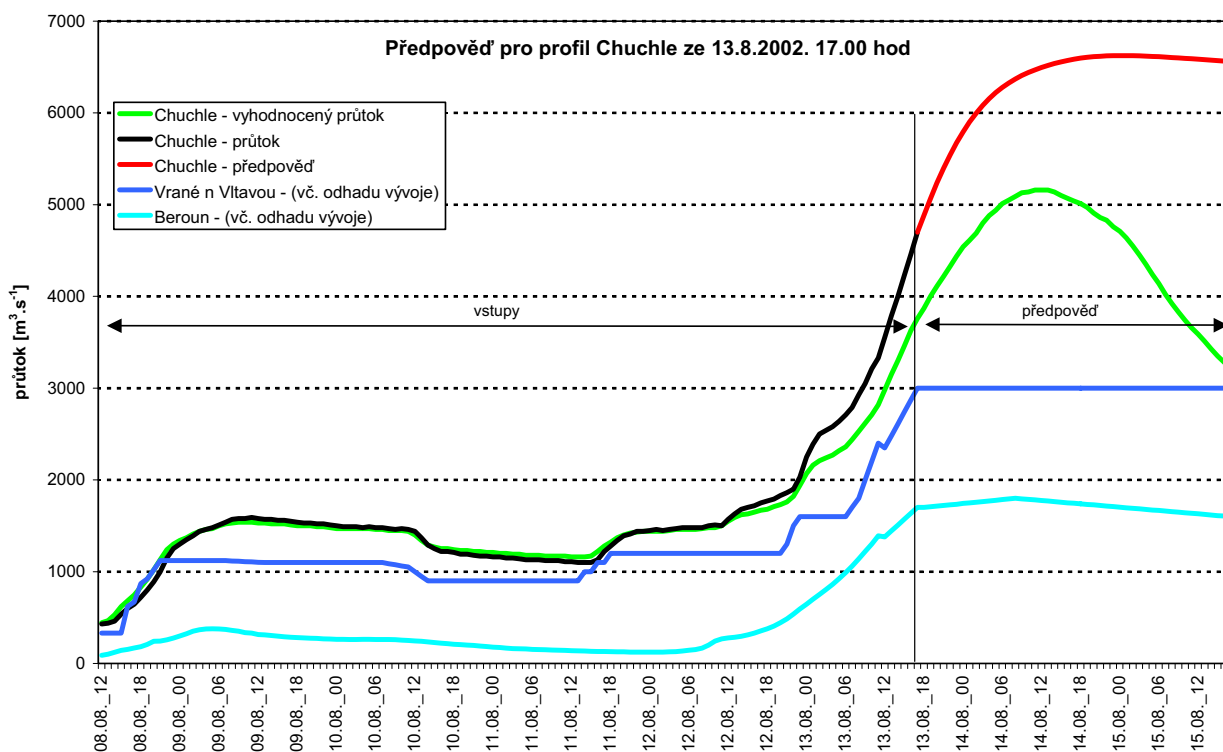
Na předpovědi z večera 13. srpna (obr. 7.18) se projevila zejména absence měrné křivky pro Chuchli v oblasti vysokých stavů. Pokus o její extrapolaci nebyl úspěšný, zaznamenaným stavům byly přiřazeny neúměrně velké průtoky a předpověď tak byla značně nadhodnocena. Přitom odhad odtoku z Vltavské kaskády a vývoje průtoků Berounky v Berouně se oproti předešlému výpočtu prakticky nezměnil. Aktualizace (updating) předpovědí k posledním operativně stanoveným hodnotám průtoků v Praze-Chuchli způsobila nadhodnocení této předpovědi.



Obr. 7.16 Modelová předpověď pro Vltavu v Praze ze 12. 8. 2002 7.00 hodin.



Obr. 7.17 Modelová předpověď pro Vltavu v Praze ze 13. 8. 2002 7.00 hodin.



Obr. 7.18 Modelová předpověď pro Vltavu v Praze ze 13. 8. 2002 17.00 hodin.

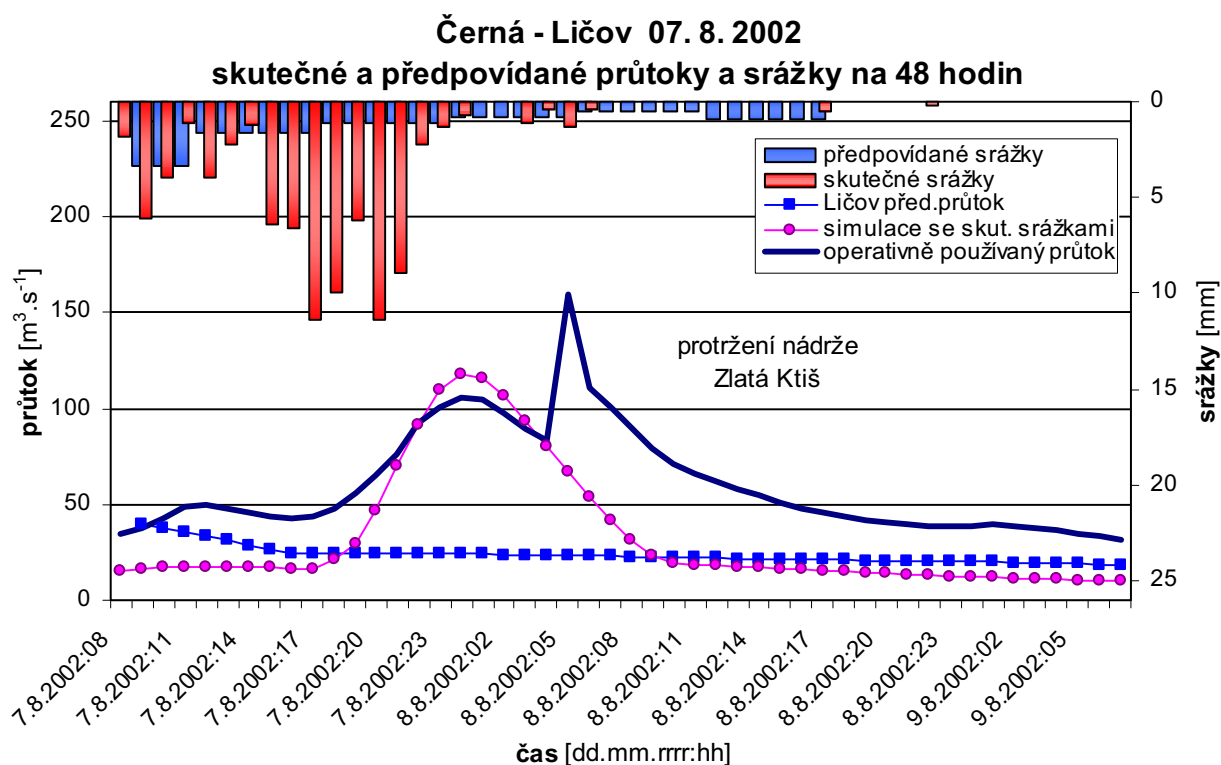
Vstupní údaje pro předpověď průtoku Vltavy v Praze byly zatíženy nejistotou v oblasti vysokých vodních stavů, při nichž docházelo k rozsáhlým rozlivům, kdy již byly překročeny rozsahy v té době platných měrných křivek (Beroun, Praha-Chuchle) a bylo nutné stávající křivky extrapolovat. Stejně tak odtok z VD Vrané byl víceméně odhadován podle předpokládaného přítoku do Orliku. Předpovědní služba nemá k dispozici model simulující chování nádrží Vltavské kaskády. Rozbor předpovědí pro jednotlivé dny ukazuje, že předpověď byla významně ovlivněna výše uvedenými faktory.

7.3.2 Vliv nepřesnosti předpovědi srážek na výsledek hydrologického modelu

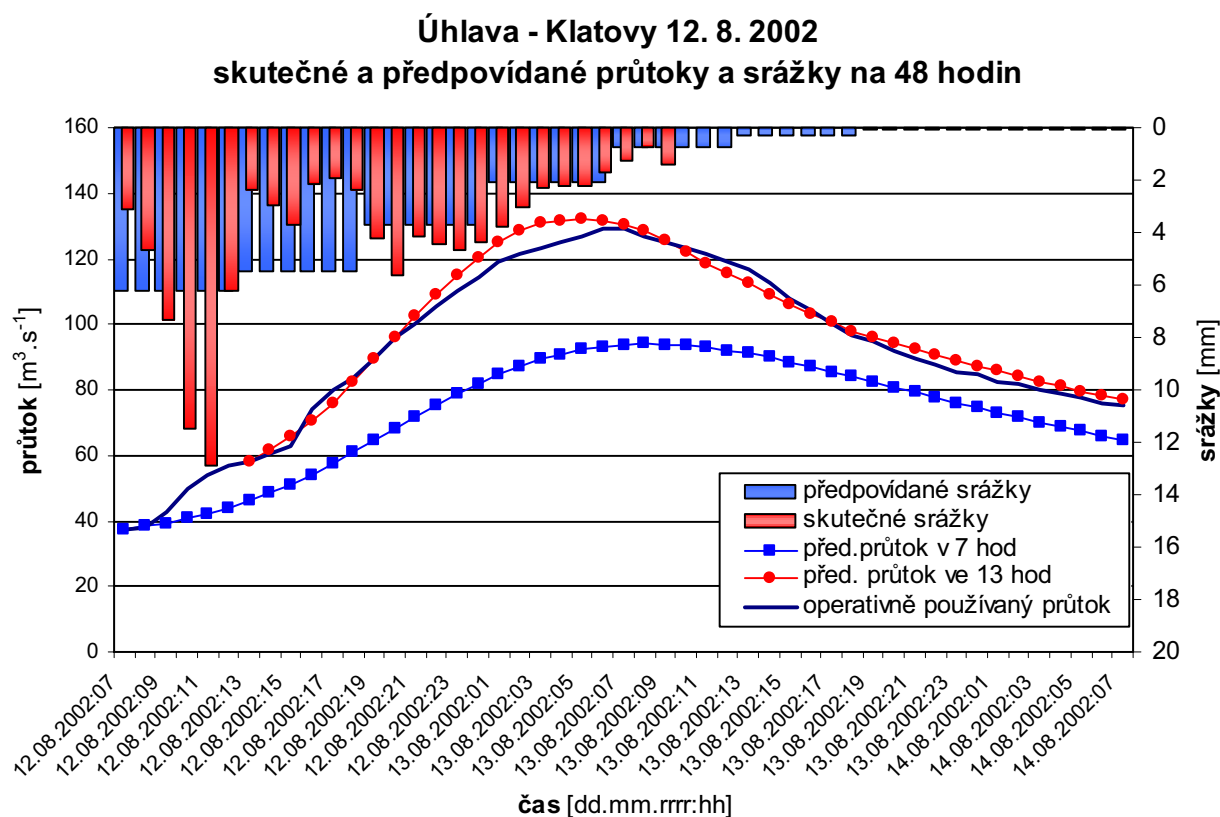
Hodnocení operativně vypočítaných modelových předpovědí nevypovídá přímo o kvalitě hydrologického modelu a jeho kalibraci. Výsledek je totiž zásadně ovlivněn také kvalitou vstupů. Největší nejistota je do výpočtu vnášena používáním kvantifikované předpovědi srážek, která je v našich podmínkách nezbytná především v horních částech povodí a na menších tocích.

Pro ověření vlivu nepřesnosti srážkových předpovědí na celkový výsledek hydrologického modelu byly dodatečně vytvořeny simulace, kdy vstupem byly skutečně naměřené srážkové úhrny (tedy simulace toho, jak by předpověď hydrologického modelu vypadala za předpokladu bezchybné předpovědi množství a rozložení spadlých srážek). Výsledky simulací jsou pro vybrané profily porovnány s operativní předpovědí modelu a s vyhodnoceným průtokem.

