

Hydrologická studie

Stanovení průběhu teoretické povodňové vlny $TPV_{10\,000}$
v profilu poldru Kutřín – Krounka



Datum: únor 2015

Pracoviště: úsek hydrologie – oddělení povrchových vod

Zpracovali: Mgr. Martin Pecha
Ing. Radovan Tyl, Ph.D.

Místo: Praha-Komořany



Titulní list

Název: **Stanovení průběhu teoretické povodňové vlny $TPV_{10\,000}$ v profilu
poldru Kutřín – Krounka**

Objednatel: Povodí Labe, státní podnik
Víta Nejedlého 951
500 03 Hradec Králové

Zpracovatel: Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 17
143 06 Praha 4 - Komořany

Řešitelé: Mgr. Martin Pecha
Ing. Radovan Tyl, Ph.D.

Datum zpracování: únor 2015

Obsah

ÚVOD	4
1. ZÁKLADNÍ INFORMACE	4
2. VÝZNAMNÉ POVODNĚ	8
2.1. Povodeň z déle trvajících srážek regionálního charakteru	9
2.2. Přívalová povodeň z velmi intenzivních srážek kratší doby trvání	9
2.3. Zimní povodeň způsobená kombinací dešťových srážek, oteplení a tání sněhu	11
3. STANOVENÍ TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY	11
3.1. Metodický postup	11
3.2. Použité podklady	12
3.3. Popis modelu a odvození teoretické povodňové vlny	12
4. ZÁVĚR	14
LITERATURA	15
PŘÍLOHA 1 – FOTODOKUMENTACE	17
PŘÍLOHA 2 – TEORETICKÁ POVODŇOVÁ VLNA	20

Úvod

Tato studie byla zpracována na základě objednávky Povodí Labe, státní podnik ze dne 23. 12. 2014. Cílem studie bylo stanovit v profilu plánovaného poldru Kutřín, na vodním toku Krounka, teoretickou povodňovou vlnu s dobou opakování $N = 10000$ let ($TPV_{10\,000}$), která by měla sloužit k posouzení bezpečnosti vodního díla za povodně podle normy ČSN 75 29 35.

Teoretická povodňová vlna byla odvozena deterministickým přístupem podle metodiky řešené v grantovém projektu [1] „Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní“ a popsané v metodické příručce [2].

1. Základní informace

Krounka pramení severně až severozápadně od obce Svatouch na svazích vrchů U Oběšeného a Otava v nadmořské výšce 710 až 720 metrů. Nejprve teče severovýchodním směrem, podtéká silnici číslo 354 a vtéká do rozsáhlého lesního porostu, kterým pokračuje po následující cca 3 km. Zde se postupně stáčí k severozápadu až severu a po opuštění lesního porostu protéká v délce více než 3,5 km obcí Krouna. Koryto toku je v obci významně regulováno a je většinou poměrně kapacitní (**Obr. 1**). Za obcí Krouna podtéká železniční trať a teče severovýchodním směrem až k obci Otradov, k soutoku s prvním významným pravostranným přítokem Kamenitou vodou (**Obr. 1**).



Obr. 1: Krounka v obci Krouna (vlevo) a soutok Krounky a Kamenité vody v Otradově (vpravo), foto autoři, leden 2015

Kamenitá voda nad soutokem s Krounkou ještě přijímá vodu z Čachnovského potoka. Oba tyto toky pramení východně od pramene Krounky v nadmořských výškách okolo 700 metrů. Pod soutokem s Čachnovským potokem se, nedaleko nad ústím do Krounky, nachází Panský rybník, více viz [3]. Krounka se v Otradově na krátkém úseku stáčí na sever a v těchto místech se u silničního mostu nachází vodoměrná stanice Povodí Labe (**Obr. 2**).



Obr. 2: Vodoměrná stanice Povodí Labe v Otradově, foto autoři, leden 2015

Dále se již Krounka opět stáčí k severovýchodu až východu a pod obcí Otradov teče malebným, sevřeným údolím. Říčka zde má charakter bystřiny, koryto je kamenité a tok se opět stáčí k severu. V okolí nad řekou se nachází obce Miřetín (na levém břehu) a Česká Rybná (na pravém břehu). Českou Rybnou protéká Pehlinský potok, který se následně vlévá z pravé strany do Krounky. Ze sevřeného údolí se Krounka dostává pouze na krátkém úseku v okolí obce Kutřín, podteče zde silnici číslo 358 a později se z pravé strany vlévá Martinický potok.



Obr. 3: Soutok Krounky a Martinického potoka, foto autoři, leden 2015

V místě soutoku s Martinickým potokem Krounka prudce změní svůj směr k západu (**Obr. 3**), a vstupuje opět do sevřeného údolí. V těchto místech (**Obr. 4**) se nachází profil plánovaného poldru Kutřín [4]. Celková plocha povodí k plánovanému poldru činí $A = 63,25 \text{ km}^2$ *. Číslo hydrologického pořadí (ČHP) povodí je **1-03-03-0570**, hydrologicky spadá oblast do povodí Labe. Situace je dobře patrná z **Obr. 5**.

* Číslo hydrologického pořadí a plocha povodí jsou určeny z nového datového modelu rozvodnic v měřítku 1:10 000. Více informací je možné najít na webových stránkách ČHMÚ.



Dále Krounka meandruje v sevřeném údolí až do Předhradí, kde byla dříve provozována vodoměrná stanice ČHMÚ (**Obr. 4**). V Předhradí, pod dominantou hradu Rychmburk, se tok opět stáčí k severu a nedaleko za obcí Doly se vlévá z levé strany do Novohradky.



