

Zadavatel: Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 65
100 00 Praha 10

Projekt: **VYHODNOCENÍ KATASTROFÁLNÍ POVODNĚ
V SRPNU 2002**

Nositel projektu: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

Adresa: Podbabská 30
160 62 Praha 6

Koordinátor projektu: Ing. Jan Bouček, náměstek ředitele

Doba řešení projektu: 09/2002-12/2003

3. etapa projektu
dílčí úkol:

**HYDROLOGICKÉ A HYDRAULICKÉ POSOUZENÍ POVODNĚ NA
TOCÍCH A ÚSECÍCH TOKŮ NESLEDOVANÝCH POZOROVACÍCH
SÍTÍ ČHMÚ**

Řešitel DÚ: Výzkumný ústav vodohospodářský

Adresa: Podbabská 30
160 62 Praha 6

Odpovědný řešitel: Ing. Ladislav Kašpárek. CSc.

Řešitelé: Ing. Martina Krátká, Ing. Miroslav Holeček, Jan Kašpárek
Ing. Václav Matoušek, DrSc., Ing. Pavel Balvín, Ing. Petr Bouška
Mgr. Tomáš Vránek, Petra Malíková, Mgr. Michal Müller
Ing. Petr Šercl (ČHMÚ)

Místo uložení zprávy: VÚV T.G.M.

1 Postup měření a vyhodnocení

Vyhodnocení povodně na vybraných tocích a úsecích toků, které nejsou sledovány pozorovací sítí vodoměrných stanic ČHMÚ, bylo provedeno pracovníky Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M. V roce 2003 bylo v návaznosti na průzkumy a práce provedené v roce 2002 dokončeno geodetické zaměření profilů, byly vypočítány kulminační průtoky a zhodnoceny jejich velikosti v porovnání se srážkami. V některých případech byly pro vyhodnocení využity výsledky účelových pozorování VÚV T.G.M i pozorování ČHMÚ.

Volba profilů a říčních úseků směřovala k těmto cílům:

- přispět k zvýšení spolehlivosti stanovení průtoků Otavy v Písku a Berounky v Berouně
- vyčíslit průtoky z malých, extrémně postižených povodí, kde vodoměrné stanice nebyly nebo byly zcela zničeny
- objasnit velikost přítoků z povodí mezi vodoměrnými stanicemi (zejména v povodí Berounky)
- poskytnout podklady pro zpřesnění návrhových veličin na malých povodích.

Pro vyhodnocení kulminačních průtoků byl proveden

- průzkum v povodí a vyznačení maximální hladiny
- geodetické zaměření příčných a podélných profilů v toku nebo objektů (mosty)
- hydraulické výpočty kulminačních průtoků
- porovnání výsledků z několika profilů na stejném toku
- konstrukce hydrogramu, pokud jsou k dispozici vodoměrná pozorování ze stanic mimo standardní síť ČHMÚ
- porovnání poměrů specifických kulminačních průtoků a srážek na povodí, případně s využitím výsledků radarových pozorování.

Pozornost byla věnována oblastem s extrémními naměřenými srážkovými úhrny a tokům z nich vytékajícím, zejména severovýchodní části Krušných hor (povodí Ohře a Bíliny), Novohradským horám (povodí Malše), povodí horní Vltavy, dále povodí Klabavy a Třemošné. Na toku Polečnice (levostranný přítok Vltavy v Českém Krumlově), kde proběhly v létě roku 2002 tři významné povodně krátce po sobě, byl proveden průzkum a vyhodnocení všech tří vln.

Kulminační průtok byl vypočten a vyhodnocen v 57 profilech. Přehled výsledků měření je uveden v Tabulce 1, příklad vyhodnocení pro jeden profil uvádíme v Příloze 1, dokumentace k většině zaměřených profilů je k dispozici na přiloženém CD ve formě souborů textového editoru Word. V Tabulce 1 je uvedeno číslo souboru, v kterém jsou výsledky pro daný profil na CD uloženy. Rozmístění profilů je v mapce na Obr.1.

2 Shrnutí výsledků vyhodnocení

Povodí Berounky

Průtoky, vyhodnocené na přítocích Berounky - Úslavě, Třemošné, Klabavě, Zbirožském potoce i na vlastní Berounce potvrdily významný nárůst průtoku v trati Berounky od ústí Úslavy až do Berouna. Zaměření maximálních hladin povodně 2002 v několika profilech na Berounce a jejich srovnání s hladinami katastrofální povodně z roku 1872 (hladina v Srbsku byla v roce 2002 jen o 55 cm níže) spolu s výpočty průtoku přispěly ke zvýšení spolehlivosti stanovení průtoků dolní Berounky.