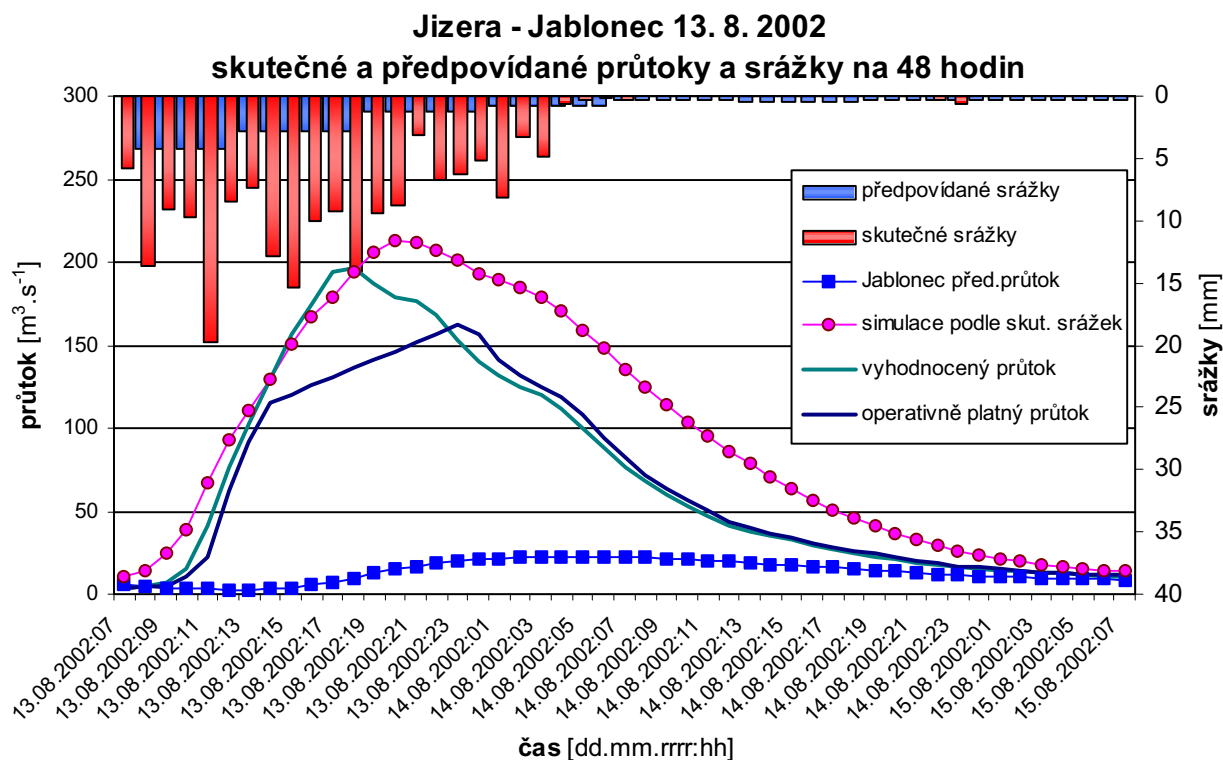
Vliv předpovědi podhodnocující srážky při první vlně na Černé v Líčově je dokumentován na obr. 7.19. Ze zpětné simulace povodně vyplynulo, že hydroprognózní systém AquaLog by dokázal při ideálních podmínkách předpovídat průtoky s výrazně vyšší úspěšností, než jaké bylo operativně dosaženo.



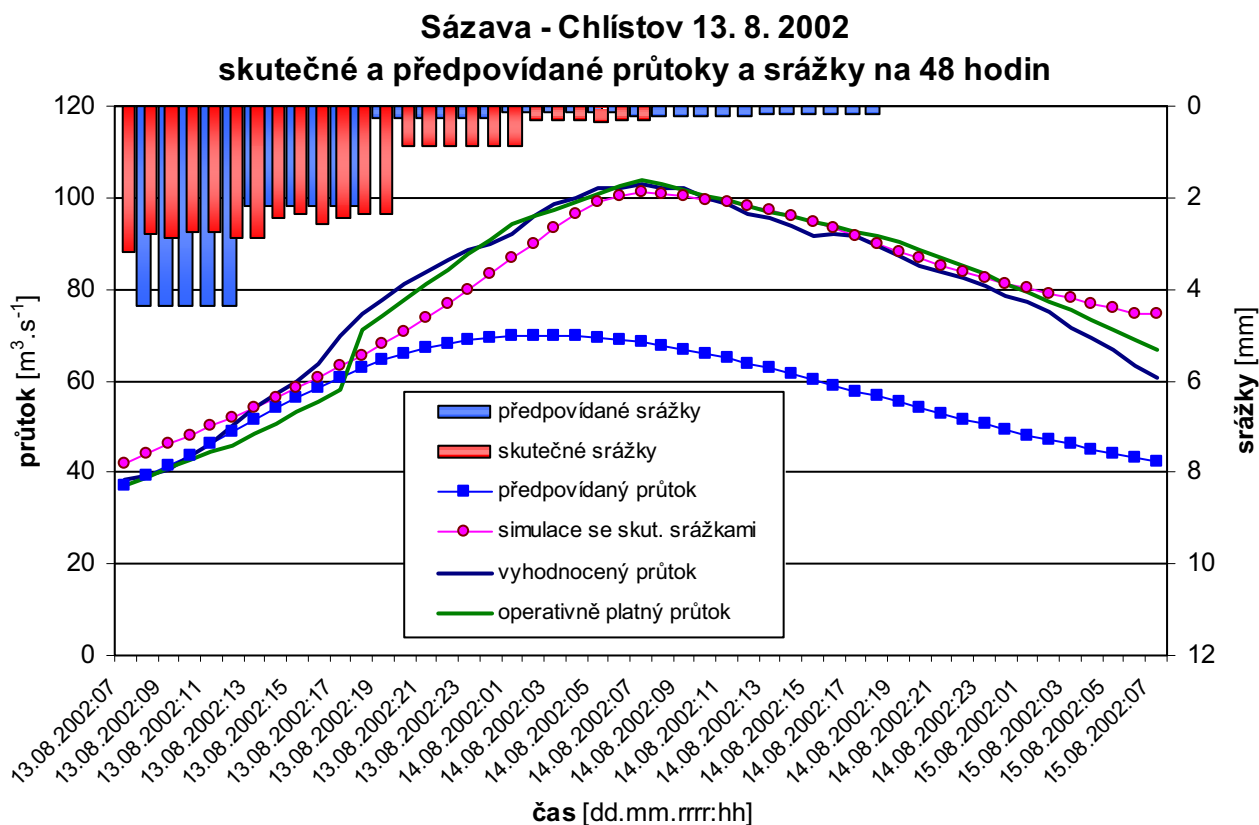
Obr. 7.19 Porovnání simulace a operativní předpovědi pro Černou v Ličově



Obr. 7.20 Porovnání simulace a operativní předpovědi pro Úhlavu v Klatovech.



Obr. 7.21 Porovnání simulace a operativní předpovědi pro Jizeru v Jablonci nad Jizerou.



Obr. 7.22 Porovnání simulace a operativní předpovědi pro Sázavu v Chlístově.

Na příkladu Úhlavy v Klatovech (obr. 7.20) je patrné, že přesnost předpovědi počítané 12. 8. ve 13 hodin byla podstatně vyšší než přesnost předpovědi z rána téhož dne, protože vstupní údaje již obsahovaly nejvyšší srážkové úhrny vypadlé dopoledne téhož dne. Objemové množství srážek předpovídaných a naměřených bylo obdobné, podstatnou roli na tvar hydrogramu z 12. 8. však mělo jejich časové rozložení.

Pro nejvýše položené hydroprognózní stanice v povodí Jizery (Jablonec nad Jizerou) a Sázavy (Chlístov) byly předpovědi srážek podhodnocující, v důsledku toho i předpovědi hydrologického modelu nebyly úspěšné. Zejména předpověď srážek pro oblast Jizerských hor byla významně nižší než skutečnost (na 13. srpna byl předpoklad 40 až 100 mm, ve skutečnosti v horských partiích horní Jizery spadlo v průměru 200 mm, na celé povodí po Jablonec nad Jizerou cca 130 mm). Simulace se skutečnými srážkami tvar hydrogramu i velikost kulminace dobře vystihla, čas kulminace je poněkud opožděn za skutečností.

V povodí Sázavy byly předpovědi v Chlístově málo úspěšné. Projevuje se zde problém nedostatku automatických operativních srážkoměrů, a tedy absence informací o rozložení srážek v průběhu dne. Dodatečně provedená simulace průběhu povodně v profilu Chlístov velmi dobře vystihla jak tvar hydrogramu, tak i kulminaci (obr. 7.22).

Ne ve všech případech dokázala následná simulace podle skutečně naměřených srážek věrně vystihnout průběh vyhodnocených průtoků. Důvodem může být, že ke vstupu srážek byly použity pouze údaje z operativně používaných srážkoměrných stanic, přičemž počet automatizovaných stanic s hodinovým měřením není dostatečný. Navíc současná kalibrace parametrů modelu byla provedena pouze s využitím denních, či šestihodinových srážkových úhrnů (hodinové údaje nejsou v dostatečné míře k dispozici). Bude proto potřebná recalibrace modelu pro některá povodí na hodinová srážková data (s využitím zhruba dvouletých řad srážek z provozu automatických srážkoměrů).

7.3.3 Statistické hodnocení předpovědí

Pro hodnocení úspěšnosti hydrologických předpovědí v srpnu 2002 byla vybrána také některá statistická kritéria. Jejich použití však není zcela bez problémů. Je třeba zopakovat, že operativní výstup hydrologického modelu v sobě nese i nejistotu předpovědi srážek, která nemůže být hydrologickým modelem korigována. Veřejnost však hodnotí výsledky předpovědí bez ohledu na jejich vstupy, proto byly hodnoceny operativní modelové předpovědi včetně nejistoty vnesené používáním předpovědí srážek (vyhodnocení předpovědí srážek je součástí meteorologické části zprávy).

Vyhodnocením výsledků modelu se zohledněním vlivu předpovídaných srážek se průběžně zabývá zpracovatel systému AquaLog.

Pro porovnávání úspěšnosti kontinuálních předpovědí modelů byla vybrána čtyři statistická kritéria.

1. Koeficient korelace r

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7.1)$$

Kde $n = 24$, x_i = operativně používané hodnoty průtoků, \bar{x} = průměr operativně používané hodnoty průtoků (od 7.00 do 7.00), y_i = hodnoty předpovědi průtoků, \bar{y} = průměr předpovědi průtoků (od 7.00 do 7.00).

Koeficient korelace určuje míru těsnosti vztahu mezi předpovídanými a měřenými průtoky, nabývá hodnot $\langle -1; 1 \rangle$, hodnota $r = 1$ odpovídá přímé lineární závislosti, hodnota $r = -1$ odpovídá nepřímé lineární závislosti. Pokud jsou veličiny nezávislé, potom r se blíží 0.

2. Normovaná směrodatná chyba odhadu **RMSE**

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i^{pre} - Q_i^{mer})^2}}{pru Q_{mer}} \quad (7.2)$$

Kde $n = 24$, Q^{pre} = předpověď průtoků, Q^{mer} = operativně používané hodnoty průtoků.

Normovaná směrodatná odchylka odhadu **RMSE** popisuje reziduální rozptyl modelu, pro ideální deterministický model je $RMSE = 0$

3. Relativní objemová chyba **VE**

$$VE = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{pre} - Q_i^{mer})}{\sum_{i=1}^n Q_i^{mer}} \quad (7.3)$$

Kde $n = 24$, Q^{pre} = předpověď průtoků, Q^{mer} = operativně používané hodnoty průtoků.