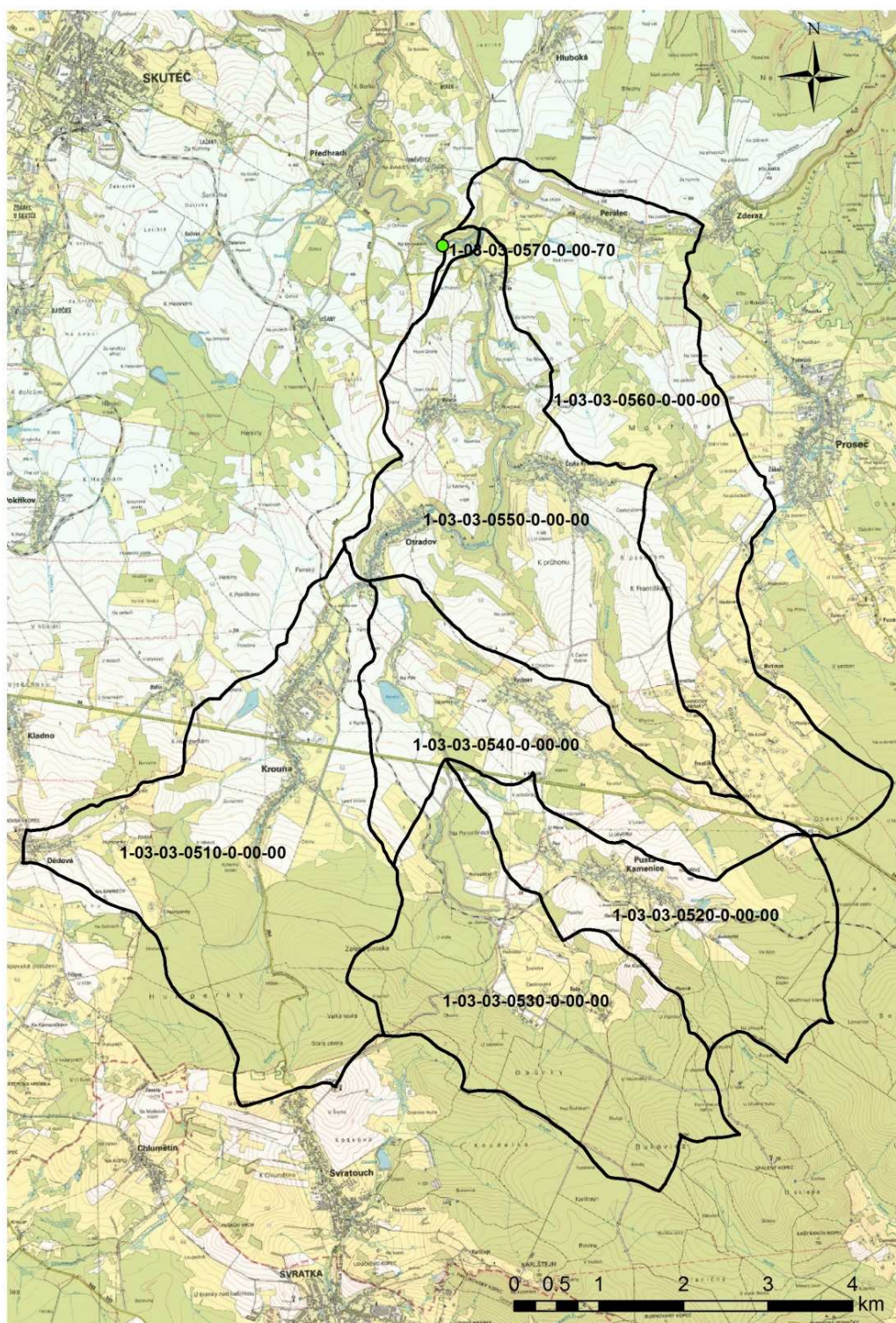
Obr. 4: Místo profilu plánované hráze poldru Kutřín (vlevo) a profil bývalé vodoměrné stanice ČHMÚ v Předhradí (vpravo), foto autoři, leden 2015

Nejvyšší partie povodí Krounky (nad 700 m n. m.) najdeme v jižní a jihovýchodní části povodí. Toto území je převážně zalesněné (s výjimkou nejbližšího okolí pramene Krounky pod obcí Svratouch), na zbytku území povodí se lesy vyskytují spíše sporadicky, a to zejména podél říček a potoků (vodních toků). Nejvíce je zalesněné údolí Krounky pod Otradovem. Povodí jako celek je zalesněné z 33 %. Většina povodí se svažuje k severu a v místě plánovaného profilu hráze poldru Kutřín se nadmořská výška pohybuje okolo 425 m n. m. Průměrná nadmořská výška celého povodí je 592 metrů. Mapka s podrobnými nadmořskými výškami je na **Obr. 6**. Průměrný sklon povodí je 7,3 %. Největších sklonů dosahuje území v povodí na příkrých úbočích údolí Krounky pod Otradovem. Značná sklonitost terénu je také na severu povodí Krounky na svazích Macháčkova kopce nad obcí Perálec (**Obr. 6**).

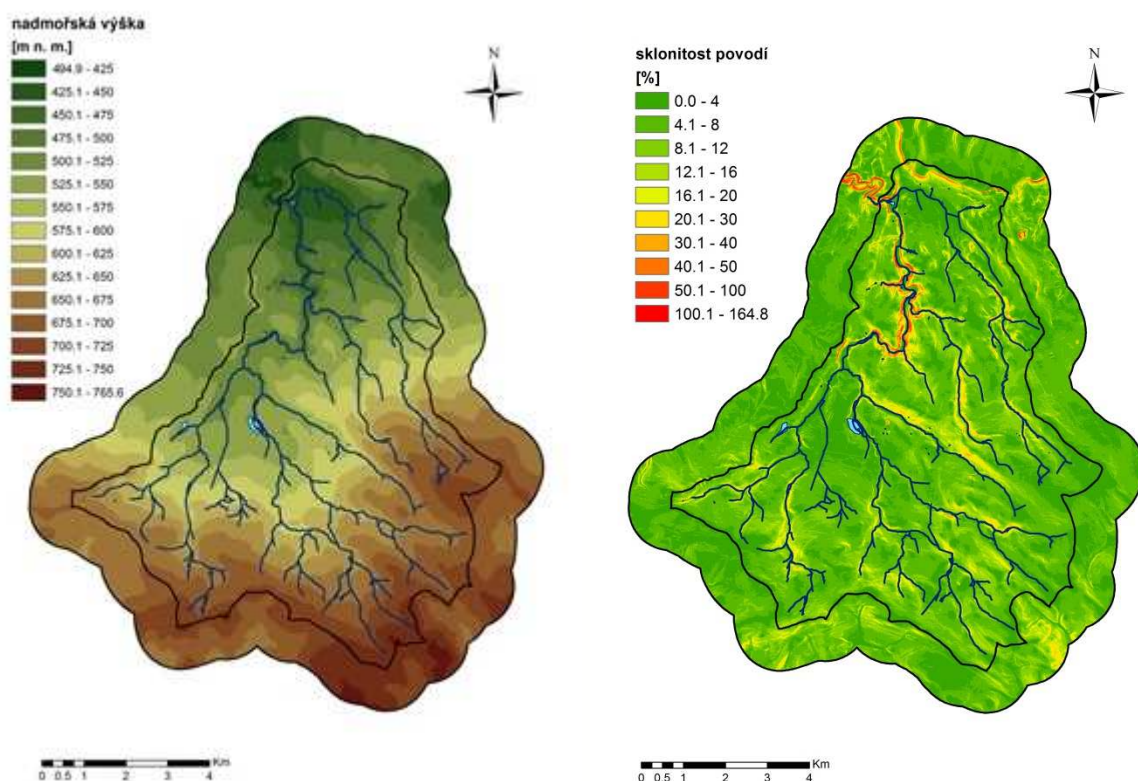
V povodí Krounky ani v jeho okolí se nenachází žádná vodoměrná stanice, jejíž pozorování by bylo možné použít ke zpracování teoretické povodňové vlny statistickým přístupem, proto byla teoretická povodňová vlna odvozena deterministickým způsobem pomocí srážko-odtokového modelu.

