

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta životního prostředí  
Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2015

Martin Nytra

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta životního prostředí  
Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování

Povodňové aktivity a příprava  
podkladů pro tvorbu hydraulických  
modelů



Bakalářská práce

Vypracoval: Martin Nytra

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radek Roub, Ph.D

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Povodňové aktivity a příprava podkladů pro tvorbu hydraulických modelů* vypracoval samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne .....

Podpis .....

## Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval panu Ing. Radku Roubovi, Ph.D za ochotu, vstřícnost a odborné vedení konzultací při mé bakalářské práci. Dále bych rád poděkoval mé rodině za podporu, kterou mi poskytovala v průběhu celého studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je psána formou literární rešerše a je zaměřena na problematiku výskytu povodňových aktivit z historického i aktuálního hlediska pro území České republiky. Popisuje problematiku úzce spjatou s revitalizací vodních toků, jednotlivých typů povodní a možnou ochranou před těmito zvýšenými povodňovými stavy vodních toků, které přímo ohrožují lidské životy a způsobují obrovské hmotné škody. Dále je v této práci řešena otázka potřebných podkladových materiálů pro možné využití hydraulických modelovacích programů ke zpracování předpovědí, výskytu a rozsahu zasaženého území během povodňových stavů.

**Klíčová slova:** povodně, protipovodňová opatření, průtok, HEC -RAS

## **Abstract**

This bachelor's thesis is written in the form of a literary research. It is focused on the occurrence of flood activity from a historical and current perspective in the Czech Republic. The thesis includes a description of problems closely related to the revitalization of watercourses, various types of floods and possible protection from floods caused by increased water flows, which directly threaten human lives and cause huge damage. Furthermore, the thesis addresses the question of supporting materials that are necessary for possible use of hydraulic modeling programs for processing predictions, occurrence and extent of the area affected by floods.

**Keywords:** floods, flood control, flow, HEC -RAS



# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Úvod.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2. Cíl práce .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>3. Povodně .....</b>   | <b>10</b> |
| 3.1. Typy povodní.....  | 11        |
| 3.2. Historie povodní do 21. století .....                            | 15        |
| 3.3. Povodně 21. století .....  | 19        |
| <b>4. Ochrana a strategie před povodněmi .....</b>                    | <b>22</b> |
| 4.1. Hlásná a předpovědní povodňová služba .....                      | 22        |
| 4.2. Stupně povodňové aktivity .....                                  | 24        |
| 4.3. Prevence proti povodním.....                                     | 28        |
| 4.4. Protipovodňová opatření.....                                     | 29        |
| 4.4.1. Technická opatření.....  | 30        |
| 4.4.2. Přírodně blízká opatření .....                                 | 30        |
| <b>5. Povodňové plány.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>6. Mapy povodňového nebezpečí a rizik.....</b>                     | <b>33</b> |
| <b>7. Podklady pro tvorbu map povodňového nebezpečí a rizik .....</b> | <b>34</b> |
| 7.1. Formáty vstupních dat .....                                      | 35        |
| 7.2. Digitální model terénu .....                                     | 35        |
| 7.3. Mapové podklady .....  | 36        |
| 7.3.1. ZABAGED .....  | 36        |
| 7.3.2. Ortofotomapy.....  | 37        |
| 7.4. Geodetické podklady .....  | 37        |
| 7.5. Hydrologická data.....   | 37        |
| 7.6. Kalibrační podklady .....  | 38        |
| <b>8. Hydrologické modely .....</b>                                   | <b>38</b> |
| 8.1. Jednorozměrné modely (1D) .....                                  | 40        |
| 8.2. Kvazi-dvourozměrné modely (1,5D).....                            | 40        |
| 8.3. Dvourozměrné modely (2D).....                                    | 41        |
| 8.4. Využitelnost hydrologických modelů.....                          | 41        |

|  |           |
|--|-----------|
| 8.5. Matematický model HEC - RAS .....                 | 42        |
| <b>9. Diskuze a závěr .....</b>                        | <b>44</b> |
| <b>10. Přehled literatury a použitých zdrojů .....</b> | <b>46</b> |
| 10.1. Knižní zdroje .....                              | 46        |
| 10.2. Internetové zdroje .....                         | 48        |
| <b>11. Seznam obrázků a tabulek .....</b>              | <b>50</b> |



## 1. Úvod

V posledních letech jsme mohli zaznamenat zvýšený výskyt povodní a záplav především v jarních a letních obdobích roku. S ohledem na rozsáhlé záplavy z let 2002, 2006, 2009, 2010 a 2013 je problematika povodní a záplav stále aktuálnější a diskutovanější tématem. Z tohoto důvodu je věnována velká pozornost opatřením k ochraně před povodněmi, které mají za úkol eliminovat jejich dopad a potenciál.

K eliminaci potenciálu povodní se nejčastěji využívá matematické modelování, které nám umožňuje předvídat rozsah a dopad povodňových událost pro danou oblast za daných podmínek. Této problematice se věnuje odvětví hydrologie a vodního hospodářství, které se zaměřuje především na hydrologické a hydraulické modelování, modelování srážko-odtokových poměrů/procesů, erozní činnosti, transport sedimentů a rychlost šíření znečištění v tocích. Tyto modely nám napomáhají ke stanovení míry povodňových rizik v záplavových územích a výše potenciálních povodňových škod, především na stavebních objektech, občanské vybavenosti, infrastruktuře a v průmyslové a zemědělské výrobě.

Tato práce je zpracovávána formou literární rešerše, která je zaměřena dvěma hlavními směry zabývajícími se právě touto problematikou. Prvotně se jedná o obecné shrnutí a popsání povodňových stavů postihující území České republiky z historického a aktuálního hlediska, kde je tato část rozšířena o věcná fakta týkajících se přímo jednotlivým typů povodní, možností prevence a opatřeními před nimi. Ve druhém směru je tato práce zaměřena především na přípravné práce formou získávání vhodných podkladových materiálů a potřebných dat pro vyhodnocení postupu, výskytu, předpovědi povodňových rizik a záplavových území pomocí vhodných matematických - hydraulických modelovacích programů. Tato část by měla poté být i podkladovou částí k navazující diplomové práci řešící problematiku odtokových součinitelů a revitalizaci vodního toku Blanice. Faktická data a výstupy z jednotlivých modelů nejsou bohužel součástí této bakalářské práce z důvodu neposkytnutí vhodných dat pro zpracování této problematiky.

## 2. Cíl práce

Tato bakalářská práce má za cíl shrnout historický vývoj povodňových stavů pro povodí nacházející se na území České republiky do 21. století, popsat metodiku protipovodňové ochrany a provést seznámení s podkladovými materiály a daty potřebných pro matematické - hydraulické modelovací programy, které budou posléze sloužit jako podkladová (přípravná) část k diplomové práci navazující na problematiku povodňových stavů a využitelnosti jednotlivých modelovacích programů (především program HEC - RAS) k ochraně majetku občanů obce pro zvolené území v blízkosti vodního toku Blanice.

## 3. Povodně

Z obecného hlediska je povodeň popisována jako jev, při kterém se fáze hydrologického režimu daného vodního toku či říčky vyznačuje náhlým, většinou pouze krátkodobým zvýšením průtoků a vodních stavů. Česká republika definuje povodeň v intencích vodního zákona č. 254/2001 Sb. o vodách (VÚV TGM, 2015), který je téměř shodný s definicí z meteorologického slovníku z roku 1993, kde je povodeň definována jako výrazný přechodný vzestup hladiny toku, způsobený náhlým zvýšením průtoku nebo dočasným zmenšením průtočnosti koryta, zejména při výskytu ledových jevů (Kozák J., 2007). V ČR dochází ke zvyšování průtoků většinou vlivem intenzivních srážek nebo táním sněhové pokrývky. Taktéž se můžeme setkat s kombinací obou těchto jevů.