Relativní objemová chyba **VE** popisuje relativní rozdíl mezi objemem pozorované a modelované povodňové vlny, zpravidla se udává v procentech. Kladná hodnota **VE** představuje nadhodnocení povodňové vlny a záporná odpovídá podhodnocení.

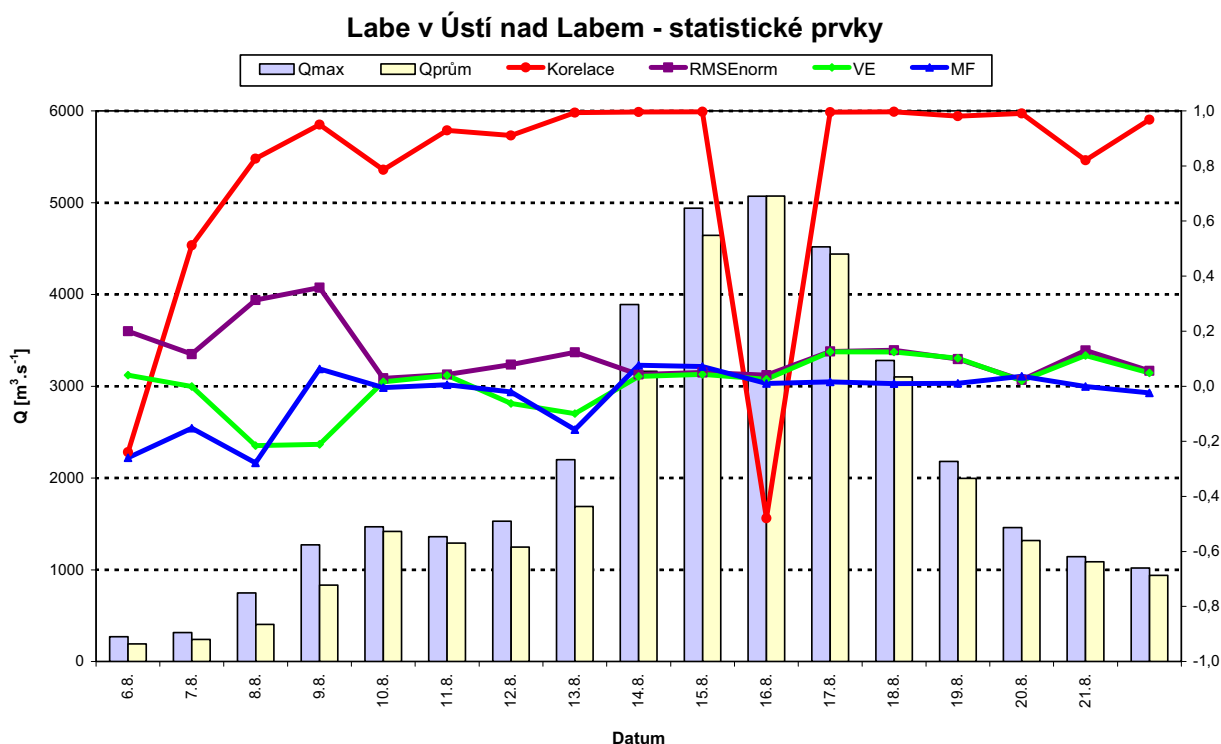
4. Relativní chyba kulminace **MF**

$$MF = \frac{\max Q_i^{pre} - \max Q_i^{mer}}{\max Q_i^{mer}} \quad (7.4)$$

Kde $n = 24$, $\max Q^{pre}$ = maximální hodnota z řady předpovědi průtoků, $\max Q^{mer}$ = maximální hodnota operativně používané řady průtoků.

Relativní chyba kulminace **MF** se zpravidla vyjadřuje v procentech, kladná hodnota **MF** svědčí o nadhodnocení kulminace modelem a záporná hodnota **MF** popisuje stav, kdy modelovaná kulminace byla menší než pozorovaná.

Pro zpracování statistiky byly použity řady hodinových hodnot operativní předpovědi modelu (na 1 až 24 hodin) a operativně používané průtoky, s nimiž model pracoval. Později vyhodnocené průtoky nebyly při tomto způsobu hodnocení využity. Protože předpovědi jsou v operativním provozu aktualizovány (updatovány) tak, aby odpovídaly operativně pozorovaným či odvozovaným hodnotám, byla by užitím vyhodnocených průtoků uměle zvětšena chyba předpovědi. Model v průběhu povodně počítal (zejména na dolních tocích) na vstupech s jinými průtoky, než jaké byly následně vyhodnoceny. Tyto rozdíly však nelze připsat na vrub hydrologickému modelu. Na následujících obrázcích je graficky znázorněn průběh hodnocených statistických kritérií pro vybrané profily Ústí nad Labem a Beroun.



Obr. 7.23 Vybraná statistická kritéria pro hodnocení předpovědi pro Labe v Ústí nad Labem.

ad Koeficient korelace (rovnice 7.1)

Ukazuje na dobrou shodu mezi předpovídanými a měřenými průtoky, ale v den kulminace (16. 8.) se projevuje slabina této statistické veličiny. Přestože ostatní počítané veličiny ukazují na poměrně dobrou shodu mezi operativními a předpovídanými průtoky, hodnota koeficientu korelace v tento den ukazuje na nepřímou lineární závislost s malou mírou těsnosti vztahu. Rozdíly mezi průtokem operativně používaným a předpovídaným nejsou sice větší než v ostatních dnech, ale v průběhu předpovídaného časového úseku dochází ke vzájemné změně trendu vzestup – pokles a naopak, mají tedy rozdílná znaménka a vzájemně nekorelují. Tato situace je způsobena ne zcela přesným časovým určením kulminace v tomto dni.

ad Normovaná směrodatná chyba odhadu RMSE (rovnice 7.2)

Hodnota RMSE může nabývat značně vysokých hodnot zejména v závislosti na velikosti průtoků. V době kulminace by byly hodnoty nenormované RMSE nejvyšší, tzn. nejhorší z hlediska úspěšnosti modelu, což je způsobeno právě extrémními hodnotami průtoků. I když procentuálně není rozdíl mezi předpovídaným a skutečným průtokem nijak výrazně vyšší oproti ostatním hodnotám. Proto byla hodnota RMSE znormována průměrným denním průtokem. V daném období se hodnoty $RMSE_{norm}$ pohybovaly od 3 % do 13 %.

ad Relativní objemová chyba VE (rovnice 7.3)

Kromě prvního neuspořádaného týdne objemová chyba osciluje kolem ideální nulové hodnoty. Většina hodnot od nástupu vlny je mírně kladná tzn., že vlna je mírně předimenzovaná.

ad Relativní chyba kulminace MF (rovnice 7.4)

Toto kritérium bylo použito pro hodnocení maximálních denních průtoků.

Hodnoty na sestupné větvi jsou blízko ideálnímu stavu. Naproti tomu při vzestupu povodňové vlny je tento ukazatel rozkolísaný (podobně jako relativní objemová chyba VE) a hodnoty svědčí spíše o podcenění rychlosti nástupu povodňové vlny modelem.

Stejná statistická kritéria byla vypočtena i pro hodnocení bodových předpovědí modelu s předstihem 24 hodin za celou dobu povodně (6.–22. 8.), tj. celkem 17 vypočtených předpovědí (v porovnání s operativně používanými průtoky). Navíc byla vypočtena hodnota koeficientu determinace R^2 :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{pre} - Q_i^{mer})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{mer} - \bar{Q}^{mer})^2} \quad (7.5)$$

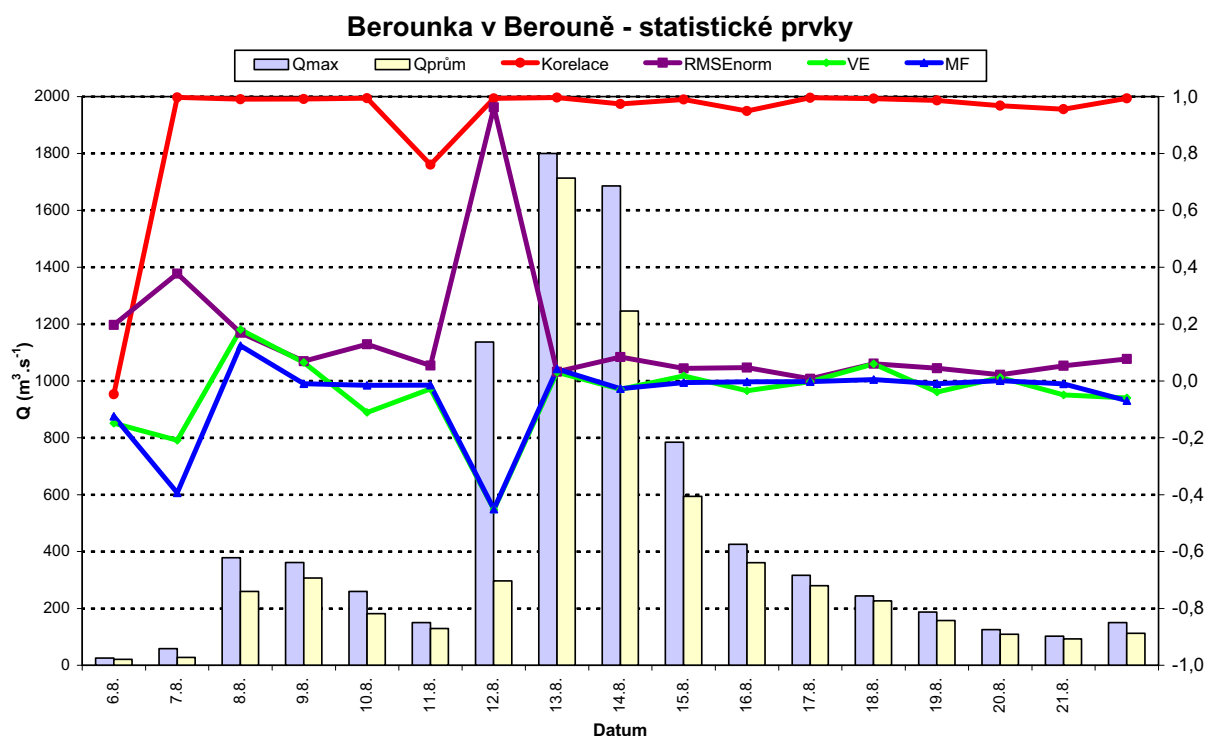
Kde $n = 24$, Q^{pre} = předpověď průtoky, Q^{mer} = operativně používané hodnoty průtoky a \bar{Q}^{mer} = průměr operativně používané hodnoty průtoky.

V závorce jsou uvedeny hodnoty kritérií pro manuální předpověď:

Koeficient korelace	0,945	(0,983)
Koeficient determinace....	0,851	(0,942)
Norm. RMSE.....	0,299	(0,188)
VE.....	0,065	(0,072)
Průměrná odchylka (%)...	24,04	(18,37)

Výrazná chyba průměrné odchylky je způsobena zejména nadhodnocováním předpovědi v poklesové fázi povodně (viz výše).

Obdobným způsobem byly vypočteny statistické charakteristiky pro Berouнку v Berouně. Pro srovnání je přiložen graf statistických prvků i pro tento profil (obr. 7.24).



Obr. 7.24 Vybraná statistická kritéria pro hodnocení předpovědi pro Berouнку v Berouně.