Dříve byla v provozu hydrologická stanice Krounka – Předhradí (s plochou povodí $A=65,47 \text{ km}^2$). Od roku 1948 měřila vodní stavy a od roku 1950 byly vyhodnocovány i průtoky. Stanice však od 1. 7. 1997 dále nepozoruje. Nyní zůstává v místě původní stanice na pravém břehu pouze vodočet (**Obr. 4**). Profil leží v přímé trati a není ovlivněn vzdutím. I při velkých vodách je celý průtok soustředěn v korytě. Proudění zde ale má nepravidelná rozdělení rychlostí v profilu vlivem velkých balvanů v toku.

Další vodoměrná stanice ČHMÚ se nachází až na Novohradce v Luži (s plochou povodí $A=152,45 \text{ km}^2$) pod soutokem s Krounkou, která však pozoruje až od hydrologického roku 2009.



Obr. 5: Přehledová mapa povodí Krounky k profilu poldru Kutřín. Zdroj podkladových dat ČUZK©.



Obr. 6: Mapa nadmořských výšek povodí (vlevo) a sklonitosti (vpravo) k profilu Krounka - Kutřín.

2. Významné povodně v povodí Krounky

Povodí Krounky bylo v minulosti několikrát zasaženo intenzivními srážkami s významnou odtokovou odezvou. Vyskytnout se zde může hned několik druhů povodní.

- ✓ Povodeň z déletrvajících srážek regionálního charakteru
- ✓ Přívalová povodeň z velmi intenzivních srážek kratší doby trvání
- ✓ Zimní povodeň způsobená kombinací dešťových srážek, oteplení a tání sněhu

Ve vodoměrné stanici v Předhradí byl za celou dobu pozorování průtok $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (2–5letý průtok) a větší vyhodnocen v následujících případech (5. 7. 1958, 19. 8. 1960, 4. 6. 1961, 13. 9. 1967, 20. 5. 1972, 1. 7. 1975, 21. 7. 1980, 31. 1. 1982, 12. 2. 1987, 26. 3. 1988, 4. 8. 1991 a 17. 3. 1993).



2.1. Povodeň z déletrvajících srážek regionálního charakteru

K povodni z vícedenních regionálních srážek došlo naposledy 24. a 25. června 2013, kdy za dva dny napršelo v povodí Krounky většinou od 80 do více než 100 mm srážek [4]. Nasycení území již nebylo tak významné jako na začátku června, ale přesto došlo k rozvodnění a místy i vybřežení Krounky [5], například v úseku toku, kde je plánována výstavba poldru [6]. Ve vodoměrné stanici v Luži byl vyhodnocen průtok $47,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Již začátkem června 2013 se vyskytly také déletrvající srážky regionálního charakteru s vlivem konvekce, ale povodí Krounky nebylo výrazněji zasaženo, na rozdíl od západněji ležících povodí. V případě, že by povodí Krounky bylo zasaženo podobně jako povodí Výrovky, Blanice a dalších toků, mohla se vzhledem k charakteru povodí a návětrné poloze vůči vypadávajícím srážkám vyskytnout mimořádná odtoková odezva [4].

K místnímu vylití Krounky a okolních potoků ze svých koryt došlo také 2. 6. 2010 [7] po déletrvajících srážkách (30 až 56 mm za 12 hodin). Srážková činnost se vyskytovala již v předchozích dnech, a tak bylo povodí Krounky poměrně výrazně nasycené. Ve vodoměrné stanici v Luži byl vyhodnocen průtok $45,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Vícedenní srážky se vyskytly také v srpnu 2002, kdy ovšem průtoky v povodí Chrudimky většinou nedosáhly 5leté povodně [8].

Významnější povodeň se vyskytla v červenci 1997, kdy se po období vícedenních srážek Krounka rozvodnila, místy došlo k vybřežení a místní obyvatelé přirovnávají její rozvodnění svým rozsahem k povodni 2014 [9].

K rozvodnění Krounky po období déletrvajících srážek (i v kombinaci s místními přívalovými srážkami) došlo také 5. 7. 1958, kdy byl ve vodoměrné stanici Předhradí vyhodnocen průtok na úrovni $20,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (cca 10letý průtok).

2.2. Přívalová povodeň z velmi intenzivních srážek kratší doby trvání

Dalším typem povodně, který se může v povodí Krounky vyskytnout, je přívalová povodeň. Vzhledem k velikosti povodí je však malá pravděpodobnost, že by bylo zasaženo celé povodí Krounky stejně intenzivní přívalovou srážkou.

V poslední době se tento typ srážek vyskytl v povodí Krounky 3. 8. 2014. Mimořádnou přívalovou srážkou byla zasažena zejména pramenná část povodí Krounky pod obcí Svratouch. Na srážkoměrné stanici Svratouch bylo naměřeno téměř 78 mm srážek za 3 hodiny a 131 mm za 24 hodin [10]. V ostatních částech povodí byly srážky méně intenzivní. Takováto srážka samozřejmě vyvolala významnou odtokovou odezvu. Nejvíce rozvodněna byla Krounka nad obcí a v obci Krouna [11]. Na vodoměrné stanici Povodí Labe v Otradově byl přechodně překročen 2. SPA a na vodoměrné stanici ČHMÚ v Luži (pod soutokem s Novohradkou) byl vyhodnocen průtok $28,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a byl zde přechodně překročen 3. SPA [12].