Krušné hory

Vyhodnocování kulminačních průtoků na nepozorovaných tocích bylo zahájeno bezprostředně po srpnové povodni v povodí Dubské Bystřice a na malých tocích v Krušných horách. Na podstatné části hřebene Krušných hor přesáhly srážky úhrn 200 mm, ve stanici Cínovec byla dosažena hodnota jednodenního úhrnu dne 12.8. 313 mm, což je druhý největší zaznamenaný jednodenní úhrn v ČR za celou dobu, co se srážky pozorují. Srážka proběhla ve dvou dnech, takže celkový úhrn příčinné srážky je v oblasti Cínovce cca 400 mm. Srážkové pole bylo rozloženo na návětrné německé straně, směrem do Čech od hřebene hor se srážky prudce snižovaly, takže rozvodněny byly zejména horní toky levostranných přítoků Ohře a Bíliny.

Z průzkumu vyplynulo, že pouze na Dubské Bystřici proběhla povodeň s mimořádnými důsledky, v ostatních posuzovaných tocích nebyly patrné žádné úkazy, které by svědčily o výjimečnosti odtokové situace. Celkem bylo na Dubské Bystřici za a jejích přítocích zaměřeno a vyhodnoceno 7 profilů, kulminační průtoky byly vyhodnoceny pro potoky Bouřlivec, Zálužanský, Rybný, Telnický, Slatina, Petrovický, Hutná.

Průtoky, vyhodnocené na Dubské Bystřici (například při vtoku do obce Dubí z povodí 11,5 km² průtok 30 m³.s⁻¹), mírně přesahují úroveň průtoků se stoletou dobou opakování. Ničivý účinek povodně na upravený tok bystřiny spočíval zejména v tom, že povodeň měla dlouhé trvání, dané dlouhou dobou deště a zcela extrémní odtokovou výškou přibližně 300 mm, což je 2,5 násobek výšky, udávané v této oblasti jako hodnoty se stoletou dobou opakování. Každé narušení upraveného řečiště se vlivem dlouhého trvání velkých průtoků mohlo významně rozvinout, také pohyb splavenin (i extrémně velkých kamenů) byl v celkovém množství extrémní. Obec Dubí byla z podstatné části uchráněna ničivého účinku hrubých splavenin tím, že značná část jich byla zachycena ve třech přehrázkách, které jsou na toku mezi Cínovcem a Dubím. Všechny tři byly zcela zaplněny hrubými sedimenty. Nejhorší následky nastaly v dolní části Dubí, kde vlivem ucpaní mostků podstatná část vody byla usměrněna mimo řečiště a po průtoku obcí se vrátila do vlastního koryta až po několika kilometrech.

Na ostatních uvedených tocích v Krušných horách proběhly povodně střední velikosti, při značném úhrnu srážek to lze vysvětlit tím, že povodí nebyla nasycena předcházejícími srážkami, naopak byla v režimu minimálních průtoků.

Na Obr. 2 až 4 jsou hydrogramy průtoku z období povodně z několika malých vodních toků z Krušných hor.

Na průzkumech a výpočtech průtoků v povodí Dubské Bystřice se podílel Ing. Aleš Havlík, CSc. Zpráva „Vyhodnocení kulminačních průtoků na Dubské Bystřici v průběhu povodňové situace v srpnu 2002“ je na přiloženém CD.

Novohradské hory

Srážkoměrné stanice v Novohradských horách naměřily za období 6. – 15. 8. 2002 jedny z nejvyšších hodnot v České republice (Pohorská Ves - 451 mm). V průměru dosahoval v povodí Malše, která Novohradské hory odvodňuje, srážkový úhrn za příčinné období zhruba 375 mm. Průtoky byly vyhodnoceny v 8 profilech na Malši a několika jejích pravostranných přítocích. Specifický odtok např. z povodí Pohořského potoka dosáhl hodnoty přibližně 1,3 m³.s⁻¹.km⁻².

Povodí Otavy

Otava byla vyhodnocována ve dvou profilech, Písek - Zátaví a Katovická hora. Oba profily byly vyhodnocovány ustáleným nerovnoměrným prouděním metodou po úsecích, výsledky byly příspěvkem k výslednému stanovení průtoků dolní Otavy.

Povodí Polečnice

Na Polečnici, která má plochu povodí 198,09 km² a na jejím největší přítoku Chvalšínském potoce, který má plochu povodí 97,6 km², se vyskytly v průběhu 26 dnů tři extrémní povodně. První se vyskytla 7. srpna, druhá 12. srpna a třetí 1. září.

Povodeň 7. srpna 2002

První povodňová situace v roce 2002 se na Českokrumlovsku vyskytla 7. srpna. Způsobily ji dlouhotrvající vydatné deště. Déšť, který zasáhl celé povodí, začal 6. srpna 2002 asi kolem 18:00 h. Podle dokumentu OkÚ Č. Krumlov „Zpráva o povodni v okrese Český Krumlov srpen – září 2002“ byl na Polečnici ve 13:00 h, kdy v limnigrafické stanici byl stav 190 cm (po naší opravě, zpráva udává 90 cm) a průtok činil asi 48 m³s⁻¹. Lze odvodit, že v době kulminace činil průtok kolem 130 m³s⁻¹.