Povodně patří na území České republiky k nejčastěji se vyskytujícím přírodním katastrofám, které mají za následek škody na majetku a životech občanů. Tyto výskyty extrémních meteorologických jevů, které ve svém důsledku způsobují škody, jsou značně nerovnoměrné a zatím neexistuje žádná prokazatelná periodicitu, která by nám umožnila jejich předpovídání v dlouhodobějším horizontu několika měsíců či let. Z historických hydrologických záznamů, které sahají na našem území do roku 1118, můžeme říci, že každá povodeň je specifická a jedinečná svou dynamikou vyvolané situace v povodí. Z toho vyplývá, že je nutné stále rozšiřovat poznatky o tom, jak se před důsledky těchto pohrom lépe a účinněji chránit.

V návaznosti na povodně z let 2006, 2009 a 2013 vláda České republiky uvolnila potřebné finanční dotace k vypracování nových vyhodnocovacích projektů a to zapříčinilo velký pokrok v rozvojových aktivitách pro ochranu před povodněmi, které nám nyní zajišťují kvalitnější ochranu před tímto živlem. Především byl zdokonalen systém radarového monitoringu dešťových jader, meteorologických modelů pro předpovídání srážek a systém rozmístění automatizovaných objektů hlášeného systému na významných vodohospodářských tocích (Hladný, 2007).

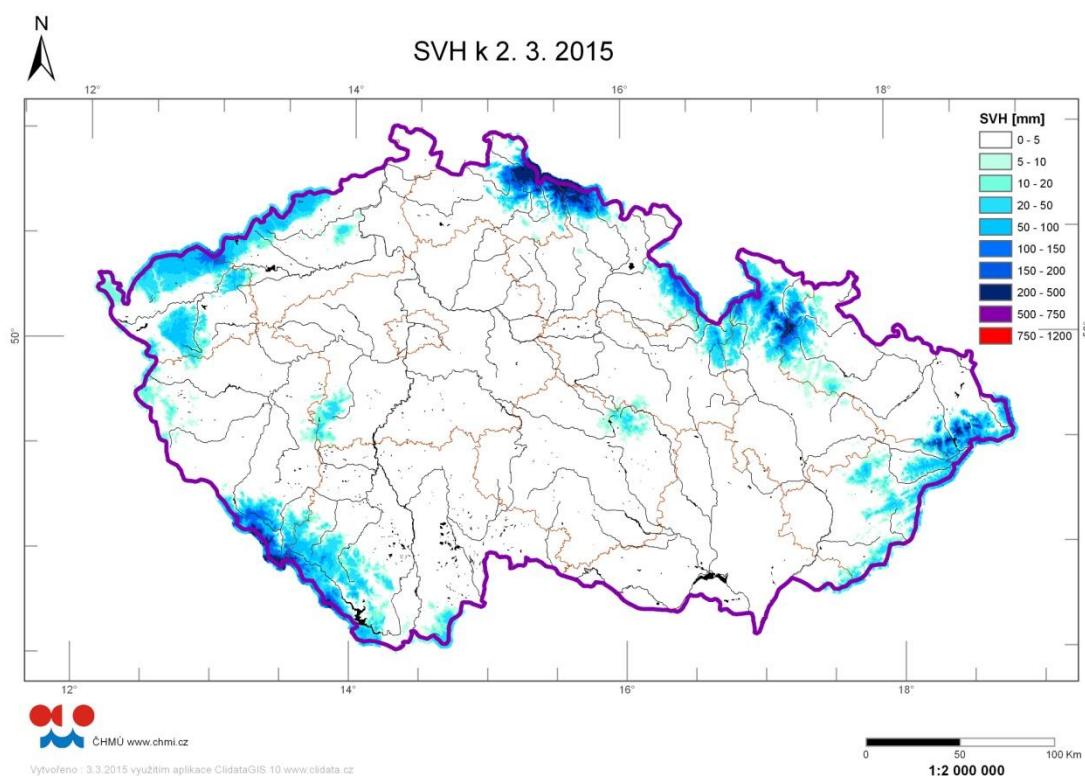
### **3.1. Typy povodní**

Podle jednotlivých příčin jsme schopni rozeznávat více druhů povodní. V našich zeměpisných šířkách rozlišujeme tyto druhy povodní:

- z tání sněhu: (jarní)
  - Při tomto jevu dochází k roztátí podstatné části vody akumulované v povodí ve formě sněhové pokrývky nahromaděné během zimy. Tento jev můžeme na našem území pozorovat téměř každý rok v období mezi měsíci března až dubna, ale také při dílčích oblevách mezi prosincem a únorem (ČHMÚ - Kimlová, 2015). Během zimních měsíců je každý týden Českým hydrometeorologickým úřadem vydávána souhrnná zpráva, která nás informuje o zásobě vody ve sněhu k aktuálnímu datu (obr č. 2). Průměrné odtokové výšky dosahují hodnot 8 - 12 mm / 24 hodin. Za vysoké hodnoty považujeme výšky tajícího sněhu o hodnotách 15 - 20 mm / 24 hodin a za extrémní již hodnoty 25 - 30 mm / 24 hodin (Hrádek, 2008).



Obr. č. 1: Hydrogram z povodní při tání něhu (ČHMÚ, 2003)

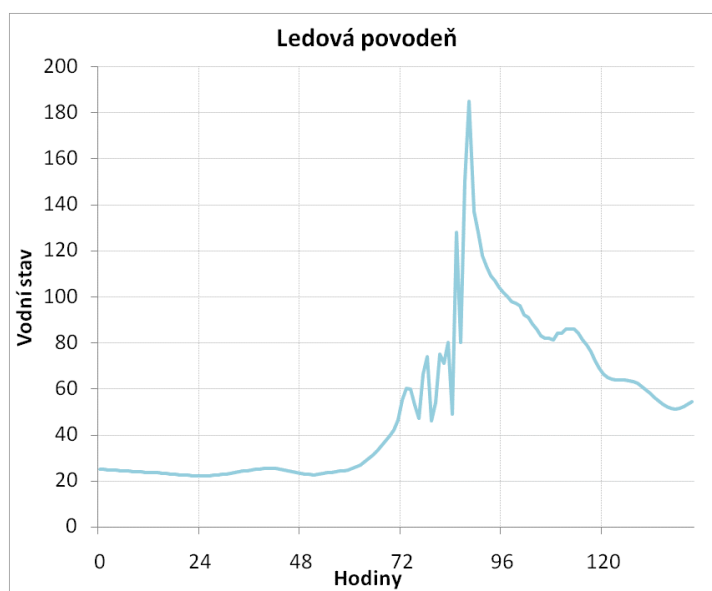


Obr. č. 2: Rozložení vodní hodnoty sněhu (SVH) na území ČR (ČHMÚ, 2015)

- ledové:
  - Dochází k nim v případech, kdy hladina vodních toků zamrzá. Při následném oteplení dochází k narušení ledového pokryvu a následnému vrstvení jednotlivých ker do ledových bariér, které přehrazují koryta toků a vzdouvají vodu nad sebe. Nad bariérami se tvoří jezera, která při rozlivu

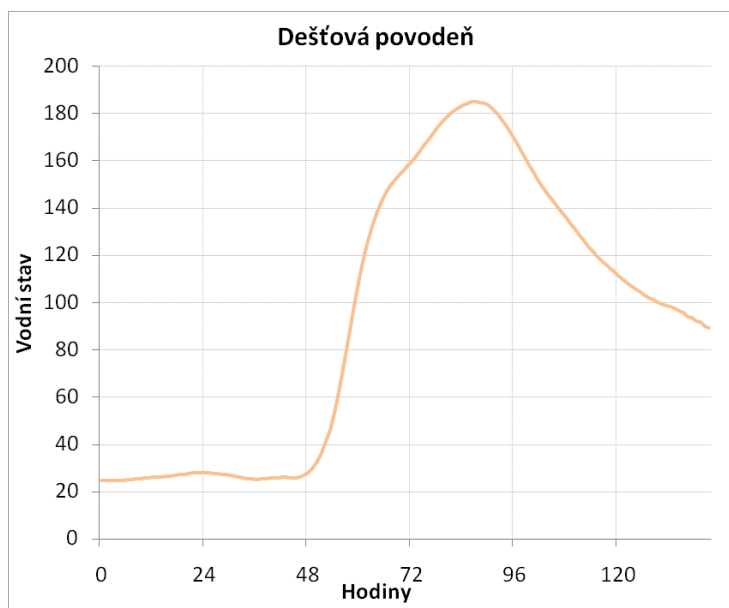
ohrožují budovy a pozemky v blízkosti vodního toku. Zároveň hrozí protržení ledových bariér a vzniku povodňové vlny (ČHMÚ, 2014).