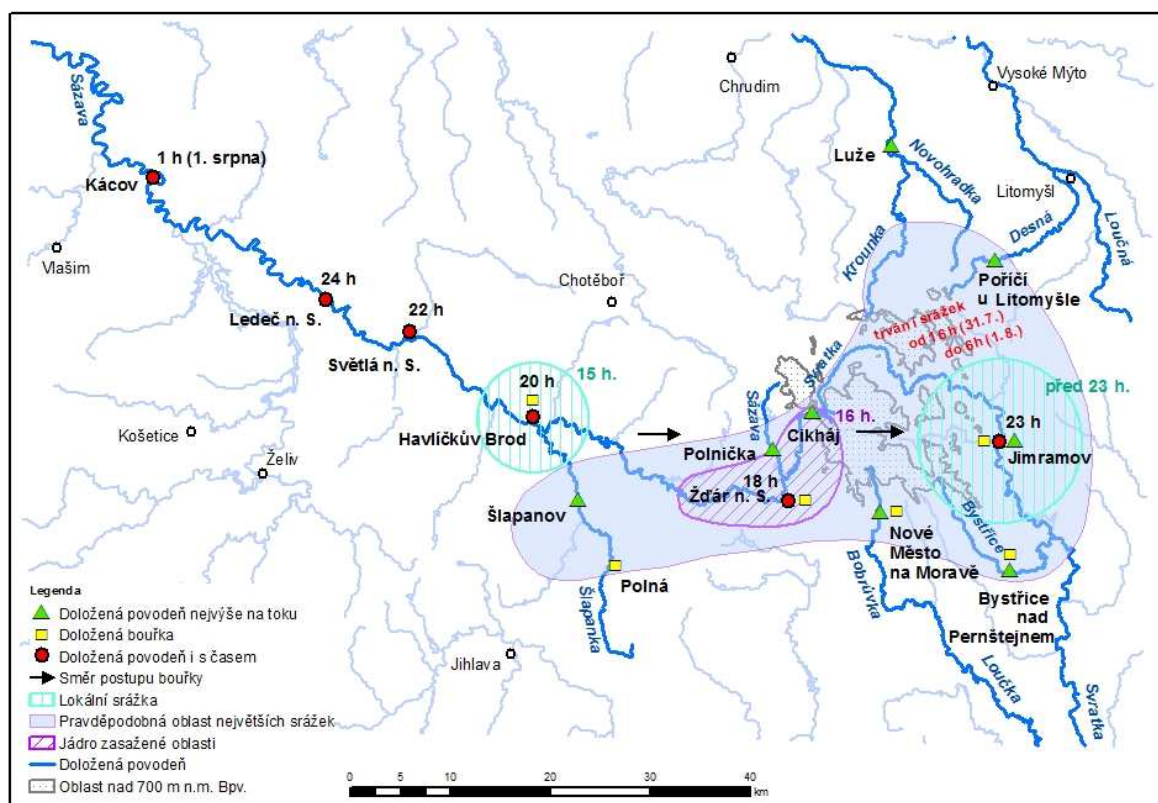
V historii se mimořádné přívalové srážky vyskytly v povodí Krounky a Novohradky v roce 1714. Zasažena byla pravděpodobně zejména pramenná část obou povodí, viz **Obr. 7**. Z kroniky města Luže (na soutoku Krounky a Novohradky) bylo doloženo 11 obětí, poničeny byly místní mostky a bylo strženo nebo významně poničeno nejméně 6 domů. Podrobněji se celé této události věnuje článek v Meteorologických zprávách [13].

Intenzivní přívalové srážky byly zaznamenány také 15. května 1911. Dle všech dostupných informací ale byly velmi lokální, zasáhly zejména Krounu a sousední obec Oldřiš, v některých okolních obcích se srážky téměř nevyskytly. Hladina Krounky velmi rychle vystoupala a zase opadla. Poničeno bylo mnoho domů, mostků, silnic, rybníků a samotné koryto toku [14].

V 19. a na počátku 20. století se přívalové povodně vyskytly například v letech 1829 (duben), 1838 (červen), 1880 (srpen), 1897 (červenec), a pak ještě v červenci 1902 a 1918.

Velmi významná povodeň se na Krounce vyskytla také 4. 6. 1961, v profilu vodoměrné stanice v Předhradí byl průtok vyhodnocen na cca $43 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Přívalové srážky se vyskytly v Krouně a okolí také 7. a 8. 8. 2006 [14], ale průtok v Krounce není znám.



Obr. 7: Mapka pravděpodobného výskytu intenzivních srážek a jejich postupu [13].



2.3. Zimní povodeň způsobená kombinací dešťových srážek, oteplení a tání sněhu

Třetím typem povodně, který se může v povodí Krounky vyskytnout, je povodeň způsobená kombinací dešťových srážek, výrazného oteplení (často spojeného s teplým a silným JZ větrem) a tání sněhové pokrývky. Zatím poslední případ se vyskytl v lednu 2015, kdy však v povodí Krounky neleženo významné množství sněhu a ani srážky nebyly nijak mimořádné.

Podobná, ale mnohem významnější odtoková událost, se vyskytla v povodí Krounky březnu 2006. Po velmi dlouhém období akumulace sněhové pokrývky nastalo velmi výrazné oteplení spojené s dešťovými srážkami. Průtok na Krounce byl vyhodnocen na úrovni 5 až 10leté vody [15].

3. Stanovení teoretické povodňové vlny

3.1. Metodický postup

Deterministický přístup zpracování teoretické povodňové vlny vychází ze statistického zpracování N -letých návrhových srážek dané doby opakování a trvání a následného odvození povodňové vlny z těchto srážek pomocí srážko-odtokového modelu. Srážky byly zpracované za kompletní období 1895–2002, včetně zahrnutí povodňového roku 1890.

Pro odvozování teoretických vln je používán modelovací systém *HEC-HMS*. Jedná se o soubor několika modelů pro stanovení výšky efektivního deště a odvození průběhu povodňové vlny na základě transformační funkce povodí. V metodice popsané v [1, 2] a používané v ČHMÚ se jako transformační funkce povodí využívá Clarkova dvouparametrického okamžitého jednotkového hydrogramu a pro stanovení odtokových ztrát metody *CN* křivek. Samotný systém *HEC-HMS* je podrobněji popsán v manuálech společnosti USACE (US Army Corps of Engineers), která systém vyvíjí [16] a [17].

Hlavní kroky metodického postupu odvození teoretické povodňové vlny spočívají v:

- ✓ sestavení hydrologického (srážko-odtokového) modelu, tj. schématické rozdělení povodí na dílčí podpovodí a eventuálně i říční úseky pro výpočet postupu povodňové vlny,
- ✓ určení příslušné N -leté srážky na povodí, zpravidla jednodenní a dvoudenní,
- ✓ určení zatěžovacího hydrogramu, tj. rozdělení návrhové srážky do kratších, většinou hodinových intervalů,
- ✓ určení parametrů odtokových ztrát a stanovení podílu tzv. efektivního deště metodou *CN* křivek na základě využívání území a hydrologických charakteristik půd,
- ✓ určení parametrů jednotkového hydrogramu na základě fyzicko-geografických parametrů povodí
- ✓ odvození teoretické povodňové vlny.



Odvození srážko-odtokového modelu probíhá z velké části v prostředí GIS pomocí k tomu určených programových nástrojů a extenzí. Jsou to zejména extenze *HydroHMS* vyvinutá v ČHMÚ, umožňující určení potřebných vstupních údajů modelu přímo nad daty ČHMÚ a HEC-GeoHMS společnosti USACE [18]. Druhá část výpočtu TPV probíhá v programu *HEC-HMS*, kde jsou nadefinovány okrajové podmínky a parametry modelu, zadány vstupní návrhové srážky a simulovány jednotlivé povodňové vlny.

Kulminační průtok výsledné teoretické povodňové vlny stanovené na základě zatěžovacího hyetogramu návrhové srážky o době opakování N nemusí být nutně charakterizován stejnou dobou opakování N . Naopak se předpokládá, že objem povodňové vlny, u srážek s malou pravděpodobností výskytu, má shodnou dobu opakování jako návrhová srážka. Uvedeným metodickým postupem byla stanovena teoretická povodňová vlna se vstupní odvozenou srážkou P_N s dobou opakování $N = 10\,000$ let. Podrobně je obecná metodika popsána v [1, 2] a je k nahlédnutí v oddělení OPV v ČHMÚ.