O Chvalšínském potoce víme, že ve Chvalšínách dosáhla hladina úrovně břehových hran, což odpovídá průtoku kolem 25 m³/s a dále, že se přelil obtokový kanál ekologické nádrže na potoce Borová ve Chvalšínách. Kanál má kapacitu 10 m³s⁻¹, jak jsme zjistili při vyhodnocování povodně z 19. srpna 2001, a průtok musel překračovat tuto hodnotu. Odhadujeme, že pod soutokem s Hejdlvským potokem protékalo Borovou 20 - 25 m³s⁻¹. To je zároveň hodnota odpovídající přítoku z potoka Borová do Chvalšínského potoka. Čili pod soutokem s Borovou protékalo Chvalšínským potokem 45 - 50 m³s⁻¹. Přitoky dalších potoků dosáhl kulminační průtok v profilu ústí odhadem asi 60 – 70 m³s⁻¹.

Povodeň 12. srpna. 2002

Ze změřených hodnot profilů toku a mostů jsme vypočetli kulminační průtoky v několika profilech Polečnice a jejích přítoků. Tak jsme zjistili, že v obci Kájov činil kulminační průtok Polečnice 12. srpna kolem 110 m³s⁻¹. Pod obcí Kájov se vlévá do Polečnice Chvalšínský potok. Tím podle našich měření přitékalo 90 m³s⁻¹ a pod soutokem Polečnicí protékalo v době kulminace kolem 200 m³s⁻¹.

Polečnice nad ústím Chvalšínského potoka má plochu povodí 84,75 km² a specifický maximální odtok činil 1,30 m³s⁻¹km⁻². Chvalšínský potok má plochu povodí 97,62 km² a specifický maximální odtok činil 0,93 m³s⁻¹km⁻². Rozdílnost hodnot je dána především rozdílnou velikostí srážek. V povodí Polečnice byly srážky vydatnější. Ve stanici Slavkov, která je na rozvodnici povodí Polečnice a Strážného potoka, se udává úhrn srážek 11. srpna 157,4 mm, což je úhrn o více než 100 mm větší než např. ve stanici Č. Krumlov. I v porovnání s ostatními stanicemi je úhrn ve stanici Slavkov výrazně vyšší než v ostatních. Pro Chvalšínský potok je rozhodující stanice Červený Dvůr, která je od obce Chvalšiny vzdálena 2 km. V té činil úhrn srážek 11. srpna 74,1 mm.

Polečnice pod ústím Chvalšínského potoka má plochu povodí 182,37 km² a po ústí se její plocha povodí zvětšuje o 15,7 km². Z tohoto dílčího povodí, v kterém je hlavním tokem Hučnice přitékalo v době kulminace povodně asi 13 m³s⁻¹. Můžeme tak tvrdit, že v době mezi 7. a 8. h 12. srpna 2002, kdy Polečnice v Č. Krumlově kulminovala, činil průtok 210 – 220 m³s⁻¹. To je ve vztahu k dnes uváděné stoleté vodě 110 m³s⁻¹ průtok dvojnásobný a přesahuje tisíciletou vodu.

Povodeň 1. září 2002

Povodeň 1. září vznikla ze srážek v trvání 5 – 6 h. V době od 4:00 h do 5:00 h měla srážka největší intenzitu a byla doprovázena bouřkou. Ve stanici České Budějovice napršelo podle ombrografického záznamu od 3:00 h do 4:00 h 31 mm.

Podle videozáznamu průběhu povodně, pořízeného Obecním úřadem Kájov, kulminovaly potoky pod Kájovem kolem 10:00 h. Zpráva o povodni Městského úřadu Č. Krumlov uvádí stavy vody v profilu poškozené limnigrafické stanice za povodně 7. srpna. Podle tohoto údaje dosáhla Polečnice maximální hladiny ve 12:05 a to 240 cm. Tento stav trval ještě ve 12:15 h. Ve 13:30 byl stav 220 cm.

Z dostupných údajů o srážkách lze odvodit, že Chvalšínským potokem při jeho kulminaci přitékalo $80 - 85 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a Polečnice v profilu limnigrafické stanice dosáhla průtoku $115 - 135 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Souhrn

Kulminační průtoky tří extrémních povodní odvozené ze změřených hodnot přináší přehled v Tabulce 2.

Tabulka 2. Kulminační průtoky – Polečnice a Chvalšínský potok

Datum	Průtok v $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$		
	Polečnice n. Chval. p.	Chvalšínský p. ústí	Polečnice ústí
7. srpna 2002	55 – 65	60 – 70	120 - 140
12. srpna 2002	110 – 120	90	210 - 220
1. září 2002	40 – 50	80 – 85	115 - 135

Z pohledu dosavadního údaje o velikosti stoleté vody v ústí Polečnice $110 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, to jsou čísla, která ukazují, že bude vhodné se zamyslet nad stávajícím přístupem k návrhovým průtokům na menších povodích.