- Tyto stavy je možné částečně regulovat pomocí mechanického narušování bariér nebo jejich odstřelem.



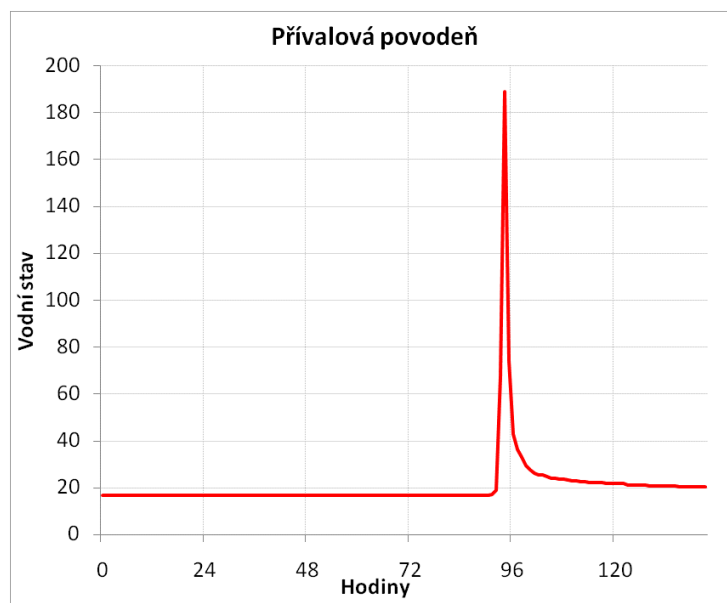
Obr. č. 3: Hydrogram průběhu ledové povodně (ČHMÚ, 2003)

- z trvalých dešťů (letní) :
  - Vznikají při déle trvajících intenzivních srážkách často zesílené v horských oblastech, především v letních obdobích roku. Půda není schopna vsakovat více srážek z důvodu nasycení a dochází k výraznému odtoku z krajiny. Tyto povodně měly katastrofální dopad na ČR v červenci 1997 a srpnu 2002, kdy došlo k intenzivnímu vypadávání srážek na našem území z důsledku setrvání tlakové níže nad střední Evropou (ČHMÚ, 2014). Čamrová (2007) uvádí, že k dosažení zlomové hranice povodňového stavu z trvalých dešťů jsou postačující hodnoty 15 - 30 mm / 24 hodin.



Obr. č. 4: Hydrogram průběhu dešťové povodně (ČHMÚ, 2003)

- přívalové (bleskové) :
  - Způsobeny přívalovými srážkami, především při letních silných bouřkových „lijácích“ kdy se můžeme setkat s hodnotou 1 - 2 mm spadlé srážkové vody za časovou jednotu jedné minuty. Jedná se ovšem pouze o krátkodobé srážky trvající v rozmezí několika minut. V případě intenzivního „lijáku“, který trvá více než 10-20 minut nastává významnější povrchový odtok. Pro případ ohrožení se uvádí časové rozmezí, kdy intenzivní srážka přesahuje dobu trvání jedné hodiny či více a dosahuje hodnoty 100 mm srážek. Poté může dojít k nebezpečné odtokové situaci, přívalové povodni. V případě vyhodnocování stavu ohrožení je nutné zohlednit hydrologické podmínky zasažené oblasti, především tvar, polohu a konfiguraci povodí (ČHMÚ, 2014).



Obr. č. 5 : Hydrogram průběhu přívalové povodně (ČHMÚ, 2003)

- zvláštní:
  - Pojem zvláštních povodní se zavádí v souvislosti s dalšími možnými příčinami, které způsobují havárie hydrotechnických zařízení. Nejčastěji se můžeme setkat s protržením hráze rybníka či přehrad. Lze je charakterizovat jako povodně s přílivovou vlnou a ohromnou destruktivní silou, která má katastrofální následky pro život pod hrázemi (ČHMÚ, 2014). Jedná se o stavy s nízkou pravděpodobností výskytu.
  
- další druhy
  - Mimo již uvedené typy povodní se můžeme setkat s druhy, které jsou na našem území vzhledem fyzicko-geografickým podmínkám téměř nemožné nebo na našem území nebyly doposud zaznamenány (například tsunami).

### 3.2. Historie povodní do 21. století

Z hlediska hodnocení výskytu povodňových aktivit je pro Českou republiku rozhodující skutečností geografická poloha na rozhraní působení vlivu oceánského a vnitrozemského podnebí, kde se nachází mírný klimatický pás s pravidelným střídáním ročních cyklů, teplot a srážek (Neuwirth, 1996). I přes tento fakt se doposud stále nedá povodňová aktivita předvídat více než několik málo dní dopředu. Povodňové směrnice Evropského společenství pro plánování ochrany před těmito

přírodními katastrofami uvádí, že pro moderní přístup ochrany před povodňovými stavy je nutné znát rozsahy, četnosti výskytu a období sucha v kontextu se skutečnostmi, které již nastaly v historii z důvodu pravděpodobnosti opakování těchto jevů v budoucnu (Daňhelka, 2012).

Musíme ovšem také brát v úvahu, že povodně nelze úplně „zkrotit“. Povodně se v prostoru naší republiky vždy vyskytovaly a vyskytovat budou, proto jde především o rozšiřování poznatků a zkušeností, jak se před těmito katastrofálními důsledky dokonaleji chránit (Hladný, 2007). Již v minulosti se naši předci museli potýkat s projevy přírodních katastrof. Svědčí o tom bohatě se vyskytující zmínky v nejstarších literárních pramenech, pro nás dnes využitelných formách dokumentárních zdrojů. V dnešní době je možné z těchto zdrojů využít odvozené informace z povodňových značek nebo zpráv o zatopení míst či objektů, které nám mohou nastínit situaci při dané povodňové aktivitě (Elleder, 2007). Z historických pramenů se můžeme také dočíst, že se povodňové aktivity na našem území vyskytovaly v stále v kratším časovém horizontu a postihovaly stále stejné území z důvodu napřimování toků pro získání větší zemědělské plochy využívané k obhospodařování, především v poválečných desetiletích kdy hospodářská činnost pronikala do bezprostřední blízkosti toků, dokonce až na samotné břehové linie vodního toku. Oproti tomu je z historických pramenů patrné, že právě díky volným říčním nivám a meandrování krajiny nebyly povodně tak časté a rozsáhlé. Vždyť právě prostor údolních niv měl odjakživa funkci průtočného koryta, které bylo vymezeno přírodou tak, aby jím mohl být odváděn sebevětší objem z povodňového toku v průběhu rozvodnění (Hladný, 2007). V návaznosti na tyto skutečnosti Hudečková (2011) ve svých publikacích upozorňuje na nutnost zaměření se na opětovné revitalizace vodních toků a vytvoření opatření pro zachytávání vody.

Tato opatření by měla během povodní omezit rozlévání vody z koryt do vodotečí, a tak zamezit výskytu vysokým kulminačním průtokům, které nazýváme dvacetileté, padesátileté a stoleté vody ( $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ). Stavby těchto kulminačních průtoků jsou posuzovány podle průměrné délky časové pauzy mezi jejich výskytem s v porovnání s historickými statistikami (Slavičková, 2011). Velké povodně řadíme do periodicky se opakujících jevů, u kterých není možné zabránit jejich vzniku ani jim zabránit žádnými technickými opatřeními (Cílek, 2004). V dnešní době je ale možné díky stále se rozvíjejícím možnostem softwarových předpovědí a komplexních projektů zadávaných Ministerstvem životního prostředí, které jsou



financovány ze státních prostředků, eliminovat nepříjemné dopady povodní na lidské životy a jejich blízký majetek postihovaný těmito jevy (Daňhelka, 2012).