3.2. Použité podklady

Při zpracování této studie byla použita následující vstupní a podkladová data, seznam literatury je uveden na konci studie:

- ✓ rozvodnice v měřítku 1:10 000
- ✓ digitální model terénu 4 generace v rozlišení 10 m (DMR4G)
- ✓ hodnoty CN v rozlišení 100 m (odvozené na základě datové vrstvy hydrologické skupiny půd poskytnuté VÚMOP)
- ✓ údaje o využívání území Corine Land Cover 2006
- ✓ rastrové vrstvy návrhových srážek
- ✓ rastrová vrstva podílu stoleté jednohodinové a jednodenní srážky
- ✓ mapa oblastí ČR podle velikosti 100leté 1denní srážky a charakteristického tvaru hyetogramu stanovená ÚFA AV ČR
- ✓ datové vrstvy ZABAGED®
- ✓ mapové podklady poskytované ČÚZK prostřednictvím WMS služeb (základní mapa ZM10)
- ✓ podklady a zpracování vyhodnocení povodní ze srpna 2002, března 2006 a června 2013

3.3. Popis modelu a odvození teoretické povodňové vlny

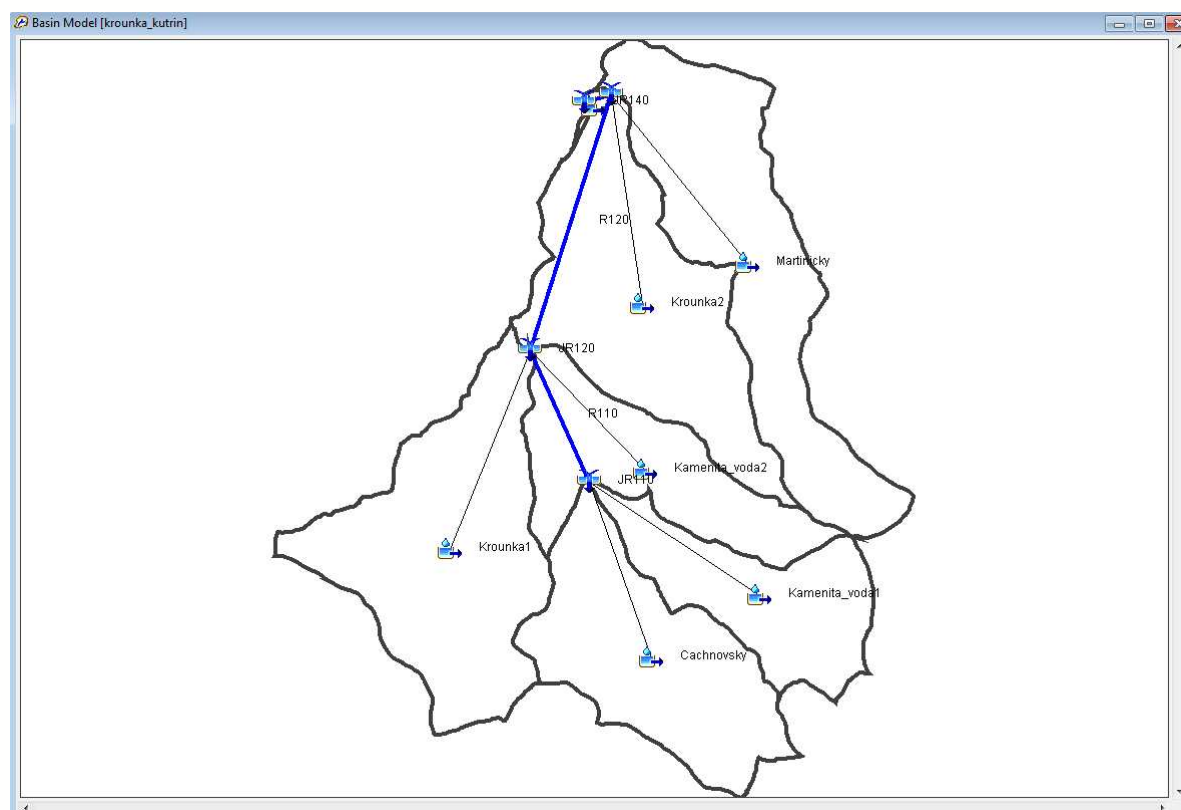
Srážko-odtokový model byl sestavený prostřednictvím již zmíněných extenzí *HydroHMS* a HEC-GeoHMS v prostředí ArcGIS a nainportován do srážko-odtokového programu HEC-HMS. Model je tvořen sedmi prvky povodí: *Cachnovsky*, *Krouna 1 až 3*, *Kamenita_voda 1 a 2* a *Martinicky*, a třemi prvky vodního toku. Schéma srážko-odtokového modelu je na **Obr. 8**. Z digitálního modelu terénu byly stanoveny fyzicko-geografické charakteristiky povodí, další vstupní parametry a okrajové podmínky srážko-odtokového modelu.

Teoretická povodňová vlna byla odvozena z dvoudenní návrhové srážky $P_{10\,000}$. Rozložení celkového úhrnu dvoudenní srážky do hodinových intervalů (tzv. návrhový hyetogram) bylo provedeno pomocí programu *SMADA6* na základě trojúhelníkových, mírně asymetrických, hyetogramů [19]. Toto rozdělení návrhové srážky vychází z předpokladu nejpravděpodobnějšího scénáře, za kterého dojde v závěrovém profilu povodí k dosažení kulminačního průtoku $Q_{10\,000}$ a objemu povodňové vlny o přibližně stejné extremitě.