Hodnocení bodových předpovědí modelu s předstihem 12 a 24 hodin v porovnání s operativně používanými průtoky:

	12h	24 h
Koeficient korelace	0,992	0,955
Koeficient determinace....	0,984	0,911
Norm. RMSE.....	0,159	0,362
VE.....	-0,037	-0,049
Průměrná odchylka (%).	9,80	14,56

Hodnoty statistických kritérií spočítaných pro hydrologické předpovědi v sobě zahrnují nejistoty plynoucí z kvality předpovědi srážek. Nelze proto očekávat, že zejména u horních profilů povodí, kde je závislost odtoku na srážkách velmi těsná, budou ukazatele vždy příznivé. V těchto souvislostech bychom měli přistupovat k dalšímu vyhodnocování. Proto je nutné použít kombinaci statistického hodnocení s hodnocením vizuálním.

7.4 Hodnocení spolupráce se správci povodí během povodně v srpnu 2002

Spolupráce mezi ČHMÚ a správci povodí (státní podniky Povodí) při zabezpečování předpovědní povodňové služby je zásadní a vychází z §73 Zákona o vodách (254/2001 Sb.). Kromě toho se obě strany aktivně účastní také hlášené povodňové služby, kterou podle zákona organizují povodňové orgány. Spolupráce ČHMÚ a státních podniků Povodí je podložena dohodami, které se pravidelně vyhodnocují a podle potřeby upravují. Týkají se zejména spolupráce při provozu měřicích stanic na tocích a vzájemné výměny operativních dat a informací potřebných pro výkon předpovědní povodňové služby a řízení vodohospodářských soustav. Pro provozování předpovědních hydrologických modelů na pracovištích ČHMÚ (CPP a RPP) jsou nezbytné informace z vodohospodářských dispečinků státních podniků Povodí (VHD) o provedených a plánovaných manipulacích na vodních dílech, které ovlivňují průtoky na předpovídaných úsecích toků.

7.4.1 Spolupráce s podnikem Povodí Vltavy, s. p.

Povodí Vltavy, s. p. má tři vodohospodářské dispečinky, Centrální vodohospodářský dispečink v Praze (CVD) a dva oblastní vodohospodářské dispečinky (OVD) v Českých Budějovicích a Plzni. Systém předávání informací mezi pracovišti ČHMÚ a Povodí Vltavy, s. p. je dán jejich hydrologickou působností (s několika výjimkami). Hlavní vazby z pohledu ČHMÚ jsou:

RPP České Budějovice – OVD závodu Horní Vltava

Oblast spolupráce územně zahrnuje celé povodí horní Vltavy po přítok do Orlíku. Manipulace na VD Lipno (odtok) určuje CVD Praha.

RPP Plzeň – OVD závodu Berounka

Oblast spolupráce zahrnuje povodí Berounky, avšak u ČHMÚ je dolní část povodí včetně Litavky v působnosti pobočky Praha a CPP.

CPP Praha – CVD podniku Povodí Vltavy, s. p., Praha

Oblast spolupráce zahrnuje povodí dolní Vltavy, včetně Vltavské kaskády, ovšem s tím, že jednu z hlavních informací pro její řízení (předpověď přítoku do nádrže Orlík) za ČHMÚ produkuje RPP České Budějovice. Oba subjekty mají kromě toho centrální informační funkce a pokrývají v případě potřeby celou územní působnost ústavu (podniku).

Spolupráce obou RPP ČHMÚ a OVD závodů Povodí Vltavy v Českých Budějovicích a v Plzni byla během srpnové povodně ve všech směrech velmi dobrá. Pravidelná i mimořádná výměna dat a vzájemné konzultace probíhaly bezproblémově, podle potřeby v kteroukoliv denní či noční dobu. Pokud se vyskytly později zjištěné rozdíly mezi hlášeným a dodatečně vypočteným průtokem v tocích nebo odtokem z vodních děl, tak byly způsobeny faktem, že průtoky byly často mimo rozsah měrných křivek, včetně kapacit přelivů, a šlo spíše o odborné odhady.

Jak v Českých Budějovicích tak v Plzni byla pracoviště RPP a OVD během druhé povodňové vlny dočasně evakuována a pracovala v náhradních prostorách, které byly po určitou dobu pro obě složky společné. Spolupráce byla v provizorních podmínkách tím užší a obě strany si vzájemně vypomáhaly.

Za normální situace jsou předávány ze strany OVD informace o předpokládaných manipulacích na vodních dílech v osm hodin ráno, zhruba na dva dny dopředu. Během srpnové povodně se hlášení o změnách odtoku z nádrží dostávaly na RPP s podstatně kratším časovým předstihem. Ve většině případů to však nebylo způsobeno zpožděním informace na podniku Povodí, ale skutečností, že manipulace na přehradách se řídily aktuální situací a změny se dělaly takřka z hodiny na hodinu. Z práce dispečerů byla zřetelná snaha informovat RPP ČHMÚ okamžitě po obdržení informací.

Spolupráce CPP ČHMÚ a CVD Povodí Vltavy, s. p. v Praze byla evidentně poznamenána extrémností vzniklé situace a značným přetížením obou pracovišť, při kterém bylo třeba často volit nestandardní náhradní postupy. Například aktuální informace o změně odtoku z nádrže Lipno II získával RPP České Budějovice převážně od budějovických dispečerů, přestože standardně je tato informace předávána z CVD v Praze.

Pro předpovědní povodňovou službu na dolní Vltavě a Labi, tedy i pro předpověď pro Vltavu v Praze, má zásadní význam rozsah, kvalita a včasnost informací o stavu a očekávaném vývoji na Vltavské kaskádě. Za normální odtokové situace je v ranních hodinách spočten na RPP v Českých Budějovicích přítok do VD Orlík a jeho předpověď na odpoledne pomocí standardní manuální metody. Na základě této informace stanoví CVD předpoklad průběhu odtoku z posledního stupně Vltavské kaskády (VD Vrané) do příštího rána a odhad na dalších 24 hodin, informace jsou sděleny při ranní telefonické konzultaci na CPP ČHMÚ. Tyto hodnoty jsou potom využity CPP pro výpočet předpovědi pro Vltavu v Praze-Chuchli na 13. hodinu – standardní termínová předpověď. Dále jsou také vstupem do hydrologického modelu, který vypočte předpovědi pro dolní Vltavu a dolní Labe až na 48 hodin. Pomocí modelu jsou počítány i předpovědi pro povodí Sázavy. Výsledky modelu jsou od roku 2002 rovněž zkušebně předávány na CVD Povodí Vltavy elektronickou poštou.

Tato standardní forma spolupráce dobře fungovala v průběhu první povodňové vlny. V období mimořádných průtoků druhé vlny předávání informací a dat o stavu a očekávaném vývoji na Vltavské kaskádě mezi CVD Povodí Vltavy a CPP (resp. RPP České Budějovice) občas vážlo. Na RPP v Českých Budějovicích byla ještě v neděli 11. 8. spočítána variantní předpověď přítoku do nádrže Orlík hydrologickým modelem. Na základě této variantní simulace byla vydána upřesňující zpráva CPP obsahující ve dvou variantách očekávaný vývoj hydrologické situace. Číselná předpověď velikosti přítoku do nádrže Orlík podle výsledků hydrologického modelu nebyla v kritické fázi povodně z důvodu evakuace RPP vydávána.

V době vrcholících průtoků neměla již obě pracoviště dostatečné informace o přítocích a odtocích z Vltavské kaskády, neboť hodnoty průtoků překročily rozsah měrných křivek (ve vodoměrných stanicích i na vodohospodářských zařízeních). CVD při nedostatku informací o skutečné a předpovídané velikosti přítoku do nádrže Orlík nemohl s dostatečným předstihem plánovat manipulace a poskytovat informace o předpokládaném celkovém odtoku z posledního stupně kaskády. Toto negativně ovlivnilo předstih a kvalitu hydrologické

předpovědi pro Vltavu v Praze, a to hlavně v nástupní fázi druhé povodňové vlny. V době kulminace již předpokládala obě pracoviště, že kaskádou protéká neovladatelně $3\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což předpověď vývoje pro Prahu zjednodušilo. Vzhledem k nespolehlivosti měrné křivky stanice Praha-Chuchle v období vysokých vodních stavů byly během vrcholné fáze povodně vydávány pouze informace a předpovědi o vodních stavech a nikoli průtocích.

Ve vztahu k povodňovým a krizovým orgánům a veřejnosti byla snaha koordinovat vydávané údaje a informace. CPP ČHMÚ předávalo CVD Povodí Vltavy v průběhu obou povodňových vln všechna upozornění, výstrahy a informační zprávy, které vydávalo pro krizové orgány. CVD Povodí Vltavy vydával za povodně písemné informace dispečinku, které později zasílal rovněž na CPP. Vydávání informací z obou zdrojů nebylo časově synchronní a také texty zpráv se v některých případech lišily. Po zaregistrování rozporných informací ve sdělovacích prostředcích byla pozdě večer 13. srpna situace operativně prodiskutována mezi CPP ČHMÚ a CVD Povodí Vltavy, který synchronizoval režim vydávaných zpráv.

Jak vyplývá ze záznamů jednání krizového štábu Hlavního města Prahy (HMP) a pozdějších vyjádření jeho představitelů ve sdělovacích prostředcích, nebyla jeho informovanost během noci před kulminací povodně v Praze dobrá. Dle těchto vyjádření krizový štáb neměl průběžné informace o stoupaní hladiny vody v limnigrafické stanici Praha-Chuchle, což je oficiální hlásný povodňový profil pro Prahu. Přitom tyto údaje byly součástí distribuovaných zpráv CPP ČHMÚ i CVD Povodí Vltavy a na obou pracovištích byl tento údaj průběžně k dispozici. Na CPP ČHMÚ nebyl od krizového štábu HMP zaznamenán žádný dotaz ani požadavek.

Mediálně známý problém vyvolala informace podaná zástupcem Povodí Vltavy na jednání krizového štábu HMP dne 12. 8. 2002, že „ve 22 hodin je jistá 20letá voda a dále možnost až 50leté vody“. Tato informace byla naneštěstí mylně interpretována a pochopena jako velikost celé očekávané povodně. Poučením z tohoto nedorozumění je, že ve vztahu k veřejnosti by neměla být velikost povodně vyjadřována pomocí doby opakování (N-letosti) a když, tak pouze pro kulminační průtoky a nikdy v nástupní fázi povodňové vlny.

7.4.2 *Spolupráce s podnikem Povodí Labe, s. p.*

Vzájemná výměna dat a informací o odtokové a meteorologické situaci v zájmových povodích se provádí denně a po ní následuje konzultace v 8.30 h, při které je oboustranně domlouvána předpověď průtoků a vodních stavů na Labi v Brandýse, Mělníku, Ústí nad Labem a Děčíně pro pevně stanovené termíny. Doplňující informací pro VHD jsou (zkušebně od roku 2002) v průběhu dopoledne předpovědi průtoků až na 48 hodin pomocí hydrologického modelu pro výše zmiňované profily, a navíc i pro stanice v povodí Jizery.

Za povodňové situace bylo schéma spolupráce zcela stejné, avšak konzultace, výměna dat a upřesňování předpovědí bylo četnější, s důrazem na zachování jednotnosti předpovědí, které byly vydávány oběma organizacemi pro veřejnost. Také odborné odhady vývoje na delší období, než jsou stanovené termínové předpovědi, a odhady doby a velikosti možných kulminací na povodněmi zasažených tocích, byly vydávány jednotně po vzájemné dohodě. Veškeré zprávy, které ČHMÚ vydávalo písemně pro krizové štáby a všechny složky povodňové služby byly zasílány na Povodí Labe. Lze konstatovat, že spolupráce s VHD Povodí Labe byla velmi dobrá.