Povodí Křemžského potoka

V povodí Křemžského potoka, které má plochu 127 km^2 , se stejně jako na Polečnici vyskytly v průběhu 26 dnů tři extrémní povodně (7.8., 12.8. a 1.9.). Kulminační průtoky byly vypočteny ve 3 profilech. Hodnoty kulminačních průtoků za jednotlivých povodňových situací udává tabulka 3. V horní a střední části potoka se největší průtoky vyskytly 12. srpna. Ve všech třech profilech byla v ten den překročena dnes uváděná hodnota stoleté vody (Brloh $Q_{100} = 45 \text{ m}^3/\text{s}$, Křemže $68 \text{ m}^3/\text{s}$, Holubov $81 \text{ m}^3/\text{s}$). V dolní části potoka (pod Křemží) se největší průtok vyskytl 1. září, kdy v profilu Holubov – most činil kulminační průtok $120 \text{ m}^3/\text{s}$. Ve zbývajících profilech, především pak v profilu Brloh, byly průtoky výrazně menší. Tato situace byla způsobena přívalovou srážkou, která měla jádro v prostoru vymezeném horou Klet' a obcemi Křemže a Holubov. Ve stanici Křemže byla zaznamenán úhrn srážek $96,6 \text{ mm}$.

Tabulka 3. Kulminační průtoky na Křemžském potoce

Datum	Průtok v m^3/s		
	Brloh	Křemže	Holubov
7. srpna 2002	39	45	45
12. srpna 2002	58	90	95
1. září 2002	17	70	120