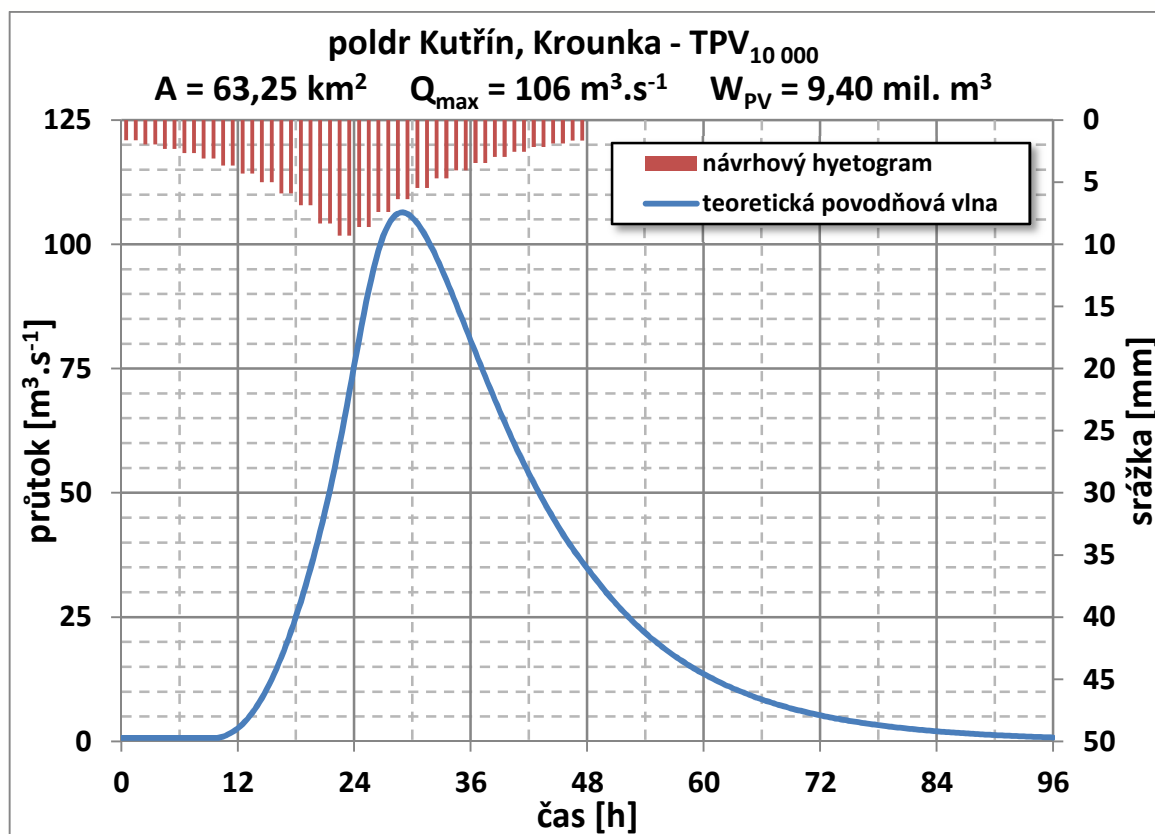
Při odvození teoretické povodňové vlny $TPV_{10\,000}$ byly zohledněny hodnoty N -letých průtoků odvozených pobočkou ČHMÚ Hradec Králové. Kulminační průtok odvozené teoretické povodňové vlny $TPV_{10\,000}$ je v dobré shodě s odhadem hodnoty průtoku $Q_{10\,000}$, který vychází ze statistické extrapolace teoretického rozdělení pravděpodobnosti. Parametry teoretické povodňové vlny jsou shrnuty v **Tab. 1**. Rozdělení návrhové srážky bylo provedeno pro každé dílčí povodí zvlášť, ale v grafu na **Obr. 9** je pro ilustraci uvedeno jako průměr na celé povodí. Objem vlny byl spočítán nad nulovým průtokem.

Tab. 1: Charakteristiky výsledné teoretické povodňové vlny

Návrhová srážka	Doba opakování TPV [roky]	Kulminační průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Objem povodňové vlny [mil. m^3]
$P_{10\,000}$ dvoudenní	10 000	106	9,40



Obr. 8: Schéma povodí Krounky k profilu hráze poldru Kutřín ve srážko-odtokovém modelu HEC-HMS.



Obr. 9: Teoretická povodňová vlna TPV_{10 000} pro profil Krounka – Kutřín

4. Závěr

Pro profil plánovaného poldru Kutřín na Krounce byla v této studii odvozena teoretická povodňová vlna s dobou opakování $N = 10\,000$ let. Vzhledem k tomu, že v povodí nebylo k dispozici využitelné vodoměrné pozorování, byla teoretická povodňová vlna odvozena deterministickým přístupem pomocí srážko-odtokového modelu. Návrhový hyetogram byl určený z dvoudenní návrhové srážky $P_{10\,000}$.

Výsledná teoretická povodňová vlna má kulminační průtok $Q_{\max} = 106 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a objem $W_{PV} = 9,40 \text{ mil. m}^3$.

Průběh teoretické povodňové vlny TPV_{10 000} je znázorněn na Obr. 9, v patnáctiminutovém kroku je v tabulkové formě uveden v Příloze 2.

Literatura

- 1) Kulasová, B. – Šercl, P. – Boháč, M.: Projekt QD1368 „Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní“. ČHMÚ, Praha, 2004
- 2) Kulasová, B. – Šercl, P. – Boháč, M.: Metodická příručka pro výběr a aplikaci vhodné metody odvození hydrologických podkladů za účelem posouzení bezpečnosti vodních děl. Projekt QD1368 „Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní“. Dílčí výstup 07. ČHMÚ, Praha, 2007
- 3) *Oficiální stránky obce Krouna*: PROČ SE PANSKÝ RYBNÍK V KROUNĚ PROTRHL. Dostupné z http://www.krouna.cz/articles.php?article_id=932 , ověřeno 11. 2. 2015
- 4) *Český hydrometeorologický ústav*: Vyhodnocení povodní v červnu 2013. Hydrologický průběh povodní. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 2013
- 5) *Rajče.net*: Krounka 2013 stavěčka a povodně. Dostupné z http://krounka.rajce.idnes.cz/Krounka_2013_stavecka_a_povodne/ , ověřeno 11. 2. 2015
- 6) *RadynNouzi.cz*: Poldr Kutřín. Dostupné z <http://radynnouzi.cz/poldr-kutrin> , ověřeno 11. 2. 2015
- 7) *Oficiální stránky obce Krouna*: Deštivá středa v Krouně a místních částech. Dostupné z http://krouna.cz/photogallery.php?album_id=100 , ověřeno 11. 2. 2015
- 8) *Český hydrometeorologický ústav*: Hydrometeorologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 2003
- 9) *Český hydrometeorologický ústav*: Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva projektu. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 1998
- 10) *Informační web ČHMÚ*: Přívalové srážky za neděli 3. 8. 2014. Dostupné z <http://infomet.cz/index.php?id=read&idd=1407154265&a0=srvatouch&vyrazu=1&oznacit=ano> , ověřeno 11. 2. 2015
- 11) *Oficiální stránky obce Krouna*: Velká voda v Krouně a dva dny poté Dostupné z http://www.krouna.cz/photogallery.php?album_id=366 , ověřeno 11. 2. 2015
- 12) *Českenoviny.cz*: Řeky by měly klesat, na východě ale hrozí další bouřky. Dostupné z <http://m.ceskenoviny.cz/archiv/zpravy/reky-by-mely-klesat-na-vychode-ale-hrozi-dalsi-bourky/1108687> , ověřeno 11. 2. 2015
- 13) *Elleder, L. a kol.*: Přívalová povodeň v létě 1714, Meteorologické zprávy, 67, 6, s. 161 – 173, ČHMÚ, Praha, 2014
- 14) *Oficiální stránky obce Krouna*: Kronika Květen 2009 - Rok 1911 – Průtrž mračen a děsná povodeň. Dostupné z <http://www.krouna.cz/kronika/Kveten2009.pdf> , ověřeno 11. 2. 2015