7.4.3 *Spolupráce s podnikem Povodí Ohře, s. p.*

První informací o meteorologické situaci s předpovědí úhrnů a časového rozdělení srážek na 24 hodin poskytuje každodenně RPP Ústí nad Labem na VHD Povodí Ohře v Chomutově již k 6. hodině ráno. V případě očekávané či probíhající povodňové situace jsou na základě dohody předpovědi úhrnů srážek upřesňovány dvakrát denně (v 9 a 21 h). Při

stanovování hydrologické předpovědi, včetně výpočtu hydrologického modelu, je s VHD telefonicky konzultována aktuální odtoková situace včetně odtoků z vodních děl a předpokládané manipulace. VHD zároveň poskytuje RPP hodinově úhrny srážek ze své srážkoměrné sítě.

Schéma spolupráce probíhalo i v případě srpnové povodně bez problémů s tím, že upřesňování předpovědi jak průtoků, tak srážek bylo čtenější. Veškeré zprávy, které ČHMÚ vydával pro krajské HZS byly zaslány i na VHD Povodí Ohře. Lze konstatovat, že spolupráce obou subjektů byla během srpnové povodně na standardně dobré úrovni.

7.4.4 *Spolupráce s podnikem Povodí Moravy, s. p.*

Ke zintenzivnění spolupráce mezi RPP Brno a VHD Povodí Moravy, s. p., oproti běžné každodenní výměně informací došlo již od 7. srpna, kdy se dle vývoje meteorologické situace předpokládalo, že kritickými srážkami bude zasaženo nejen povodí Vltavy, ale i povodí horní Dyje nad nádrží Vranov. Hlavní činnost v rámci vyhodnocování hydrometeorologické situace byla směřována právě do tohoto povodí. Nově získané poznatky byly průběžně poskytovány VHD a situace s ním byla několikrát denně konzultována.

V povodí Dyje není standardní předpovědní profil pro termínovou předpověď a není k dispozici hydrologický předpovědní model. RPP Brno se proto soustředilo na sběr informací z povodí a odhad budoucího vývoje přítoku do nádrže Vranov. Šlo o informace nejen z povodí Moravské Dyje, ale především z Německé Dyje. Informace z rakouského území, obzvláště v druhé fázi povodně, však byly nedostatečné (viz. kap. 7.5), a tak předávané informace o srážkové činnosti vycházely především z výstupu radarů. Povodí Moravy průběžně informovalo RPP o manipulacích na nádrží Vranov. V rámci konzultací byl řešen i problém stanovení průtoků, neboť vodní stavy byly mimo rozsah křivek (Raabs) a průtok v Podhradí byl nejistý vzhledem ke vzduší vysokou hladinou vody v nádrží. Lze konstatovat, že spolupráce s VHD Povodí Moravy byla dobrá.

7.5 **Hodnocení spolupráce se zahraničními partnery**

7.5.1 *Spolupráce s hydrologickou službou Dolního Rakouska v Sankt Pöltenu*

Spolupráce s rakouskými partnery je určena „*Směrnici pro varovnou službu na česko-rakouských hraničních vodách*“, jež je přílohou „*Protokolu Česko-rakouské komise pro hraniční vody*“. Spolupráce probíhá na společných povodích Dyje (s pobočkou ČHMÚ v Brně) a Lužnice (s pobočkou ČHMÚ v Českých Budějovicích).

Z vodoměrných stanic v povodí Lužnice byla dle směrnice rakouskou stranou předávána pouze data ze stanice Hohenaich (Braunabach), ze stanice Ehrendorf nebylo doručeno žádné hlášení.

Rovněž informace o průtocích z rakouské části povodí Dyje byly získávány jen sporadicky a pouze na vyžádání. Podobně nebyla předávána data ze stanice Raabs, zde však byla pobočkou ČHMÚ Brno instalována automatická stanice NOEL, která zůstala v průběhu povodně funkční (problém byl ale v nedostatečném rozsahu měrné křivky, jejíž operativní extrapolace vzhledem k rozlivům nebyla přesná). Rakouskou stranou nebyly předány ani údaje o srážkových úhrnech ze stanic Pommersdorf a Riegersburg. Částečnou omluvou absence informací od rakouských partnerů je fakt, že povodňová situace v Rakousku byla ještě extrémnější než na české straně. RPP Brno poskytovalo rakouské straně pravidelně údaje z vodoměrných stanic Vranov a Nové Mlýny. Informace byly postupovány faxem nebo telefonicky. I když každoročně jsou kontaktní faxová a telefonní čísla v rámci Česko-rakouské komise upřesňována, ne vždy se shodovala se skutečností, a předávání dat tak bylo komplikováno.

7.5.2 *Spolupráce s hydrologickou službou Horního Rakouska v Linci*

Spolupráce s hornorakouskou hydrologickou službou probíhá rovněž dle výše zmiňované směrnice. Podle ní mají být rakouskou stranou předávána data z příslušné části povodí Malše. Údaje z vodoměrné stanice Leopoldschlag nebyly operativně předávány, data ze srážkoměru Windhaag byla předána pouze 6. a 11. 8., a to na českobudějovické pracoviště Povodí Vltavy, a nikoliv na pobočku ČHMÚ, jak stanovuje směrnice pro varovnou službu.

Na základě poznatků ze srpnové povodně byla na jednání 26.–27. 11. 2002 ve Vídni ustanovena česko-rakouská pracovní skupina expertů, která řeší, jak zlepšit přeshraniční spolupráci, aby nedocházelo k přerušení toku informací, jako tomu bylo v srpnu 2002.

7.5.3 *Spolupráce s LfUG (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie) v Drážďanech*

Spolupráce s LfUG v Drážďanech probíhala bez problémů. Z CPP byly každodenně standardní formou prostřednictvím spojového počítače zasílány hodnoty pozorovaných stavů, průtoků a předpovědi pro vybrané profily, jak je určeno „*Směrnici pro hláskou službu při normálních a extrémních hydrologických situacích na hraničních vodách mezi Českou republikou a Spolkovou republikou Německo v saském úseku státních hranic*“. Od 14. 8. bylo na žádost německé strany přistoupeno na častější posílání vybraných dat. CPP Praha ve spolupráci s VHD Povodí Labe předávalo německým kolegům pozorované stavy a průtoky Labe ve stanicích Ústí nad Labem a Mělník prostřednictvím e-mailu v intervalu dvou hodin, tedy každou sudou hodinu. Naopak LfUG předávalo CPP výsledky termínových předpovědí (s předstihem 12 a 24 hodin) svého hydrologického modelu pro Labe v profilu Ústí nad Labem.

7.6 **Hodnocení postupových dob průtoků v srpnu 2002**

Problematika postupových dob průtoků je stěžejní otázkou pro provoz hydrologických předpovědí. Je založena na metodě odpovídajících si průtoků, kdy většina odtékající vody je již koncentrována v korytech řek – tedy na středních a dolních tocích. Protože postupová doba v daném úseku je závislá na velikosti průtoků, jsou na hydroprognózních pracovištích k dispozici empiricky odvozené křivky těchto závislostí. Tyto vztahy (průtok versus postupová doba) jsou však poměrně volné, a zejména pro větší průtoky je jejich průběh nejistý. Při operativní předpovědi může dojít k chybě určení postupové doby nejen vlivem této nejistoty, ale také při výrazném příspěvku mezipovodí, špatné identifikaci vlivu jednotlivých toků v soutokových uzlech atd.

V průběhu povodně v srpnu 2002 byly hodnoty průtoků již většinou mimo rozsah připravených křivek, a proto byly postupové doby pro předpovědi dolní Vltavy a dolního Labe víceméně odhadovány. V řadě případů byly postupové doby prodlouženy v důsledku výrazných rozlivů.

Při vyhodnocení postupových dob bylo použito již zmiňovaných křivek závislosti postupových dob a průtoků, které byly porovnány s daty ze srpna 2002 a s vybranými historickými povodněmi (1890, 1897, 1940, 1947, 1954, 1981, 1986 a 2000). Z nich nejpodobnější hodnocené povodni je událost z roku 1890. Neexistuje k ní, ani k dalším historickým povodním, kompletní datová základna. Ke správné interpretaci postupové doby totiž nepostačuje znalost času kulminace v hodnocených profilech. Je třeba analyzovat celé hydrogramy a zohlednit informace o srážkách v daném období v mezipovodích mezi jednotlivými profily. Údaje v jednotlivých publikacích o povodni 1890 se významně liší, někdy se různé údaje vyskytují dokonce i v rámci jedné publikace.

7.6.1 *Vltava mezi Českými Budějovicemi a Prahou*

Výstavba Vltavské kaskády, zejména dvou velkých vodních děl Slapy a Orlick v padesátých a šedesátých letech 20. století, sice narušila homogenitu dat, zároveň ale umožňuje zkoumat vliv nádrží na postupové doby. Pro vyhodnocení byly použity povodňové situace 2002 s vlivem kaskády a 1890 a 1897 – bez vlivu kaskády. Vyvození statisticky relevantního závěru na základě pouhých tří případů není možné, zvláště při nedostatečné kvalitě a množství dat.

Do nádrže Orlík ústí tři hlavní toky, které zásadně ovlivňují průběh průtoků Vltavskou kaskádou – Otava, Lužnice a vlastní tok Vltavy. Ze zkušenosti vyplývá, že nejkratší doběhové doby jsou na Otavě, následuje Vltava, zatímco Lužnice je výrazně „pomalejší“ (vlivem plochého terénu a rybničních soustav v povodí). Kulminace Lužnice při srážkovém zasažení celého povodí Vltavy nemá vliv na kulminační průtok Vltavy pod Zvíkovem, může ho však ovlivnit svou nástupnou částí hydrogramu (odtok generovaný na dolním toku Lužnice).

Z porovnání povodní 1890 a 2002 vyplývá, že vytváření průtoků střední Vltavy bylo v těchto dvou případech odlišné. V srpnu 2002 byla doba kulminace přítoku do VD Orlík dána Otavou, která v Písku kulminovala (dle vyhodnocení) ve stejné době jako celkový přítok do Orlíku – dne 13. 8. v 11.00 (stanice Písek byla již ve vzdutí VD Orlík). Významný byl také přínos Lužnice, která vykazovala velmi prudký nástup (a svou první, menší kulminaci hydrogramu druhé povodňové vlny) vlivem srážek na dolní části povodí. Kulminace Vltavy v Českých Budějovicích nastala o 3 hodiny později (13. 8. ve 14.00).

Naproti tomu při povodni v roce 1890 kulminovala Vltava v Českých Budějovicích minimálně o 6 hodin dříve než Otava v Písku (vlivem odlišného plošného a časového rozložení příčných srážek). Navíc pro čas kulminace pod soutokem nebyl rozhodující průtok Otavy, ale spíše Vltavy, nebo lépe řečeno kombinace vlivu obou řek. Kulminace Vltavy pod ústím Lužnice nastala s 9 až 10hodinovým zpožděním za kulminací Vltavy v Českých Budějovicích a hydrogram zde na vzestupné větvi a při maximálních stavech jednoznačně kopíroval průběh v Českých Budějovicích.

Protože při povodni 2002 nebylo k dispozici měření pod soutokem Vltavy s Lužnicí (VD Kořensko nemá úplný záznam průtoků), byla pro porovnání postupových dob použita data z VD Hněvkovice ležícího nad soutokem. Vzhledem k tomu, že dominantní vliv na dobu kulminace (pod soutokem Vltavy a Lužnice) měl v roce 1890 průtok Vltavy, bylo předpokládáno, že data z Hněvkovic (2002) nad soutokem a ze soutoku Vltavy a Lužnice (1890) jsou z hlediska doby kulminace porovnatelná s uvažováním cca 1 až 2hodinového posunu.