- r. 1118 - První dochovaný záznam o povodních na našem území, který je zapsán v Kosmově Kronice Čechů. Jednalo se o povodeň dešťovou, která zasáhla toky Vltavy a Labe na začátku září. Tento záznam ovšem nemůže považovat za přesný, jelikož tyto informace nejsou ověřitelné jinými dochovanými zdroji a navíc v této době neexistoval stabilní vodočet pro přesné změření výšek kulminačního průtoku (Státníková, 2007).
- r. 1342 - 31. leden až 1. únor. Zápis v Kronice Františka Pražského popisují rozsáhlé smíšené a ledové povodně, které zasáhly celé území Čech. Z těchto povodní jsou doloženy škody na majetku v podobě strženého pražského (Juditina) mostu a také jsou zde již uvedeny oběti na životech (Státníková, 2007).
- r. 1432 - 21. až 22. červenec. Do velké vody roku 2002 patřila červencová dešťová povodeň z roku 1432 na tocích Labe, Vltavy, Berounky a Ohři k největším povodním na českém území v historii. V Třeboňské kronice, kde je zápis této katastrofy uveden, se můžeme dočíst, že voda dosahovala v Praze až ke kostelu sv. Mikuláše na Staroměstském náměstí. Velké voda začala kulminovat v ranních hodinách 22. července. Doba opadu vody byla zaznamenávána sedm dní až do data 28. července. Povodeň způsobila obrovské materiální škody a veliké škody na životech (Státníková, 2007).
- r. 1784 - 27. až 29. únor. Smíšená ledová povodeň, která zasáhla povodí Labe, Vltavy i Ohře. Tato povodeň je pro nás z historického hlediska velmi důležitá, jelikož se jedná o první povodeň se zaznamenanými hodnotami průtoků, výšky hladin a časy kulminací, ze kterých jsme nyní schopni vycházet v rámci budoucích protipovodňových opatření. Rozvodněná hladina sahala do výšky 575 cm při kulminačním průtoku 4580 m<sup>3</sup>/s. V důsledku povodně došlo k velkým majetkovým škodám během zatopení vesnic, výroben, poboření domů a znehodnocení orné půdy.

Přesné ztráty na lidských životech nejsou známy, odhady se ovšem pohybují ve stovkových řádech (Státníková, 2007).

- r. 1890 - 1. až 6. září. Dešťová povodeň postihující povodí Vltavy, Labe i Ohře. Tato povodeň byla zapříčiněna několikadenními srážkami po celém našem území. Rekordní úhrn srážek byl naměřen na povodí Malše, stanicí Žofínský zámek, v rozmezí čtyř dnů od začátku vydatných srážek, kde bylo naměřeno 243 mm spadlých srážek (Cílek, 2004). Výšku vodní hladiny tehdy zaznamenalo 52 vodočetných stanic, což nám dnes umožňuje průběh povodně dobře rekonstruovat. Při této události se v Praze voda rozlila do ulic, zatopila velkou část Starého Města a došlo k poboření Karlova mostu. Tato povodeň je v Praze považována za stoletou (Státníková, 2007).
- r. 1954 - 10. červenec. Cílek (2004) ve své publikaci uvádí, že se jednalo o největší povodeň 20. století na povodí Vltavy. Byla zapříčiněna třídenním obdobím trvalých dešťů, při kterých dosáhly hodnoty přirozeného maxima 2920 m<sup>3</sup>/s o celkové kulminaci 100 - 150 mm. Státníková (2007) dodává, že tato povodeň byla velmi ovlivněna rozestavěným vodním dílem Slapy, které díky volnému prostoru nedostavěné stavby snížilo průběh kulminace asi o 700 m<sup>3</sup>/s.
- r. 1997 - červenec. Povodeň způsobená dlouho trvajícím srážkami o velké intenzitě v období mezi 4. a 9. červencem na východní části české republiky. Zasaženo bylo nezvykle velké území a to od povodí Odry až po povodí Moravy. Na řadě vodních toků dosahovaly kulminační průtoky hodnot stoletých průtoků a i vyšších. Na toku řeky Moravy ve Strážnici zaznamenali v tomto období vodu stoletou, v Kroměříži vodu s dobou opakování jednou za 300 let, v Olomouci jednou za 500 let a v Raškově dokonce jednou za 800 let. Na území ČR během této povodně zahynulo 50 lidí a byly způsobeny obrovské škody na majetku.  
Jediným pozitivním důsledkem této katastrofy, byla změna vnímání protipovodňové ochrany, která vedla k řadě projektů podporující vývoje nových analýz pro určení příčin, průběhů a následků, které byly následně použity pro návrh nových protipovodňových opatření (Munzar, 2007).

### 3.3. Povodně 21. století

Po záplavách z roku 1997 se začala značně rozvíjet protipovodňová opatření a ochrana před dopady povodní. Vznikaly nové modelovací systémy pro předpovědi rozsahu povodní, dokonce do některých pražských čtvrtí podél řeky byly distribuovány brožury, které měly seznámit obyvatele s možným povodňovým nebezpečím, protipovodňovými a evakuačními plány. Na přelomu roku 2001 a 2002 bylo médiu vysíláno velké množství pořadů a dokumentů zabývajících se právě touto problematikou za účelem informovanosti a připravenosti obyvatel v případě situace, opětovného zvýšení povodňových stavů v blízkosti jejich obydlí (Státníková, 2007). V návaznosti na katastrofální dopady povodní z let minulých došlo především k výrazné změně dominantní strategie ohledně odvádění velké vody, která byla doposud ze zaplavovaného území odváděna co nejrychleji. Oproti tomu se začala více prosazovat strategie zadržování nadbytečných objemů povodňových srážek v krajinně vhodným způsobem, tak aby byla zbrzděna koncentrace odtoku do říčních sítí (Hladný, 2007). V tomto důsledku byla vystavěna Vltavská kaskáda, jenž nás měla před vysokými povodňovými stavy ochránit nebo alespoň minimalizovat jejich dopad (Státníková, 2007). I přes to nás povodně v roce 2002 zastihly nepřipravené.

- r. 2002 - 12. až 16. srpen. Tato dešťová povodeň byla způsobena velkými regionálními dešti, které zasáhly celé území ČR ve dvou po sobě rychle následujících srážkových vlnách v návaznosti na postupu výrazných tlakových níží přecházející střední Evropu a s nimi spojených frontálních systémů (ČHMÚ, 2003).

1. srážková vlna (6. až 7. srpna) - V první srážkové vlně došlo především k zasažení území jižních Čech a jihozápadní Moravy, kde kulminační průtoky na řadě řek (Malše, Vltava, Blanice) dosahovaly hodnot tisícileté vody (Státníková, 2007). Český hydrometeorologický ústav uvádí, že během první srážkové fáze do profilu soutoku Vltavy s Otavou spadlo 1,15 mld m<sup>3</sup>.

2. srážková vlna (11. až 13. srpen) - Následující srážková vlna oproti té první ještě zesílila na intenzitě v souvislosti přecházející středomořskou cyklonou.

Do povodí Vltavy po soutok s Labem spadlo 2.99 mld m<sup>3</sup> vody což po první přívalové vlně srážek, kdy byla povodí již zcela nasycena a nebyla schopna přívalové srážky zachytit, vyvolalo na postižených územích odtok s katastrofálními kulminačními objemy. Praha byla zasažena kulminačními vlnami z povodí Vltavy a Berounky, což mělo za následek vysoký kulminační průtok o hodnotě 5160 m<sup>3</sup>/s odpovídající hodnotám pětisetleté vody (ČHMÚ, 2003). Zásadním faktem, bylo zjištění, že vliv Vltavské kaskády na průtok byl téměř nulový.