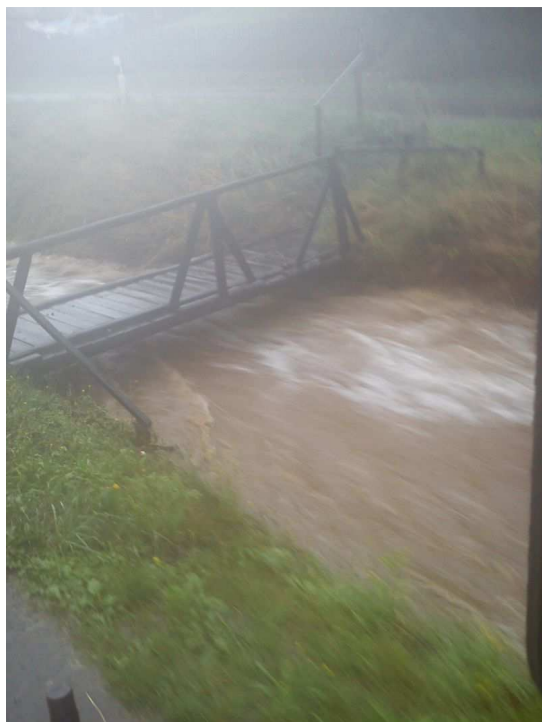
- 15) *Povodí Labe, státní podnik, Hradec Králové: SOUHRNNÁ ZPRÁVA o povodni v březnu 2006.* Dostupné z http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava%20o%20povodnove%20situaci%2003-2006%20-%20text_cast.pdf , ověřeno 11. 2. 2015
- 16) *Hydrologic Modeling System HEC-HMS*, technical reference manual, US Army Corps of Engineers, březen 2000, dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hech-hms/documentation.aspx>, ověřeno 20. 1. 2015
- 17) *Hydrologic Modeling System HEC-HMS*, user's manual, US Army Corps of Engineers, leden 2001, dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hech-hms/documentation.aspx>, ověřeno 20. 1. 2015
- 18) *Geospatial Hydrologic Modeling Extension HEC-GeoHMS*, user's manual, US Army Corps of Engineers, říjen 2003, dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms/downloads.aspx>, ověřeno 20. 1. 2015
- 19) *Blažek, V. D.: Předběžný odhad PMP a PMF. In: VaV 510/3/97 Vývoj metod pro stanovení extrémních povodní. DÚ 1.2. Praha, 1997*
- 20) *SDH Krouna: Náročná neděle pro Krounské hasiče.* Dostupné z <http://www.hasickrouna.estranky.cz/clanky/aktuality/narocna-nedele-pro-krounske-hasice..html> , ověřeno 11. 2. 2015
- 21) *TNCZ: Dětský tábor spláchla voda! Povodně hrozí i dnes. FOTKY.* Dostupné z <http://tn.nova.cz/clanek/zpravy/domaci/detsky-tabor-splachla-voda-povodne-hrozi-i-dnes-fotky.html> , ověřeno 11. 2. 2015





Příloha 1 – fotodokumentace

Porovnání průtoků v obci Krouna ze začátku srpna 2014, kdy se na Krounce vyskytla po velmi intenzivních srážkách přívalová povodeň, a z ledna 2015.



Obr. 10: Porovnání průtoku v obci Krouna, foto vlevo SDH Krouna [20], foto vpravo autoři, leden 2015



Obr. 11: Porovnání průtoku v obci Krouna, foto vlevo SDH Krouna [20], foto vpravo autoři, leden 2015



Obr. 12: Porovnání průtoku v horní (jižní) části obce Krouna, foto vlevo oficiální stránky obce Krouna [11], foto vpravo autoři, leden 2015



Obr. 13: Porovnání průtoku v obci Krouna, foto vlevo oficiální stránky obce Krouna [11], foto vpravo autoři, leden 2015





Obr. 14: Porovnání průtoku v obci Krouna, foto vlevo oficiální stránky obce Krouna [11], foto vpravo autoři, leden 2015



Obr. 15: Porovnání průtoku v obci Krouna, foto vlevo oficiální stránky obce Krouna [11], foto vpravo autoři, leden 2015



Obr. 16: Porovnání průtoku těsně před plánovaným profilem hráze poldru Kutřín, foto vlevo TNCZ [21], foto vpravo autoři, leden 2015

Příloha 2 - Teoretická povodňová vlna

Teoretická povodňová vlna TPV _{10 000} Kutřín - Krounka	
A = 63,25 km ² Q _{max} = 106 m ³ ·s ⁻¹ W _{PV} = 9,40 mil. m ³	
hodina	průtok [m ³ ·s ⁻¹]
0.00	0.730
0.25	0.730
0.50	0.730
0.75	0.730
1.00	0.730
1.25	0.730
1.50	0.730
1.75	0.730
2.00	0.730
2.25	0.730
2.50	0.730
2.75	0.730
3.00	0.730
3.25	0.730
3.50	0.730
3.75	0.730
4.00	0.730
4.25	0.730
4.50	0.730
4.75	0.730
5.00	0.730
5.25	0.730
5.50	0.730
5.75	0.730
6.00	0.730
6.25	0.730
6.50	0.730
6.75	0.730
7.00	0.730
7.25	0.730
7.50	0.730
7.75	0.730
8.00	0.730
8.25	0.730
8.50	0.730
8.75	0.730
9.00	0.730
9.25	0.730
9.50	0.730
9.75	0.730
10.00	0.730
10.25	0.827
10.50	0.985
10.75	1.17
11.00	1.40
11.25	1.65
11.50	1.95
11.75	2.27
12.00	2.64
12.25	3.04
12.50	3.49
12.75	3.98
13.00	4.51
13.25	5.09
13.50	5.72
13.75	6.40
14.00	7.13
14.25	7.90
14.50	8.72
14.75	9.58
15.00	10.5
15.25	11.5
15.50	12.5

Teoretická povodňová vlna TPV _{10 000} Kutřín - Krounka	
A = 63,25 km ² Q _{max} = 106 m ³ .s ⁻¹ W _{PV} = 9,40 mil. m ³	
hodina	průtok [m ³ .s ⁻¹]
15.75	13.5
16.00	14.6
16.25	15.8
16.50	17.0
16.75	18.2
17.00	19.5
17.25	20.8
17.50	22.2
17.75	23.6
18.00	25.0
18.25	26.5
18.50	28.1
18.75	29.7
19.00	31.3
19.25	33.0
19.50	34.8
19.75	36.6
20.00	38.4
20.25	40.3
20.50	42.2
20.75	44.2
21.00	46.2
21.25	48.3
21.50	50.5
21.75	52.8
22.00	55.1
22.25	57.4
22.50	59.9
22.75	62.4
23.00	64.9
23.25	67.5
23.50	70.2
23.75	72.8
24.00	75.5
24.25	78.2
24.50	80.8
24.75	83.5
25.00	86.0
25.25	88.4
25.50	90.8
25.75	93.0
26.00	95.1
26.25	97.0
26.50	98.7
26.75	100
27.00	102
27.25	103
27.50	104
27.75	105
28.00	105
28.25	106
28.50	106
28.75	106
29.00	106
29.25	106
29.50	106
29.75	106
30.00	105
30.25	105
30.50	104
30.75	104
31.00	103
31.25	102
31.50	101
31.75	100
32.00	99.3