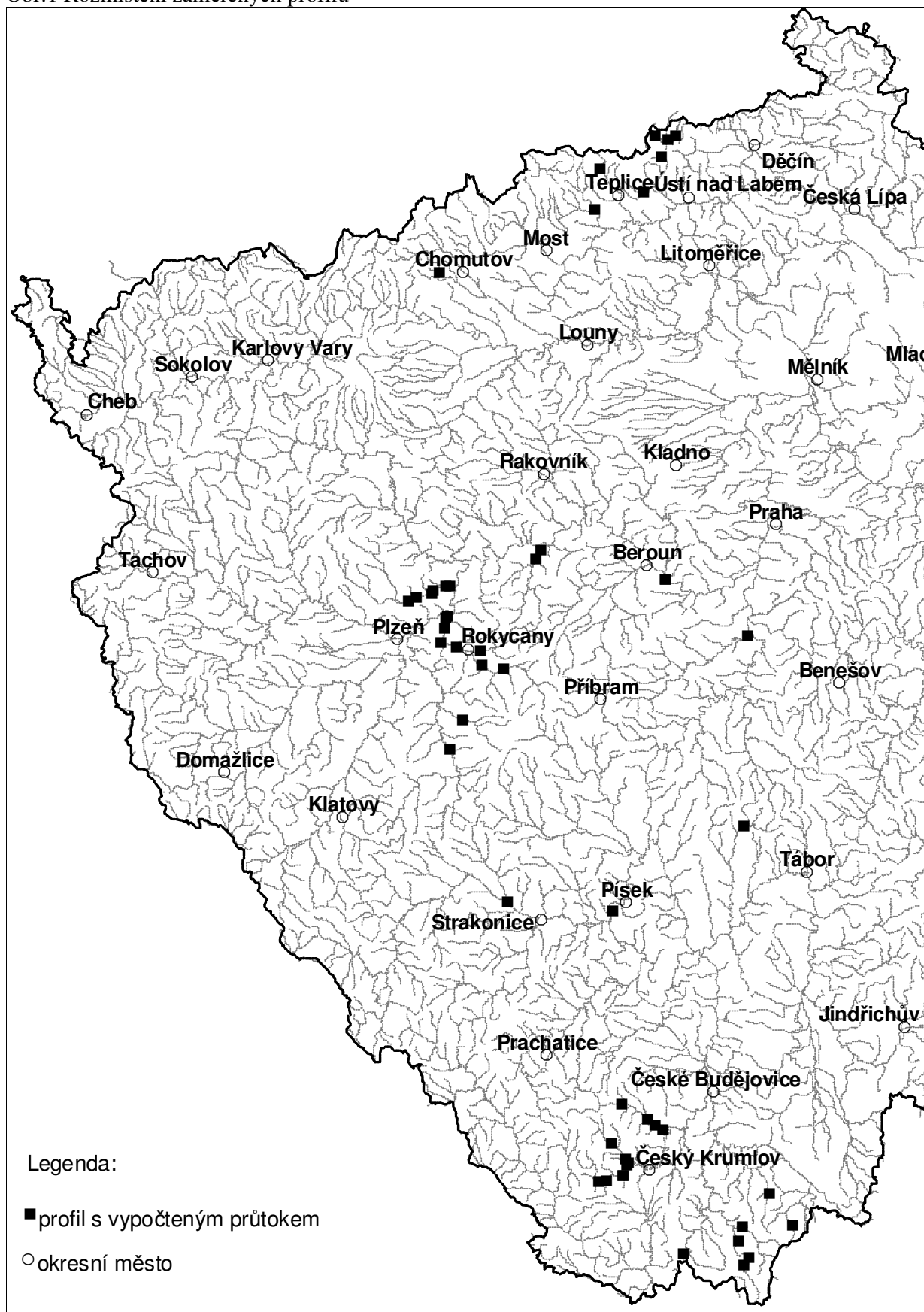
3 Závěr

Povodeň v srpnu 2002 byla způsobena regionálním deštěm o trvání až 3 dny, postihla zejména větší toky. I na malých povodích, v kterých vypadly srážky mimořádné velikosti, proběhly extrémní povodně. Velikost specifického kulminačního průtoku vztažená k ploše povodí nikde nepřekročila dosud známá maxima, viz obr. 5. Několikanásobný výskyt extrémní povodně na povodí Polečnice a Křemžského potoka během 1 měsíce a také objem odtoku povodně na Dubské Bystřici patří mezi jevy, jejichž výskyt nikdo nepředpokládal. Získané poznatky tak posunuly hranice jevů, se kterými je třeba počítat při stanovení návrhových hydrologických veličin.

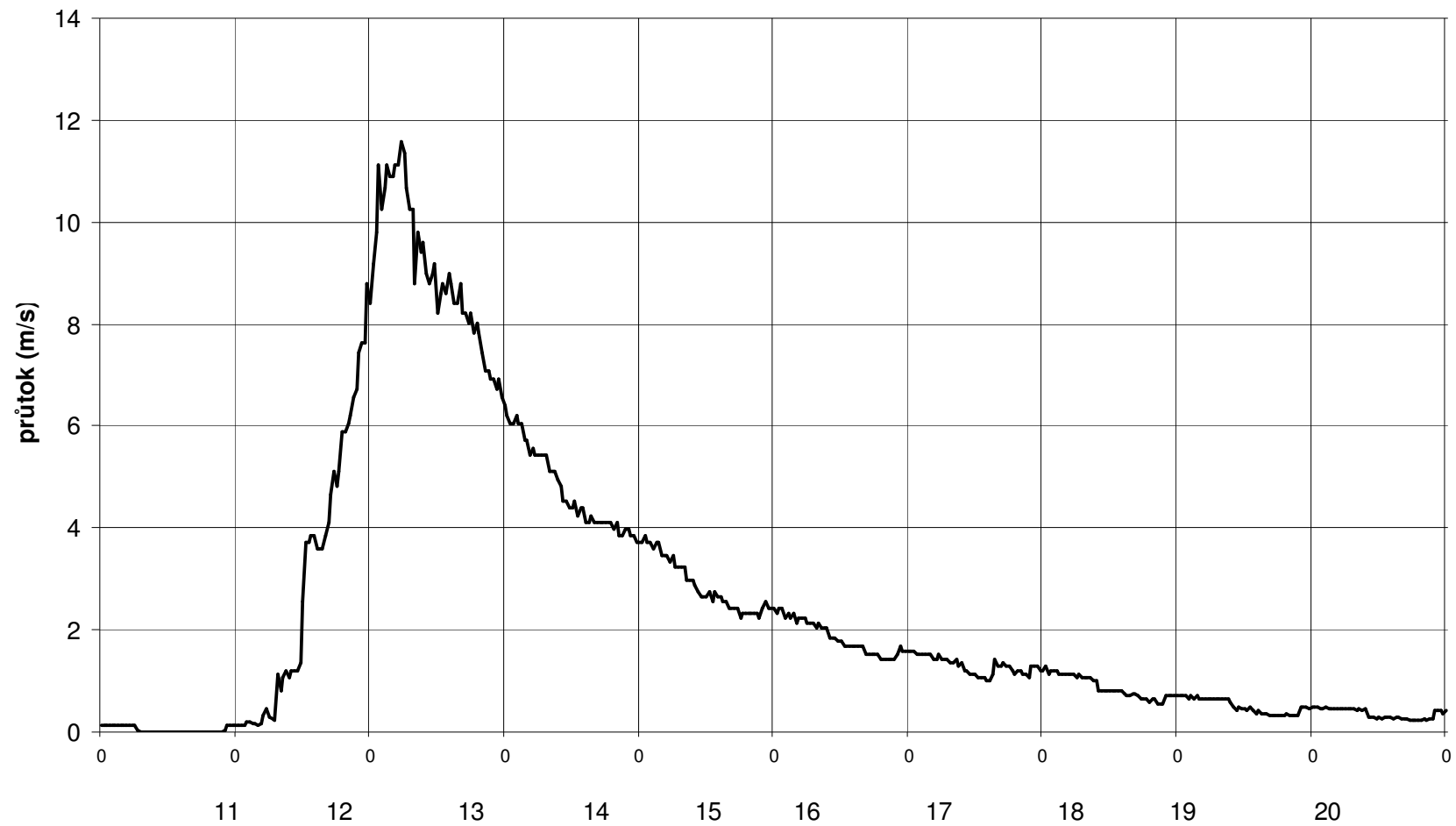
Tabulka 1. Přehled vyhodnocení průtoků srpnové povodně 2002 v nepozorovaných profilech