- 2006 - březen. Smíšené povodně, které zasáhly především území Moravy a povodí Nežárky a Lužnice kde průtoky dosahovaly padesátiletých až stoletých hodnot (Povodí Vltavy, 2009). Nejvíce srážek spadlo v období mezi 25. 3. až 3. 4. 2006 kdy byl zaznamenán úhrn srážek o hodnotách 40 - 60 mm. Nejvíce bohatý na srážkovou aktivitu byl ovšem 28. březen kdy spadlo 30 mm srážek, které měly vliv na rychlost odtávání sněhové pokrývky a vznik povodní.
- 2009 - červen a červenec. Smíšená povodeň byla způsobena několika povodňovými událostmi na různých místech státu, probíhajícími nezávisle. Povodně byly vyvolány typem synoptické situace východního až jihovýchodního proudění ovlivňující území dlouho trvajících srážkami a následnými přívalovými dešti. Postiženy povodněmi byly především malé toky a obce v okolí Novojičínka. Maximální průtočné hodnoty dosahovaly stoletých vod (ČHMÚ, 2010).
- 2010 - 1. až 16. srpna. Přívalové neboli bleskové povodně zasahující území okresů Ústí nad Labem, Děčín, Litoměřice a okresy České Lípy, Jablonce nad Nisou a částečně okresu Semil byly soustředěny do prvních dvou dní tohoto období (6. - 8. srpna). Přivály byly způsobené postupem nízkého tlaku na naše území a s ním spojenou studenou frontou v návaznosti s nasyceným podložím, které nebylo schopné spadlou vodu již absorbovat (ČHMÚ, 2010). Hodinové srážky na zasažených územích dosahovaly hodnot až 50 mm a dosahovali kulminačních průtoků padesátileté až stoleté vody.

Dle metodiky Ministerstva financí byly vyčísleny škody v hodnotě 5,12 mld. Kč (Daňhelka, 2012).

- 2013 - Srážkové povodně tohoto roku probíhaly ve třech navazujících vlnách v období mezi 29. 5. až 5. 6. 2013. Příčinou povodňové situace byl velmi vlhký květen (měsíční úhrn srážek dosahoval rekordních hodnot 113 mm), po kterém byla povodí vodou značně nasycena, což při dalších srážkách způsobovalo rychlou povodňovou odezvu. Měsíc následující byl také srážkově silně nadprůměrným s plošným průměrem 146 mm a výrazně ovlivnil vývoj odtokové situace z povodí v návaznosti tlakové níže, která převládala nad naším územím. Nejvyšší srážkové úhrny byly naměřeny v tomto období ve Středočeském kraji, kde byla dosažena hodnot 219,4 mm. Na povodí Labe byly v průběhu tohoto období naměřeny kulminační průtoky povodňových vln přesahující hodnoty stoleté vody, viz další hodnoty N - letosti viz. tab. č. 1 (ČHMÚ. 2013).

| Vodní tok                          | Úsek                     | km od - do    | N-letost orientační | Délka úseku km |
|------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|----------------|
| Milevský potok                     | Chyšky – ústí            | 0,0 – 19,6    | 100                 | 19,6           |
| Smutná                             | Jistebnice – ústí        | 0,0 – 44,1    | 100                 | 44,1           |
| Lužnice                            | Bechyně                  | 10,0 – 13,0   | 100                 | 3,0            |
| Blanice                            | Louňovice – ústí         | 0,0 – 37,0    | > 100               | 37,0           |
| Úhlava                             | Malechov – ústí          | 0,0 – 53,7    | 20 – 50             | 53,7           |
| Berounka                           | Černošice – ústí         | 0,0 – 8,1     | 20                  | 8,1            |
| Vltava                             | Štěchovice – VD Vrané    | 82,0 – 84,3   | 20 – 50             | 2,3            |
| Vltava                             | Praha                    | 40,0 – 71,3   | 20 – 50             | 31,3           |
| Vltava                             | Klecany – ústí           | 0,0 – 40,0    | 20 – 50             | 40,0           |
| <b><i>Povodí Vltavy celkem</i></b> |                          |               |                     | <b>239,1</b>   |
| Bystřice                           | Rohoznice – Miletín      | 46,2 – 51,2   | > 100               | 5,0            |
| Cidlina                            | Libice n. C. – Sáňy      | 0,5 – 8,0     | 10 - 20             | 40,0           |
|                                    | Lučice – Vysoké Veselí   | 25,5 – 58,0   |                     |                |
| Čistá                              | Hostinné - Rudník        | 0,3 – 6,9     | > 100               | 6,6            |
| Dolní a Střední Labe               | Hřensko – Kostelec n. L. | 726,6 – 856,9 | 20 - 50             | 130,3          |

tab. č. 1: Úseky toků s vyhodnoceným rozsahem záplav (ČHMÚ, 2013)

## **4. Ochrana a strategie před povodněmi**

V návaznosti na povodňové extrémy, které zasáhly nejen území ČR, ale i okolní země Evropy koncem devadesátých let minulého století, byly vytvořeny nové strategie prevencí s cíly snížení ztrát na lidských životech a materiálních škodách v průběhu povodňových aktivit. První popovodňová strategie byla přijata vládou České republiky v dubnu roku 2000 usnesením č. 382 (Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky). Aktualizace této strategie byla ovšem nutná již po záplavách z roku 2002 (Usnesení vlády ČR, č. 382, 2010). K aktualizaci strategie vedlo kritické zhodnocení aktivit ČHMÚ, kdy byl okamžitě přijat soubor opatření k vylepšení a odstranění detekovaných nedostatků. Jednalo se především o (ČHMÚ, 2006):

- obnovu, opravu zničených či poškozených meteorologických stanic
- posílení a úpravu frekvence sběru dat ze stanic
- rozšíření funkcí datových systémů
- aplikace další statistické a dynamické korekce na radarový odhad srážek

Další aktualizace strategie byla přijata v roce 2006 v rámci schválení Plánu hlavních povodní České republiky, který se dle zákona o vodě (č. 254/2001 Sb.) stal strategickým dokumentem vodohospodářské politiky s platností v období do roku 2027. Jedná se především o naplnění cílů rámcové směrnice o vodách (2000/60/ES), které pojednává o ochraně vody jako složky životního prostředí. V roce 2007 zatím došlo k poslední aktualizaci strategie v návaznosti přijetím směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES (Usnesení vlády ČR, č. 382, 2010).

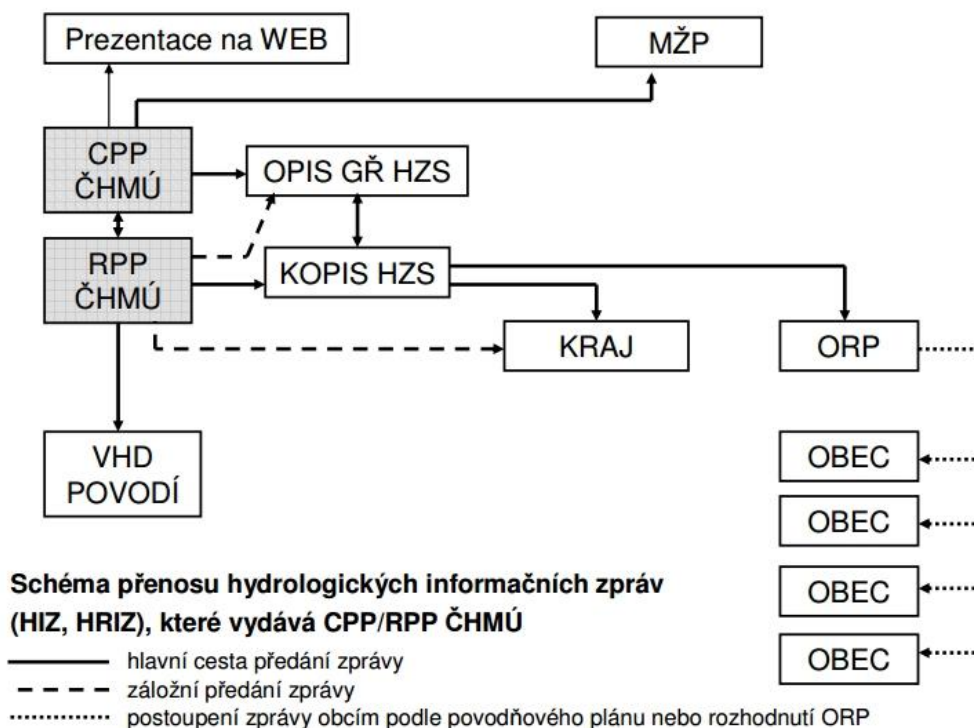
### **4.1. Hlásná a předpovědní povodňová služba**

Hydrologické předpovědi se na území bývalého Československa začaly metodicky i prakticky rozvíjet v osmdesátých letech 19. století. Hlavní příčinou byla nutnost protipovodňové ochrany, které byla postupem času doplněna o další požadavky na informace týkající se vývoje odtokových situací ze stran vodní dopravy, zásobáren vody a hydrotechniky.