V roce 1890 je sice uváděn časový rozdíl kulminací mezi Kamýkem a Štěchovicemi 4 hodiny, vzhledem ke vzdálenosti (více než 50 km) je to však poněkud nereálné. V roce 1897 byla v tomto úseku pozorována doběhová doba 8 hodin, přičemž vrchol vlny byl velmi plochý, v Kamýku s dvěma nevýraznými maximy. S kulminací ve Štěchovicích bylo třeba identifikovat první (nepatrně menší) z vrcholů v Kamýku. Situace v roce 1890 mohla být podobná a skutečná doběhová doba tak byla delší.

Kulminace na střední Vltavě byla v srpnu 2002 nejvýrazněji ovlivněna nádrží Orlík. Zde byla průtoková vlna vzniklá v důsledku srážek druhé povodňové epizody výrazně zpožděna plněním prostoru nad maximální hladinou nádrže (maximální odtok nastal cca 18 až 19 hodin po maximálním přítoku). Maximálního odtoku z VD Orlík bylo dosaženo 14. 8. mezi 5.00 a 6.00. V ostatních nádržích (Kamýk, Slapy, Štěchovice) nedošlo k prakticky žádnému zdržení a průchod vrcholu vlny zde byl zaplněnými vodními díly výrazně urychlen. Maximální odtok z VD Štěchovice připadá nejspíše na 8.00 až 9.00 dne 14. 8.

Tab. 7.5 Postupové doby mezi Českými Budějovicemi, Pískem, Berounem a Prahou.

Z	ČeskéBudějovice	České Budějovice	Písek	Kamýk	Štěchovice	Beroun	Maximální průtok v Praze
Do	soutok Lužnice (Hněvkovice)	Kamýk	Kamýk	Štěchovice	Praha	Praha	
1890	9–10 h	28–29 h	19 h	4 h **	9–10 h ***	13–14 h	3970 m ³ .s ⁻¹
2002	10 h	15 h *	18 h	cca 3 h	nelze určit	12 h	5160 m ³ .s ⁻¹
1897	6 h	21 h	12 h	8 h	7–8 h	10 h	2090 m ³ .s ⁻¹

* hlavní vliv zřejmě z Otavy a nástupu Lužnice

** nevěrohodný údaj, spíše šlo o cca 8 h, jako v roce 1897 (plochá kulminace)

*** kulminace v Praze byla dána Berounkou, maximum z Vltavy dorazilo až po kulminaci v Praze

Celkově je mezi povodněmi z let 1890 a 2002 několik podobností. Kulminace byla na středním toku Vltavy relativně plochá. Časový rozdíl mezi kulminacemi v Písku a Kamýku byl 19 hodin v roce 1890 a 18 hodin v roce 2002, a v obou případech měla na čase kulminace v Praze hlavní podíl Berounka.

7.6.2 Berounka mezi Plzní a Prahou

Z rozboru historických povodní vyplývá, že platnost postupových dob pro Berounku mezi Plzní a Berounem (resp. Karlštejnem – historická vodoměrná stanice) není zdaleka jednoznačná. Kulminace v některých případech z hlediska času nepostupovaly dolů po toku, ale docházelo k nim nepravidelně v jednotlivých profilech (v roce 2000 dokonce kulminoval nejdříve dolní tok a teprve později profily postupně proti toku). Podobně je tomu v některých případech i s velikostí průtokového maxima. Tato skutečnost nasvědčuje tomu, že velký vliv v tomto úseku mají přítoky a mezipovodí (Úslava, Střela, Litavka, Loděnice aj.). Tento vliv se pravděpodobně projevil i v srpnu 2002, kdy Berounka v Berouně kulminovala „pouze“ 8 hodin po kulminaci v Plzni – Bílé Hoře, a v roce 1890, kdy tento rozdíl byl jen 6 hodin. Přírůstek průtoku z mezipovodí v těchto případech činil $1\,300\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (2002), resp. $760\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (1890), což odpovídá hypotéze o jeho velkém vlivu. Naproti tomu v roce 1897 kulminovaly nejvýznamnější přítoky mezi Plzní a Berounem – Úslava a Střela (a pravděpodobně tedy i další toky) – dříve než vlastní Berounka v Plzni. Proto postupové doby v tomto případě asi lépe odpovídají stavu bez vlivu mezipovodí.

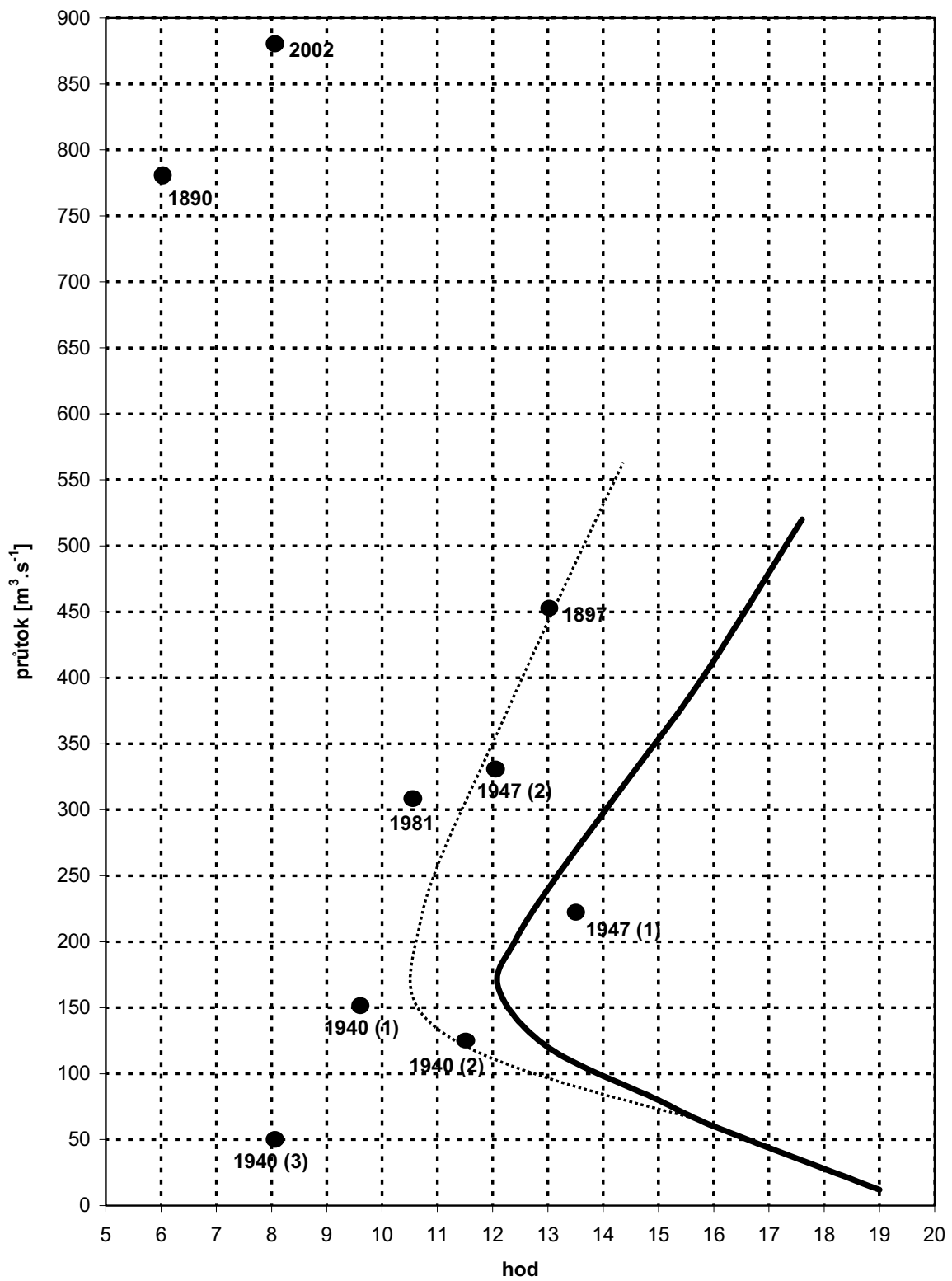
Trať mezi Berounem a Prahou vykazuje velmi dobrou závislost mezi velikostí průtoku a postupovou dobou u letních povodní. Zimní povodně postupují v tomto úseku výrazně pomaleji (vliv ledových jevů). Na obrázku 7.26 je bod pro povodeň 1890 mimo ideální křivku závislosti. V tomto případě není k dispozici časový údaj o kulminaci v Berouně, ale pouze ze stanic Liblín, Křivoklát a Karlův Týn (dnešní Karlštejn). Zároveň se jedná o jednu ze zmiňovaných povodní, kdy kulminace nepostupovala směrem po toku, ale byla pozorována nepravidelně v jednotlivých profilech. Odhad času kulminace pro Beroun byl stanoven o dvě hodiny dřívější než kulminace v Karlštejně, což ale nemusí odpovídat skutečnosti.

V povodňové zprávě k povodni 1890 je zmíněno, že Berounka je v příchodu do Prahy asi o 12 až 15 hodin rychlejší než vlastní Vltava (což odpovídá hydrogramům z daného roku). V roce 2002 byl tento posun částečně eliminován a voda z obou řek dorazila do Prahy téměř současně. Na této skutečnosti se podílelo několik faktorů. Hlavní roli hrálo pravděpodobně plošné a časové rozložení příčných srážek; nejdříve bylo zasaženo povodí Vltavy, poté se těžiště srážek přesunulo na západ na povodí Berounky a později opět na východ na povodí Vltavy. Distribuce srážek ovlivnila také skladbu průtoků Otavy a Vltavy, a tedy dobu kulminace na středním toku Vltavy. Určitou roli mělo také urychlení průchodu kulminačního průtoku v té době již zaplněnými nádržemi Vltavské kaskády s výjimkou Orlíku. Urychlení nádržemi v úseku Kamýk – Štěchovice bylo odhadnuto na 4 až 5 hodin.