Číslo profilu	Tok	Profil	Uhrn srážek 6.-15.8. [mm]	Kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]	Plocha povodí [km ²]	Specifický odtok [m ³ .s ⁻¹ .km ⁻²]
Povodí Berounky						
0	Berounka	Srbsko - lávka	166	2300	8577	0,3
0	Berounka	Srbsko - býv. lom	166	2300	8578	0,3
1	Klabava	Dobřív	248	175	118	1,5
2	Klabava	Hrádek - Kocanda	246	140	169	0,8
3	Klabava	nádrž Klabava	230	238	331	0,7
4	Klabava	Nová Huť, stanice ČHMÚ	227	295	359	0,8
5	Klabava	pod Chrástem, most	227	300	366	0,8
6	Klabava	Chrást, u továrny Elis	227	323	367	0,9
7	Holoubkovský p.	Borek, most pod Boreckým rybníkem	214	77	79	1,0
8	Ejpvický p.	ústí do Klabavy	210	11	7,4	1,5
27	Třemošná	Třemošná, kamenný most	158	59	191	0,3
28	Třemošná	Břízský mlýn	160	56	207	0,3
29	Třemošná	Hromnice - Žichlice, most	160	62	216	0,3
30	Třemošná	Třemošnice, nad truhlářstvím	160	54	227	0,2
31	Třemošná	pod Chotinnou	161	60	241	0,2
32	Třemošná	Kacéřov, most	161	63	244	0,3
33	Úslava	Ždírec, most	217	220	374	0,6
34	Bradava	Spálené Poříčí, most	242	107	80	1,3
48	Zbirožský p.	Podmokelský mlýn	163	60	149	0,4
49	Zbirožský p.	Mlýn Slapnice	163	80	155	0,5
Povodí Ohře, Bíliny a Gottleuby						
10	Bouřilivec	pod Lahoští	227	11,6	33,9	0,3
11	Hutná	nad Málkovem	202	2,8	10,1	0,3
12	Petrovický potok	Petrovice	228	4	2,9	1,4
13	přeložka Zalužanského p.	pod nádrží Kateřina	88	3,7	56,8	0,1
14	Slatina	Krásný Les, nad Mordovou roklí	273	4,5	3,2	1,4
15	Bystřice	mostek u zatáčky pod Cínovcem	347	5,7	1,35	4,2
15	Bystřice	neupravené koryto pod mostkem	347	11,5	4,08	2,8
15	Liščí potok	stupeň nad ústím do Bystřice	347	5,5	1,97	2,8
15	Bystřice	stupeň pod ústím Liščího p. do Bystřice	347	17,5	6,53	2,7
15	Bystřice	přírodní koryto nad přehrázkou	347	22	6,58	3,3
15	Bystřice	přehrážka	347	25	7,09	3,5
15	Bystřice	dlážděné koryto pod přehrázkou	347	33	8,59	3,8
16	Telnický potok	přehrážka nad Telnicí	237	3,9	6,6	0,6
17	Rybný potok	stupeň pod Krásným lesem	285	20	10,4	1,9
Povodí Malše						
18	Černá	pod Benešovem	405	77	64	1,2
19	Pohořský p.	pod Leopoldovem	404	52	21	2,5
20	Pohořský p.	Pohorská Ves, most	404	98	32	3,1
21	Pohořský p.	Meziříčí, nad pilou	404	66	48	1,4
22	Svinenský p.	Žumberk, BP rybníka	347	27	27	1,0
23	Stropnice	Dolní Stropnice, propustek nad obcí	386	12	14	0,9
24	Malše	Dolní Dvořiště	335	245	116	2,1
Povodí Otavy						
35	Otava	Katovická hora	247	340	1133	0,3
36	Otava	Písek - Zátaví	252	1450	2903	0,5
Povodí Polečnice						
37	Polečnice	Hořice	302	28	29,3	1,0
38	Čertice	soutok s Polečnicí	324	31	8,4	3,7
39	Kaliště	soutok s Polečnicí	343	20	5,3	3,8
40	Polečnice	Novosedly	315	100	72,5	1,4
41	Polečnice	Kájov	315	110	82,7	1,3
42	Chvalšinský p.	Obec Chvalšiny	288	35	47,9	0,7
43	Chvalšinský p.	Křenovský Dvůr	269	87	95	0,9
44	Chvalšinský p.	soutok s Polečnicí	269	90	97,6	0,9
Povodí Vltavy						
0	Křemžský potok	Brloh, hlásný profil	285	58	41,1	1,4
0	Křemžský potok	Kremže, most	285	90	84,7	1,1
47	Křemžský potok	Holubov, most	285	120	107	1,1
25	Křemžský potok	Třísovský Hamr	285	160	126	1,3
26	Smutná	Modlíkov, most	263	65	53	1,2
9	Kocába	Kansas, nad Štěchovicemi	149	80	307	0,3