Celostátně fungující předpovědní služba a vznik nových regionálních pracovišť je datován k letům 1962 a 1963 v návaznosti na extrémní povodně na území dnešního Slovenska roku 1960. V návaznosti na usnesení vlády ČSR č. 921 ze dne 28. 9. 1960, která na tuto povodeň reagovala, vznikla Hlásná a předpovědní služba (HPPS) tak, jak ji známe dnes (Elleder, 2012).

Dle Vodního zákona (č. 254/2001 Sb, §73) je Hlásná povodňová služba zodpovědná za předávání informací ohledně nebezpečí, vývoje a průběhu povodní povodňovým orgánům tak, aby byly schopné zajistit patřičná opatření pro ochranu před jejich dopady (Kubát, 2001). Hlásná povodňová služba je organizována jednotlivými povodňovými orgány obcí, obcemi s rozšířenou působností a dalšími účastníky ochranného systému před povodněmi (státními podniky Povodí, ČHMÚ) (ČHMÚ, 2015).

Předpovědní povodňová služba má za úkol informovat zodpovědné orgány a obyvatele o možnosti případného ohrožení. Tyto služby jsou ve správě Českého hydrometeorologického ústavu, který vydává výstrahy před povodňovými jevy, bouřkami ale také předpovědi o vodních stavech a průtocích pro vybrané profily nacházející se na našem území (ČHMÚ, 2015).



Obr. č. 6 : Schéma přenosu hydrologický informačních zpráv (Ministerstvo životního prostředí, 2011)

- vysvětlení pojmů k obr. č. 6:
  - MŽP - Ministerstvo životního prostředí
  - ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav
  - CPP - centrální předpovědní pracoviště
  - RPP - regionální předpovědní pracoviště
  - VHD - vodohospodářské dispečinky podniků Povodí
  - OPIS - operační a informační střediska
  - KOPIS - krajská operační a informační střediska
  - ORP - povodňové orgány obcí s rozšířenou působností

Cílem celkového seskupení Hlásné a předpovědní služby ČHMÚ (HPPS) je zajištění:

- monitoringu aktuálních situací na vybraných povodích
- přípravy hydrologických předpovědí
- vydávání pravidelných zpráva výstrah v případě hrozících povodní

Všechny tyto cíle jsou řešeny hydrologii rozmístěných na regionálních předpovědních stanicích ČHMÚ v rámci působnosti ČHMÚ. Téměř všechny výstupy Hlásné a předpovědní služby jsou veřejnosti poskytovány k dispozici zdarma prostřednictvím médií a internetových stránek Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ, 2015).

#### **4.2. Stupně povodňové aktivity**

Jednotlivé povodňové stupně a rozsahy jejich operativního opatření jsou vyjádřeny třemi závaznými kategoriemi dle zákona o vodě č. 254/2001 Sb. § 70, uvedený v platnost na území ČR k datu 01. 01. 2002. Stupni povodňové aktivity (SPA) rozumíme míru možného povodňového nebezpečí vázaného na směrodatné limity, jimiž jsou vodní stavy, průtoky hlásných profilů, nebo jevy dosahující mezních či kritických hodnot jiného jevu, který stanovuje příslušný povodňový plán (zákon č. 254/2001 Sb.). Na závislosti průtoků a stavů průtočných kapacit koryt vodních toků rozlišujeme tři stupně povodňových aktivit (ČHMÚ, 2010):



- 1. SPA (stav bdělosti) - Je vyhlášen v případě vzniku nebezpečí přirozené povodně a je odvoláván v případě pomnutí nastalého nebezpečí. Stavem bdělosti je také považována situace, označena předpovědní povodňovou službou Českého hydrometeorologického úřadu. Při dosažení prvního povodňového stupně nedochází k vybřežení, rozlivům toku a tedy ani k hmotným či majetkovým škodám. Vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí je ovšem nutné věnovat zvýšenou pozornost pro možné zhoršení situace a následně včasného zásahu. Tento stav je charakterizován zvýšenou rychlostí proudění a zvýšenou hloubkou toku. Při vyhlášení prvního povodňového stupně by nemělo docházet k žádným aktivitám v korytě toku ani v zaplavených územích (z. č. 254/2001 Sb. , ČHMÚ, 2014)
- 2. SPA (stav pohotovosti) - Vyhláší příslušný povodňový orgán při nebezpečí přirozené povodně během rozvodněného stavu povodí, kdy však nenastávají větší rozlivy ani škody mimo koryto. Při vyhlášení druhého povodňového stupně dochází k menším rozlivům zaplavující pouze příbřežní louky, porosty a částečně mohou být zasaženy i menší komunikace. V těchto případech monitorují nastalou situaci povodňové orgány a služby tak, aby byly schopné dle prognóz dostatečně čas provádět protipovodňová opatření ke zmírnění průběhu povodně (protipovodňové bariéry, evakuace aj.). Během stavu pohotovosti je nezbytné vyvarovat se veškerým aktivitám v korytě a zaplavených územích (z. č. 254/2001 Sb. , ČHMÚ, 2014).
- 3. SPA (stav ohrožení) - Vyhlášen povodňovými orgány v době bezprostředního nebezpečí nebo vzniku majetkových, hmotných škod a ohrožení životů lidí v záplavovém území. Při třetím stupni povodňového stavu jsou zaplavována města a obce a proto je nutné zajišťovat a zabezpečovat záchranné práce. V rámci usnadnění práce záchranným složkám a vykonavatelům protipovodňových opatření je zapotřebí opustit zaplavené území na pokyn příslušných povodňových orgánů co nejdříve.

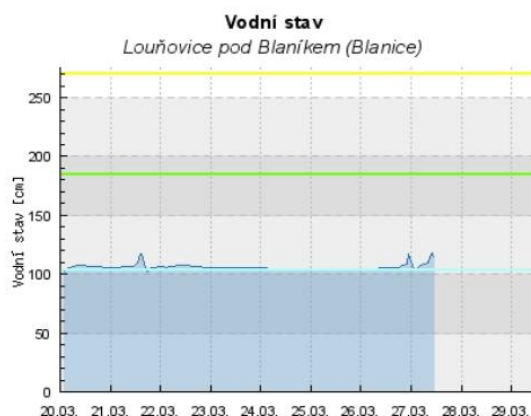
Během opouštění měst a obcí je zapotřebí počítat s možností komplikací v podobě dopravy, zaplavenými komunikacemi, uzavírkami mostů a dopravním chaosem. Také může dojít k postižení inženýrských sítí, výpadkům elektřiny a problémům s dodávkami vody a plynu. Průběžné informace o stavu a předpokládaném vývoji povodně poskytuje informace ČHMÚ a jiné veřejnoprávní sdělovací prostředky (zákon č. 254/2001 Sb., ČHMÚ, 2014).

Druhý a třetí stupeň ohrožení je vyhlášen a odvoláván příslušnými povodňovými orgány v rámci působnosti územního obvodu. Pro vyhlášení či zrušení těchto stupňů musí být doloženy podklady o dosažení předpovědi směrodatného limitu hladin nebo průtoků dle ustanovení v jednotlivých povodňových plánech, oznámení vlastníka vodního díla, doporučení správce daného vodního díla, popřípadě další skutečnosti charakterizující míru nebezpečí. Dále výše uvedený zákon hovoří o jednotlivých směrodatných limitech vodních stavů pro vyhlášení stupňů povodňových aktivit, které jsou závazné pro plány nižších stupňů. Uvedené limity jsou nedílnou součástí povodňových plánů (ČHMÚ, 2010).