7.6.3 Vltava a Labe mezi Prahou, Mělníkem a Děčínem

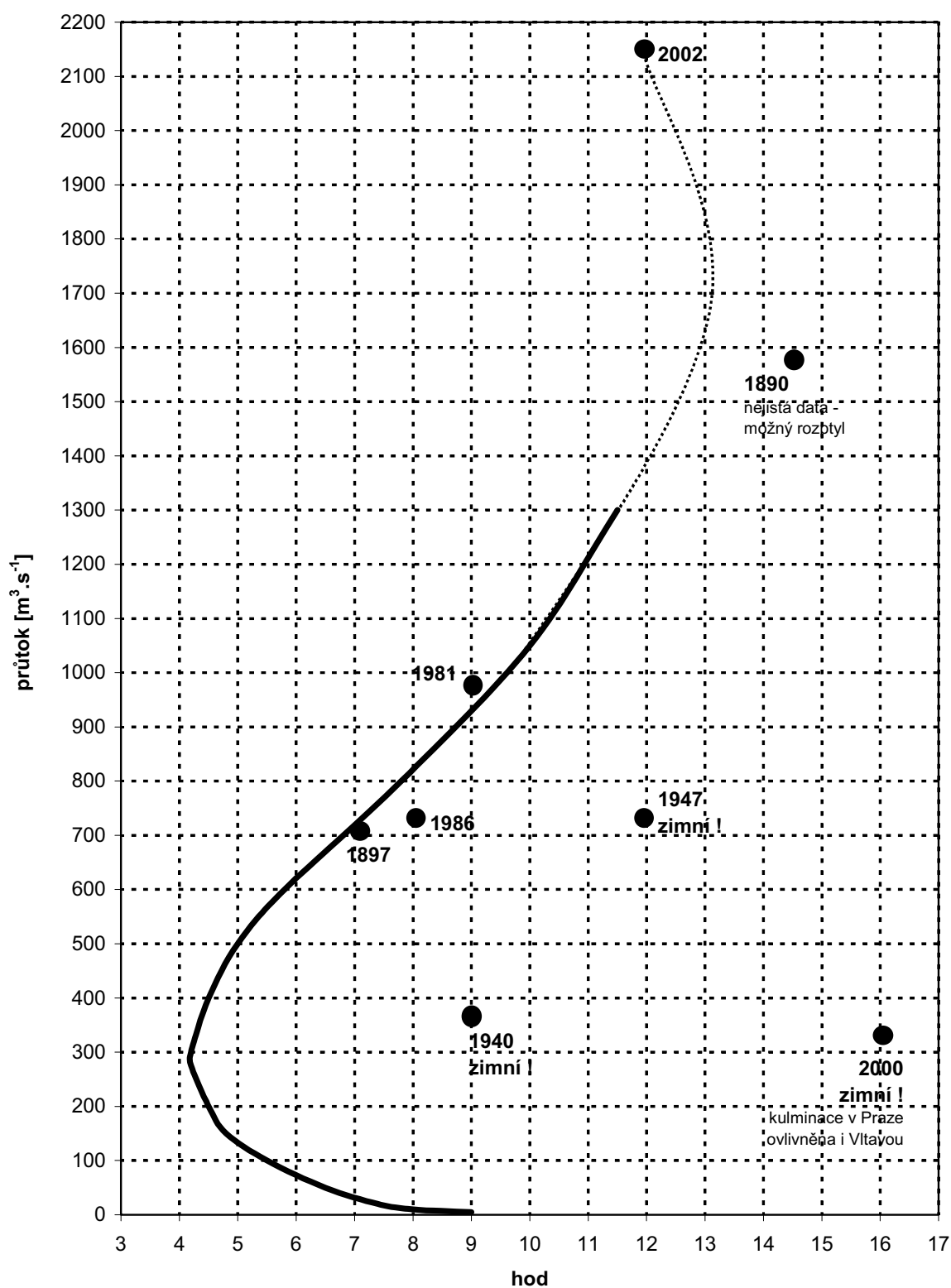
Určení postupových dob na dolním Labi v roce 2002 ani 1890 nebylo komplikováno přírůstkem z mezipovodí, navíc nebyly zároveň postiženy povodní podobné extremity další významné toky (horní Labe, Ohře). Kulminace zde je tedy v podstatě jednoznačně spojena s kulminací na Vltavě. Naopak problémem je výrazné zplošťování vrcholu povodňové vlny v souvislosti s rozlivy v ploché krajině mezi Vraňany, Mělníkem, Terezínem a Litoměřicemi. Vrchol kulminace tak bývá velmi plochý a komplikuje přesnou identifikaci času kulminace (maximální stav často přetrvává po několik hodin).

Pízeň-Beroun



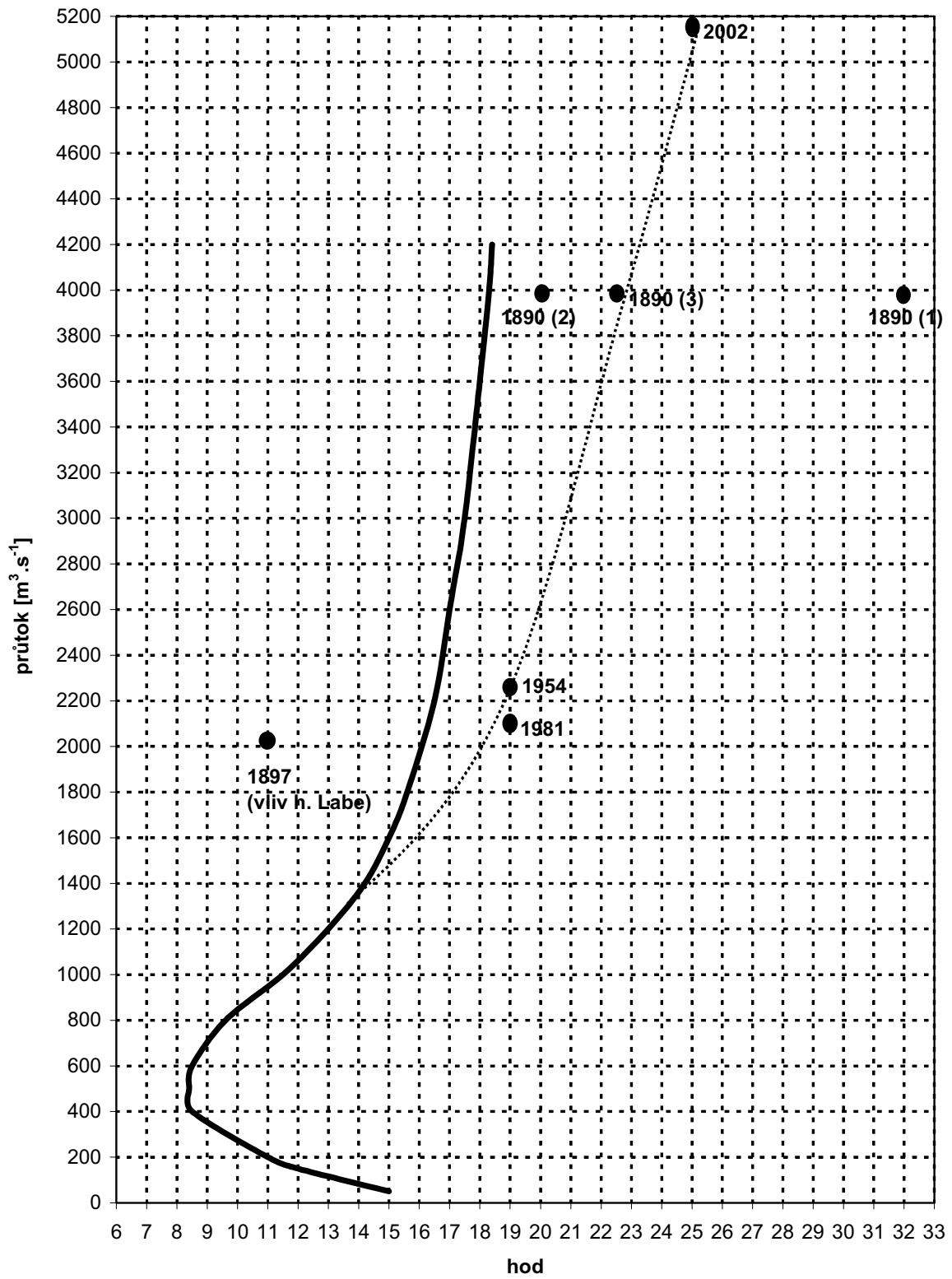
Obr. 7.25 Postupové doby mezi Plzní a Berounem – jednotlivými indexy u povodňových roků jsou označeny dílčí vlny povodně.

Beroun-Praha



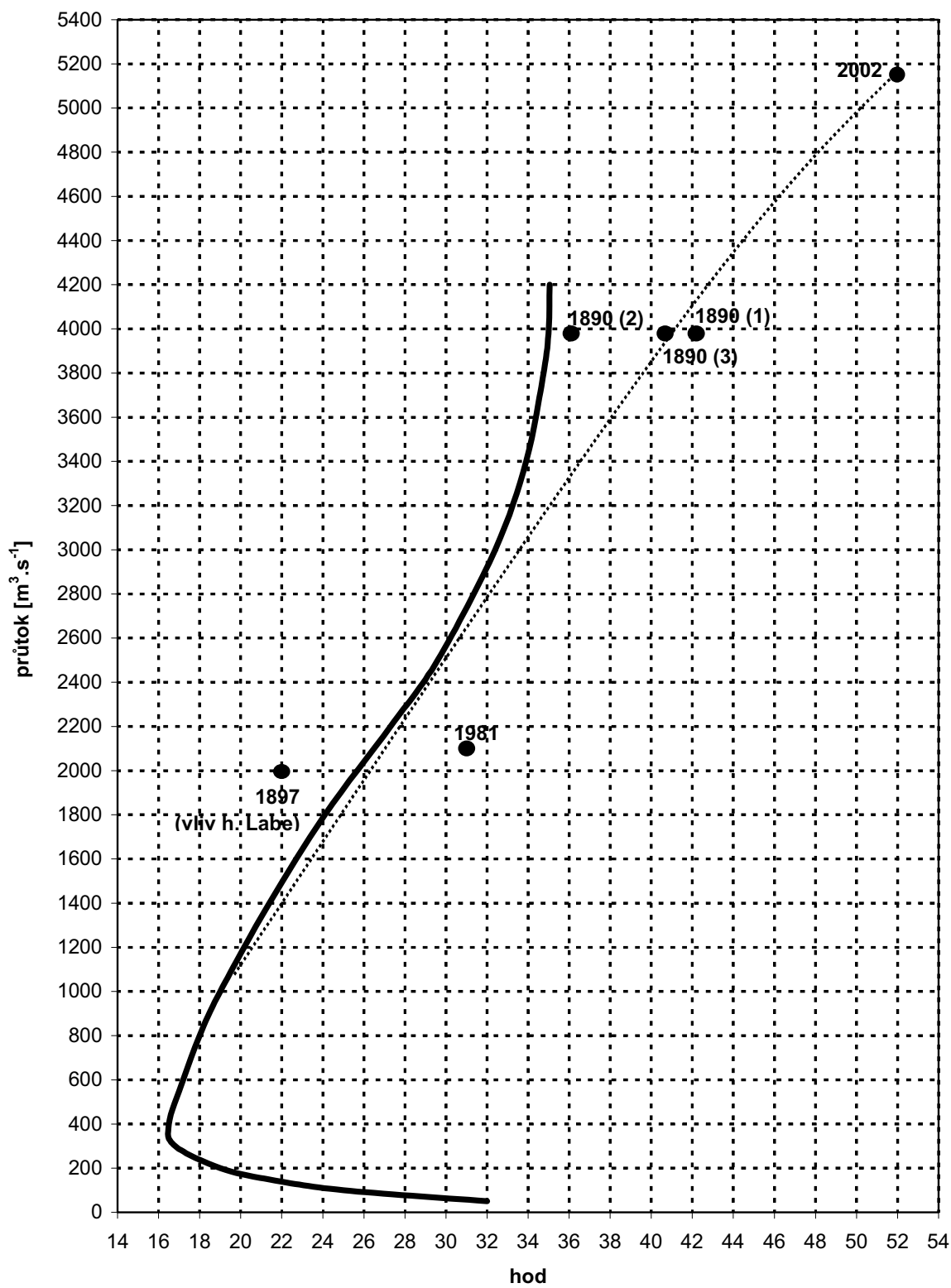
Obr. 7.26 Postupové doby mezi Berounem a Prahou – jednotlivými indexy u povodňových roků jsou označeny dílčí vlny povodně.