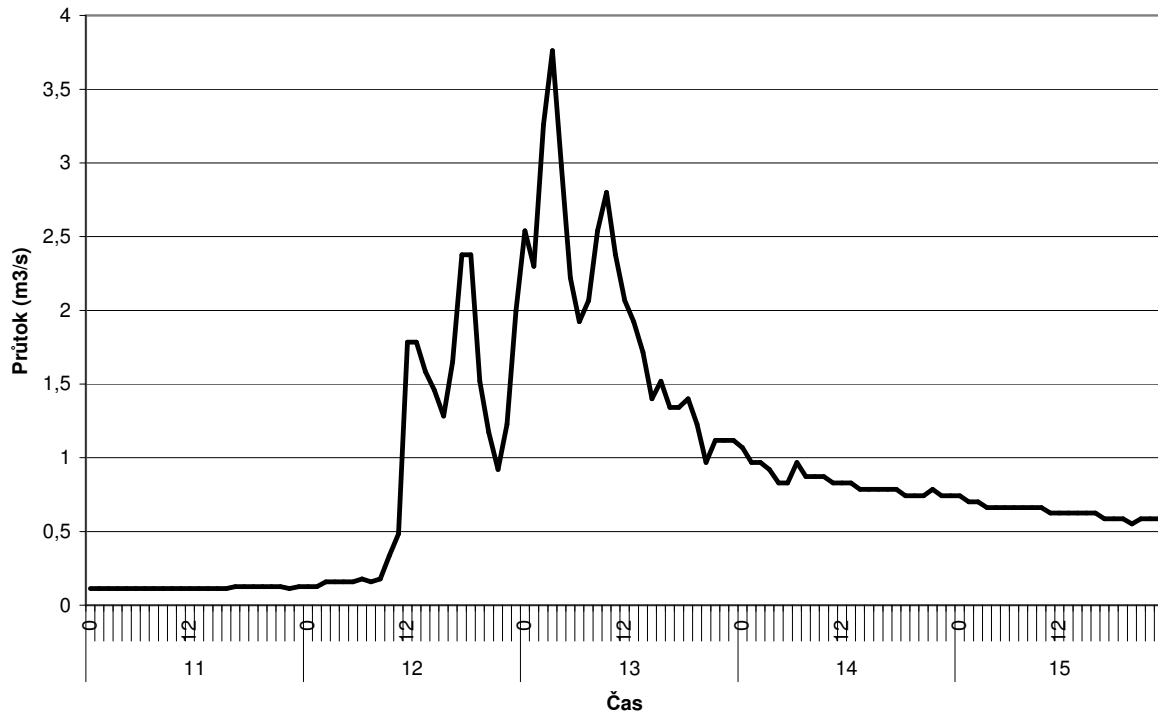
Obr.1 Rozmístění zaměřených profilů



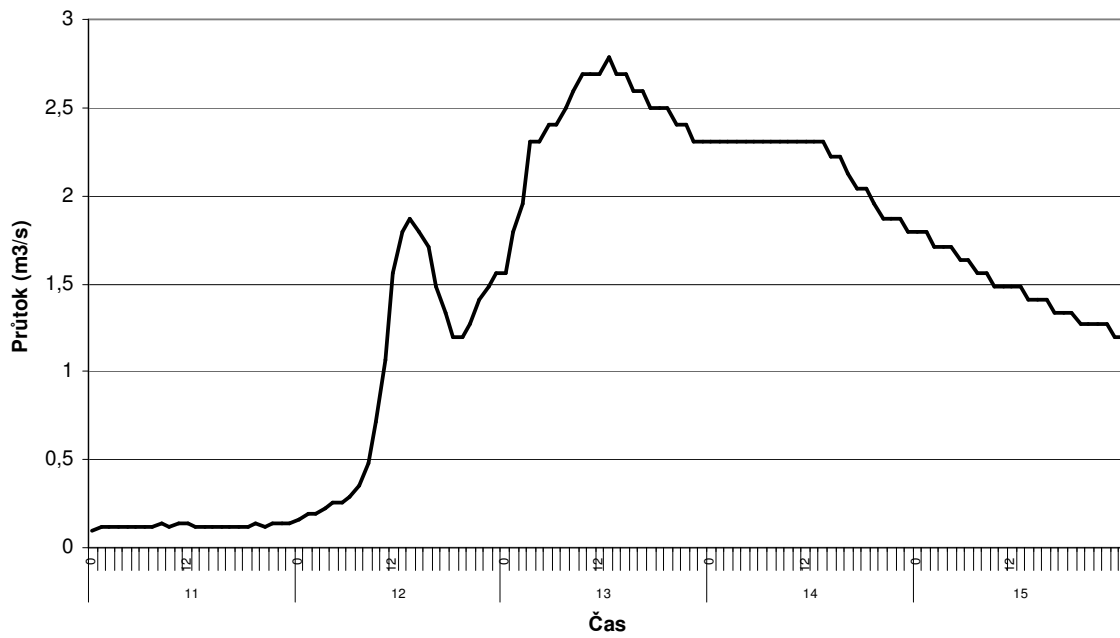
Obr. 2 Hydrogram průtoku - Bouřlivec, profil Lahošť, srpen 2002