Všechny potřebné informace ohledně aktuálních vodních stavů v průběhu času lze sledovat na stánkách ČHMÚ, které jsou aktualizovány v hodinových odstupech pro každou detailní stanici nacházející se na daném povodí. V detailu stanic jsou uvedeny statické grafy pro vodní stavy a průtoky v rámci několika málo dní včetně tabulek s detailním popisem těchto hodnot viz obrázek č. 6 a obrázek č. 7.

### Detail stanice Louňovice pod Bláníkem

Datum : 27.03.2015 11:02:00



|                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Tok                          | Blanice                           |
| Název stanice                | Louňovice pod Bláníkem            |
| Kategorie                    | B                                 |
| Povodí III. řádu             | 1-09-03 Sázava od Želivky po ústí |
| Obec s rozšířenou působností | Vlašim                            |
| Provozovatel                 |                                   |

#### Limity pro stupně povodňové aktivity

|           |             |                          |
|-----------|-------------|--------------------------|
| 1. stupeň | H = 185[cm] | 1.SPA (bdělost)          |
| 2. stupeň | H = 270[cm] | 2.SPA (pohotovost)       |
| 3. stupeň | H = 335[cm] | 3.SPA (ohrožení)         |
| 3. stupeň | H = 351[cm] | 3.SPA (extrémní povodeň) |
| sucho     | H = 103[cm] |                          |

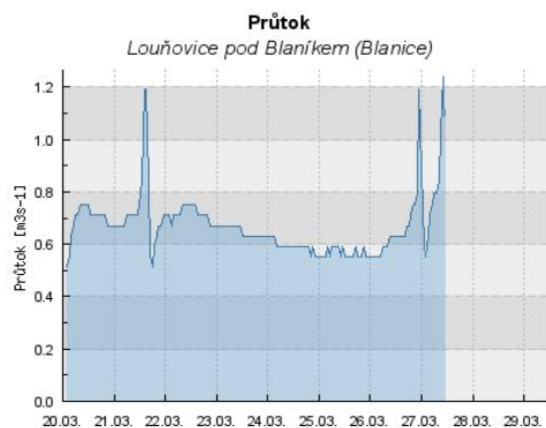
#### Platnost SPA pro úsek toku / Kritické místo

Louňovice - ústí Chotýšanky



| datum a čas      | stav [cm] | průtok [m3s-1] | teplota [°C] |
|------------------|-----------|----------------|--------------|
| 27.03.2015 10:40 | 115       | 1.09           | 7.5          |
| 27.03.2015 10:30 | 116       | 1.14           | 7.5          |
| 27.03.2015 10:20 | 117       | 1.19           | 7.5          |

Obr. č. 7 : Detail vodních stavů vybrané stanice (ČHMÚ, 2015)



| datum a čas      | stav [cm] | průtok [m3s-1] | teplota [°C] |
|------------------|-----------|----------------|--------------|
| 27.03.2015 10:40 | 115       | 1.09           | 7.5          |
| 27.03.2015 10:30 | 116       | 1.14           | 7.5          |
| 27.03.2015 10:20 | 117       | 1.19           | 7.5          |
| 27.03.2015 10:10 | 117       | 1.19           | 7.4          |
| 27.03.2015 10:00 | 118       | 1.24           | 7.4          |
| 27.03.2015 09:00 | 114       | 1.03           | 7.4          |
| 27.03.2015 08:00 | 110       | 0.842          | 7.4          |
| 27.03.2015 07:00 | 109       | 0.797          | 7.5          |
| 27.03.2015 06:00 | 109       | 0.797          | 7.6          |
| 27.03.2015 05:00 | 108       | 0.753          | 7.7          |
| 27.03.2015 04:00 | 107       | 0.711          | 7.8          |
| 27.03.2015 03:00 | 105       | 0.629          | 7.9          |
| 27.03.2015 02:00 | 103       | 0.552          | 8            |
| 27.03.2015 01:00 | 104       | 0.59           | 8.1          |
| 27.03.2015 00:00 | 111       | 0.888          | 8.1          |
| 26.03.2015 23:00 | 117       | 1.19           | 8.1          |
| 26.03.2015 22:00 | 109       | 0.797          | 8.2          |
| 26.03.2015 21:00 | 108       | 0.753          | 8.2          |
| 26.03.2015 20:00 | 108       | 0.753          | 8.4          |
| 26.03.2015 19:00 | 107       | 0.711          | 8.5          |
| 26.03.2015 18:00 | 106       | 0.669          | 8.7          |
| 26.03.2015 17:00 | 106       | 0.669          | 8.7          |
| 26.03.2015 16:00 | 105       | 0.629          | 8.7          |
| 26.03.2015 15:00 | 105       | 0.629          | 8.6          |
| 26.03.2015 14:00 | 105       | 0.629          | 8.5          |
| 26.03.2015 13:00 | 105       | 0.629          | 8.2          |
| 26.03.2015 12:00 | 105       | 0.629          | 7.7          |
| 26.03.2015 11:00 | 105       | 0.629          | 7.4          |

Obr. č. 8 : Detail průtoků vybrané stanice (ČHMÚ, 2015)

### 4.3. Prevence proti povodním

I přes nahromaděné poznatky a zkušenosti z let předchozích, kdy naše území zasáhly velké povodně, nejsme stále schopni docílit absolutní ochrany lidských životů a majetku. Následkem toho dochází stále k většímu zvyšování nároků na preventivní opatření, které mají za úkol alespoň dopad velkých vod snižovat na minimum.

Relativně nejvyššího účinku zmírnění škod lze dosáhnout prevencí a tudíž zvýšením retenčních schopností krajiny spolu s ostatními opatřeními.

Vášků (1998) ve své publikaci definuje retenční schopnost krajiny jako dočasné zadržování akumulované vody na vegetaci, objektech povodí, pokryvné vrstvě objektů, půdě, poldrech, protierozních příkopech a průlezech. Hodnota retence povodí je určována jednotlivými uplatněními funkcí retenčních a akumulačních prvků během výskytu dešťů v závislosti na velikosti postiženého území.

Z toho vyplývá jedna ze zásadních strategií využívaná na území ČR, která pojednává o zajištění maximálního prostoru říčních rozlivů, maximálním uvolnění údolních niv, zabraňování další možné urbanizaci v inundačních územích a o přemístění riskantně lokalizovaných objektů (Just, 2010). Dále Hladný (2007) dodává, že zahraniční výzkumy prokazují, že při vhodném zvolení preventivních opatření s funkční výstražnou i předpovědní službou a za spolupráce obyvatelstva lze snížit ztráty do výše 30 % v závislosti na rozměru povodně.

Donedávna byl pro prevenci před povodněmi využíván především technický koncept pro úpravu vodních toků, který preferoval rychlý a soustředěný odtok vody z krajiny. Tento koncept byl ovšem jednostranně zaměřen na recipientní, odtokové a energetické funkce vodního toku na úkor funkce přirozených forem zadržování vody v krajině, který byl poškozován. V dnešní době se již ve vyspělých vodohospodářských zemích můžeme setkat s nově prosazovaným konceptem, který se snaží zajišťovat odůvodněné technické funkce vodních toků a zároveň zlepšovat jejich ekologický stav. Degradující rozsahy technických úprav jsou omezovány na minimum a pozornost je zaměřena na samovolné procesy obnovy (renaturace) koryt vodních toků a tak dosažení zlepšující revitalizace krajiny (Just, 2010).

Taktéž jsou stále více podporovány „přírodě blízké“ preventivní opatření, které také napomáhají ke snižování následků v důsledku povodní. Mezi tyto prevence nebo tzv., hydrologické stabilizační prvky krajiny řadíme (Hladný, 2007):

- stráně a stráňky
- strukturní, selské a protierozní terasy
- meze, umělé hrázky
- singulární lesíky
- příkopy, rybníky, suché nádrže
- průlehy a stabilizované strže

#### **4.4. Protipovodňová opatření**

Jak už v této práci bylo několikrát zmíněno, absolutní ochrana před povodněmi není reálná, ale i přes to se lidé od „nepaměti“ snažili své majetky ochraňovat a dopady povodní alespoň zmírňovat. První zmínka o protipovodňovém opatření na našem území se vyskytuje již v 16. století a to ve formě protipovodňové hráze anebo také protipovodňových opatřeních rybníků, které se ve svém díle (*De Piscinis*) popisuje Jan Dubravius (Janata, 2007).