Praha - Mělník



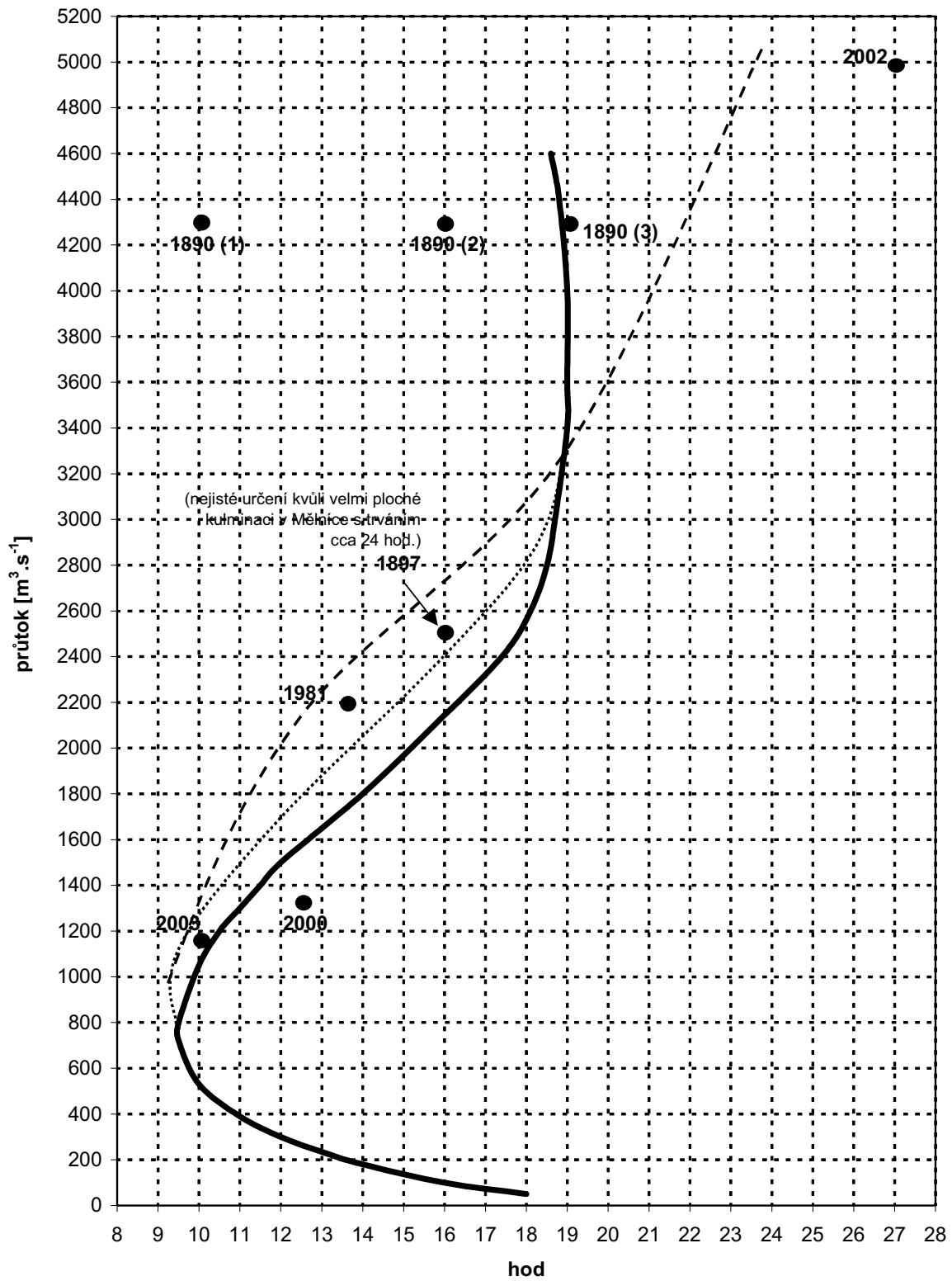
Obr. 7.27 Postupové doby mezi Prahou a Mělníkem.

Praha - Ústí nad Labem



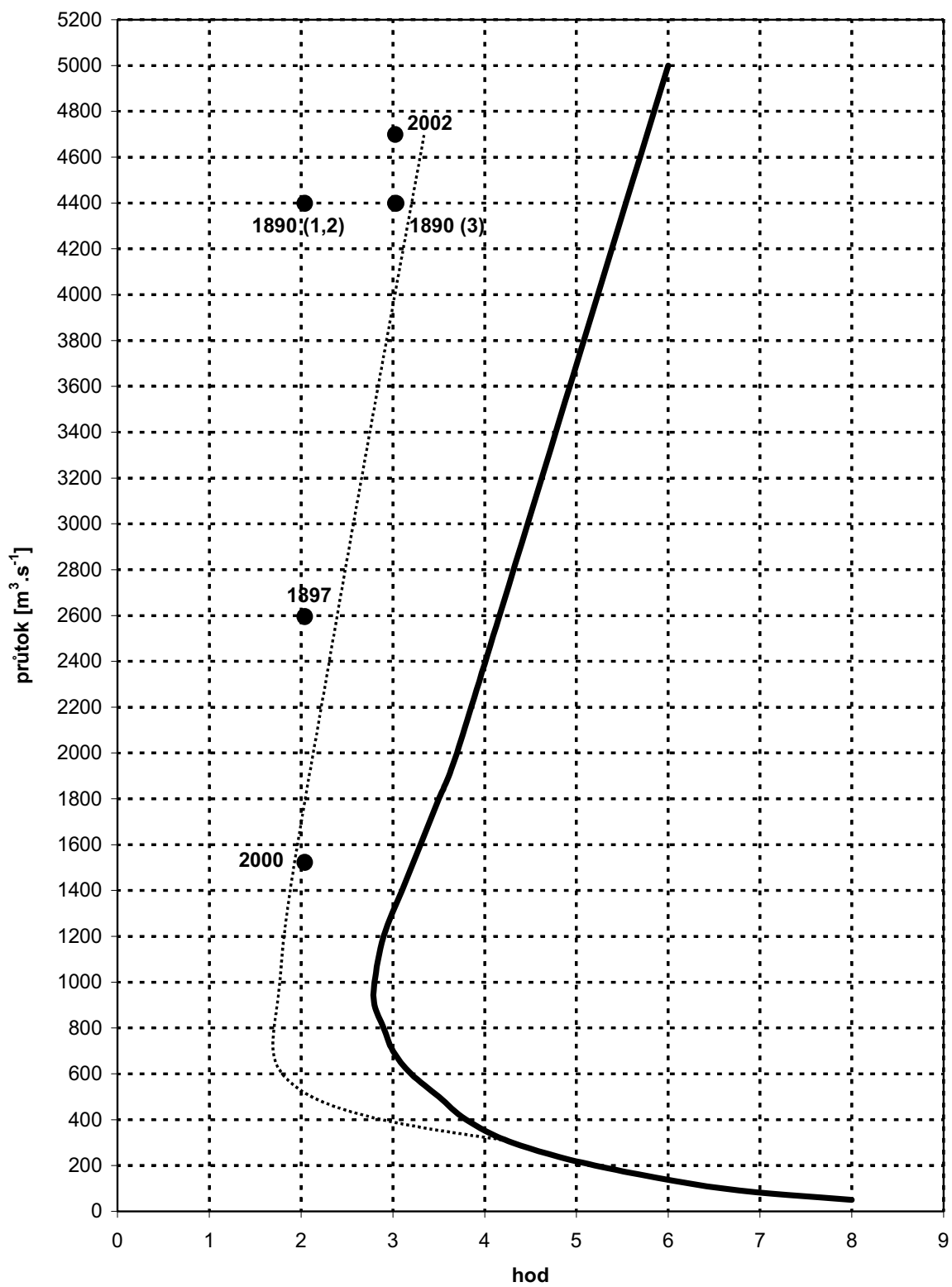
Obr. 7.28 Postupové doby mezi Prahou a Ústím nad Labem.

Mělník - Ústí nad Labem



Obr. 7.29 Postupové doby mezi Mělníkem a Ústím nad Labem.

Ústí nad Labem – Děčín



Obr. 7.30 Postupové doby mezi Ústím nad Labem a Děčínem.

V roce 2002 byla postupová doba mezi Prahou a Mělníkem (vliv horního Labe na kulminaci byl zanedbatelný) 25 hodin, zejména kvůli rozlivům v oblasti soutoku Vltavy a Labe. Prakticky stejná oblast byla zatopena i při povodni 1890. Časový rozdíl kulminací v Mělníku a v Ústí nad Labem v roce 2002 činil 27 hodin. Celkově tedy mezi Prahou a Ústím nad Labem byla postupová doba 52 hodin a mezi Prahou a Děčínem 55 hodin.

Tab. 7.6 Postupové doby mezi Prahou a Děčínem.

Z	Praha	Mělník	Ústí nad Labem	Praha	Maximální průtok v Ústí nad Labem
Do	Mělník	Ústí nad Labem	Děčín	Děčín	
1890 (1)	32 h	10 h	2 h	42 h	4 400 m ³ .s ⁻¹
1890 (2)	20 h	16 h	2 h	36 h	4 400 m ³ .s ⁻¹
1890 (3)	22–23 h	18–20 h	3 h	40–43 h	4 400 m ³ .s ⁻¹
2002	25 h	27 h	3 h	52 h	4 700 m ³ .s ⁻¹
DHI	–	11,5 h	2 h	–	–

Pozn. **1890 (1)** – údaje dle textu F. Augustina (1891); **1890 (2)** – údaje dle zprávy z roku 1897; **1890 (3)** – odhad dle všech dostupných zdrojů; **DHI** – postupové doby modelu záplavových území Labe pro modelovou povodeň 1890

V roce 1890, při menším průtoku, je udávána postupová doba mezi Prahou a Ústím nad Labem 41 hodin a mezi Prahou a Děčínem 43 hodin. Pravděpodobně nepřesné je určení času kulminace v Mělníku, kdy různé zdroje udávají posun oproti Praze 27 až 31 hodin. Vzhledem k tomu, že za pražský údaj je zde uvažován stav na vodočtu v Karlíně, znamenalo by to postupovou dobu vůči současnému limnigrafu v Praze-Chuchli ještě minimálně o 2 až 3 hodiny delší. Přitom není bráno v úvahu další možné prodloužení způsobené plněním Karlínské inundace, ani relativně horší průtočnost koryta v oblasti Tróji a údolí mezi Prahou a Kralupy nad Vltavou – nejspíše působící další prodloužení postupové doby při povodni v srpnu 2002. Navíc postupová doba v roce 1890 mezi Mělníkem a Ústím nad Labem by tak vzhledem ke značným rozlivům v tomto úseku byla příliš krátká, jen 10 hodin. Zdá se pravděpodobné, že doba kulminace v Mělníku byla buď špatně identifikována, nebo byla výrazně ovlivněna plněním a prázdněním inundace v oblasti soutoku Vltavy s Labem, případně přírůstkem přítoku z horního Labe (kulminace na úrovni 1letého průtoku). V samotné zprávě o povodni z roku 1890 je rozpor mezi hodnotami uvedenými v textu (tabulka kulminací) a vykreslenými grafy vln. Na těch jsou kulminace v Ústí nad Labem a Děčíně časově posunuté oproti hodnotám uvedeným v textu – u Ústí nad Labem asi o 4 hodiny, v Děčíně asi o 5 hodin. Postupová doba mezi Mělníkem a Ústím nad Labem by tak byla 14 hodin a mezi Ústím nad Labem a Děčínem další 3 hodiny.

V této souvislosti je zajímavá také skutečnost, že při matematickém modelování záplavových území na úseku Labe mezi Mělníkem a státní hranicí na modelové povodni z roku 1890, model zpracovaný pro podnik Povodí Labe firmou DHI Hydroinform udával postupovou dobu Mělník – Ústí nad Labem 11,5 hodiny a Mělník – Děčín 13,5 hodiny. Tyto hodnoty byly výstupem 1D modelu s pouze omezeným rozlišením. 2D modelem postupové doby nebyly simulovány.

Na základě provedeného vyhodnocení byla navržena úprava křivek postupových dob pro zkoumané úseky na Berounce, Vltavě a Labi. Na předešlých obrázcích je plnou čarou vyznačena původní empiricky odvozená křivka, přerušovaně pak její navrhovaná úprava či prodloužení. Na obrázcích 7.28 až 7.31 jsou u povodně z roku 1890 zobrazeny tři varianty uvedené v tabulce 7.5. Postupové doby do a z Prahy byly normovány na profil Praha-Chuchle při uvažovaných rozdílech: Modřany – Chuchle 1 hodina, Chuchle – Staroměstské Mlýny 2 až 3 hodiny, Chuchle – Karlín 3 až 5 hodin.