Teoretická povodňová vlna TPV _{10 000} Kutřín - Krounka	
A = 63,25 km ² Q _{max} = 106 m ³ .s ⁻¹ W _{PV} = 9,40 mil. m ³	
hodina	průtok [m ³ .s ⁻¹]
32.25	98.3
32.50	97.3
32.75	96.2
33.00	95.1
33.25	94.0
33.50	92.8
33.75	91.6
34.00	90.4
34.25	89.2
34.50	88.0
34.75	86.8
35.00	85.6
35.25	84.4
35.50	83.1
35.75	81.9
36.00	80.7
36.25	79.5
36.50	78.2
36.75	77.0
37.00	75.8
37.25	74.6
37.50	73.4
37.75	72.2
38.00	71.1
38.25	69.9
38.50	68.7
38.75	67.6
39.00	66.4
39.25	65.3
39.50	64.2
39.75	63.1
40.00	62.0
40.25	60.9
40.50	59.9
40.75	58.8
41.00	57.8
41.25	56.8
41.50	55.8
41.75	54.8
42.00	53.9
42.25	52.9
42.50	52.0
42.75	51.1
43.00	50.1
43.25	49.2
43.50	48.4
43.75	47.5
44.00	46.6
44.25	45.8
44.50	45.0
44.75	44.1
45.00	43.3
45.25	42.5
45.50	41.8
45.75	41.0
46.00	40.3
46.25	39.5
46.50	38.8
46.75	38.1
47.00	37.4
47.25	36.8
47.50	36.1
47.75	35.5
48.00	34.9
48.25	34.2
48.50	33.6

Teoretická povodňová vlna TPV _{10 000} Kutřín - Krounka	
A = 63,25 km ² Q _{max} = 106 m ³ .s ⁻¹ W _{PV} = 9,40 mil. m ³	
hodina	průtok [m ³ .s ⁻¹]
48.75	33.0
49.00	32.3
49.25	31.7
49.50	31.1
49.75	30.5
50.00	29.9
50.25	29.3
50.50	28.7
50.75	28.2
51.00	27.6
51.25	27.1
51.50	26.6
51.75	26.0
52.00	25.5
52.25	25.0
52.50	24.5
52.75	24.1
53.00	23.6
53.25	23.1
53.50	22.7
53.75	22.2
54.00	21.8
54.25	21.4
54.50	21.0
54.75	20.5
55.00	20.1
55.25	19.7
55.50	19.4
55.75	19.0
56.00	18.6
56.25	18.2
56.50	17.9
56.75	17.5
57.00	17.2
57.25	16.9
57.50	16.5
57.75	16.2
58.00	15.9
58.25	15.6
58.50	15.3
58.75	15.0
59.00	14.7
59.25	14.4
59.50	14.1
59.75	13.8
60.00	13.6
60.25	13.3
60.50	13.0
60.75	12.8
61.00	12.5
61.25	12.3
61.50	12.0
61.75	11.8
62.00	11.6
62.25	11.4
62.50	11.1
62.75	10.9
63.00	10.7
63.25	10.5
63.50	10.3
63.75	10.1
64.00	9.89
64.25	9.69
64.50	9.50
64.75	9.32
65.00	9.13

Teoretická povodňová vlna TPV _{10 000} Kutřín - Krounka	
A = 63,25 km ² Q _{max} = 106 m ³ .s ⁻¹ W _{PV} = 9,40 mil. m ³	
hodina	průtok [m ³ .s ⁻¹]
65.25	8.95
65.50	8.77
65.75	8.60
66.00	8.43
66.25	8.27
66.50	8.11
66.75	7.95
67.00	7.79
67.25	7.64
67.50	7.49
67.75	7.34
68.00	7.20
68.25	7.06
68.50	6.92
68.75	6.78
69.00	6.65
69.25	6.52
69.50	6.39
69.75	6.27
70.00	6.15
70.25	6.03
70.50	5.91
70.75	5.79
71.00	5.68
71.25	5.57
71.50	5.46
71.75	5.35
72.00	5.25
72.25	5.15
72.50	5.04
72.75	4.95
73.00	4.85
73.25	4.75
73.50	4.66
73.75	4.57
74.00	4.48
74.25	4.39
74.50	4.31
74.75	4.22
75.00	4.14
75.25	4.06
75.50	3.98
75.75	3.90
76.00	3.83
76.25	3.75
76.50	3.68
76.75	3.61
77.00	3.53
77.25	3.47
77.50	3.40
77.75	3.33
78.00	3.27
78.25	3.20
78.50	3.14
78.75	3.08
79.00	3.02
79.25	2.96
79.50	2.90
79.75	2.84
80.00	2.79
80.25	2.73
80.50	2.68
80.75	2.63
81.00	2.58
81.25	2.53
81.50	2.48

Teoretická povodňová vlna TPV _{10 000} Kutřín - Krounka	
A = 63,25 km ² Q _{max} = 106 m ³ .s ⁻¹ W _{PV} = 9,40 mil. m ³	
hodina	průtok [m ³ .s ⁻¹]
81.75	2.43
82.00	2.38
82.25	2.33
82.50	2.29
82.75	2.24
83.00	2.20
83.25	2.16
83.50	2.11
83.75	2.07
84.00	2.03
84.25	1.99
84.50	1.95
84.75	1.92
85.00	1.88
85.25	1.84
85.50	1.81
85.75	1.77
86.00	1.74
86.25	1.70
86.50	1.67
86.75	1.64
87.00	1.60
87.25	1.57
87.50	1.54
87.75	1.51
88.00	1.48
88.25	1.45
88.50	1.42
88.75	1.40
89.00	1.37
89.25	1.34
89.50	1.32
89.75	1.29
90.00	1.27
90.25	1.24
90.50	1.22
90.75	1.19
91.00	1.17
91.25	1.15
91.50	1.12
91.75	1.10
92.00	1.08
92.25	1.06
92.50	1.04
92.75	1.02
93.00	0.998
93.25	0.978
93.50	0.959
93.75	0.940
94.00	0.922
94.25	0.904
94.50	0.886
94.75	0.869
95.00	0.852
95.25	0.835
95.50	0.819
95.75	0.803
96.00	0.787