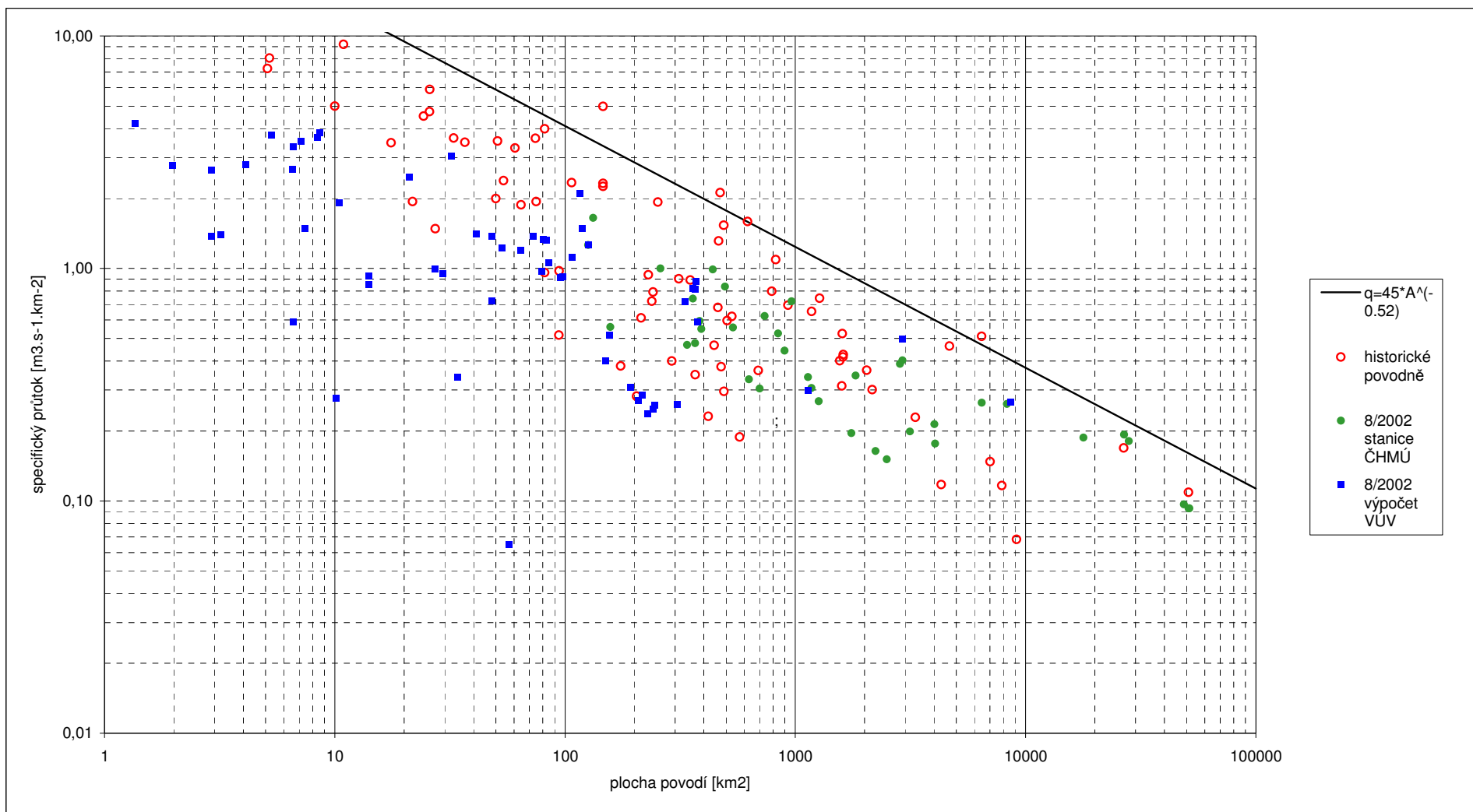


Obrn.3 Hydrogram průtoku - Jílovský potok nad Libouchcem, srpen 2002



Obr.4 Hydrogram průtoku - Hutná nad štěrkovou přepážkou Málkov, srpen 2002





Obr. 5 Specifické kulminační průtoky k plochám povodí