V dokumentech Evropské komise se můžeme také setkat s dělením protipovodňových opatření do dvou základních skupin, a to na technická a přírodně blízká opatření, které jsou v podkapitolách níže podrobněji rozvedeny (Just, 2010).

Také v zákoně o vodě (č. 254/2001 Sb) se můžeme setkat s rozdělením protipovodňových opatření dle vzniklých situací, a to na :

- přípravná opatření - stanovují se hodnoty směrodatných limitů pro povodňové aktivity, záplavová území, mapování technických a organizačních příprav, povodňové plány
- opatření při nebezpečí povodně a během povodně - jedná se především o předpovědní činnost ČHMÚ, ochranné práce, záchranné práce
- opatření po povodni - po skončení povodňových stavů je důležité zjistit rozsáhlost a dopady, které jsou archivovány, odstraňování škod a řešení pojistných událostí

#### 4.4.1. Technická opatření

Hlavním úkolem technických opatření je zmírnění účinků povodně zachycením části objemu, a tak snížení kulminačních průtoků nebo zamezení rozlivů technickými prostředky v nízko položených oblastech, které jsou v průběhu povodně ohroženy. Tyto stavby a opatření jsou evidovány v územních plánech, které navazují na předchozí projednání a schválení veřejnou správou a veřejností. Dále se můžeme setkat s technickými opatřeními v podobě kapacitních a hrázovaných koryt, která jsou využívána především pro lokální zájmy a byla zaměřena na podporu zrychlování postupu povodňových vln ve směru povodí. S těmito opatřeními se můžeme setkat jak v zastavěných územích tak i ve volné krajině (Šindlar, neuvedeno).

Mezi technická opatření řadíme:

- kapacitní úpravy koryt
- ohrázování vodních toků
- výstavby velkých retenčních nádrží

#### 4.4.2. Přírodně blízká opatření

Z pohledu moderních poznatků jsou přírodě blízká protipovodňová a protierozní opatření nezbytným doplněním opatření technických. Jednotlivá opatření dále rozlišujeme podle umístění a provádění, a to na opatření prováděné v ploše povodí (jedná se především o zemědělské typy ploch), na vodních tocích a v blízkosti jejich niv (Šindlar, neuvedeno). Opatření v ploše povodí jsou opatření protierozního charakteru s cílem snížení vodní eroze a zároveň zvýšení schopnosti krajiny snižovat rychlost povrchového odtoku a zadržování vody. Plošná opatření rozdělujeme do třech základních skupin dle typu opatření (Dumbrovský, 2010):

- agrotechnická (pěstování plodin na svažitých půdách, vhodný typ orby)
- organizačně protierozní (zastavění svažitých půd)
- biotechnická (výstavba protierozních nádrží, průlehů, mezí, apod.)

Dále Just (2010) rozvádí dělení přírodně blízkých opatření do několika hlavních okruhů:

- a. Ochrana ploch před povodňovými rozlivy:
  - Typ pasivního opatření umožňující rozlivové transformace povodňových vln na nezastavěném nivním území. Tato území je nutné zachovávat a zamezovat výstavbám jednostranných technických protipovodňových opatření v podobě hrázkování, umístování nových staveb a navážek.
  
- b. Revitalizace vodních toků ve volné krajině:
  - Tento protipovodňový aspekt je založen na členitosti, mělkosti a nízké kapacitě koryta, který má za následek zpomalení postupu a koncentrace povodňových vln za účelem jejich postupného rozlévání do přilehlých nivních území.
  
- c. Rozšiřování povodňových perimetrů vodních toků:
  - Jedná se o částečnou obnovu prostorových částí povodňových pásů, které byly v minulosti technickými úpravami toků zúženy. Při opětovném rozšiřování rozlišujeme úpravy lokální a úpravy pro dané povodí. Lokální ochranou je chápána ochrana před vybřežením a zpomalováním proudění v průběhu povodní oproti úpravám na povodí, kde se jedná o odsazování vodních děl dále od toku.
  
- d. Ochranná koryta:
  - Výstavba koryt či průlehubů mimo ohrožená zastavěná území, která jsou mimo období povodní evidována jako parková zeleň.
  
- e. Hloubené retenční prostory v nivách:
  - Jedná se o terénní deprese, které vznikají v následku vhodně směřované těžby písku či štěrku. Při nezavezení lze tyto deprese využívat jako rekreační, sportovní vodní plochy s určitou kapacitou retence během povodňový stavů.
  
- f. „Ekologické“ poldry:
  - Hydrotechnické suché poldry, které lze uplatňovat pro revitalizovaná koryta vodních toků, tůň, dřevní porosty.

- g. Odstraňování průtokových a migračních překážek:
  - Hovoříme především o nevhodně umístěných jezích v blízkosti obcí, které mohou vzdouvat povodňové průtoky a podporovat následné rozlévání do zastavěného území. Revitalizační prvek spočívá v jejich odstranění, nahrazení či snižování, tak aby byla obnovena migrační propustnost pro vodní živočichy a zároveň byl obnoven přirozený vývoj podélného profilu.
  
- h. Kompenzační revitalizační opatření:
  - V případě nutnosti technického opatření by měla být takto orientovaná opatření vhodně kompenzována opatřeními revitalizačními.

## **5. Povodňové plány**

Pro území České republiky jsou povodňové plány popsány zákonem č. 254 / 2001 Sb. o vodách v ustanovení § 71. Povodňové plány jsou definovány pro účely platného znění zákona jako dokumenty obsahující způsoby zajištění spolehlivých a včasných informací o vývoji povodně, možnostech ovlivnění odtokového režimu, organizace a přípravy zabezpečovacích prací. Dále obsahují způsoby včasné aktivizace zodpovědných povodňových orgánů, zabezpečení hlásných a hlídkových služeb pro ochranu objektů, organizaci záchranných prací a zajištění základních funkcí objektů zasaženy povodňovými aktivitami.

Povodňové plány dělíme dle obsahu na:

- a) věcnou část, zahrnující potřebné údaje k zajištění ochrany určitého objektu, povodí, obcí nebo jiných územních celků před povodňovými stavy, směrodatné limity pro vyhlášení jednotlivých povodňových stupňů
- b) organizační část, obsahující jmenné seznamy, adres, spojení na účastníky ochrany před povodněmi, úkoly ochrany pro účastníky před povodněmi, organizace hlídkové a hlásné organizace



- c) grafickou část, obsahující mapové podklady (mapy nebo plány) na kterých jsou vyznačena záplavová území, místa soustředění, evakuační trasy, informační místa a hlásné profily

Dále dělíme povodňové plány dle územních celků:

- a) povodňové plány obcí zpracovávané orgány jednotlivých obcí v území, kde hrozí výskyt povodní
- b) povodňové plány správní obvodů obcí s rozšířenou působností, plány zpracovávány obcemi s rozšířenou působností
- c) povodňové plány správní obvodů krajů, zpracovávané příslušnými orgány a správci povodí
- d) povodňový plán pro ČR, zpracováváný Ministerstvem životního prostředí

## **6. Mapy povodňového nebezpečí a rizik**

Potřeba zpracování povodňových map povodňového nebezpečí a rizik vyplývá z požadavků, které jsou uloženy Směrnicemi Evropského parlamentu a Rady - (Directive of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks) 2007/60/ES z důvodu vyhodnocování a vypořádávání se s povodňovými riziky. Česká legislativa se zabývá touto problematikou v zákoně č. 254/2001 Sb., o plánech povodí pro zvládnutí povodňových rizik.

Poslední aktualizace map povodňového nebezpečí a rizik na našem území byla provedena 13. října 2013 a následně zveřejněna Centrálním datovým skladem podřízující se Ministerstvu životního prostředí (Povodí Vltavy, 2014). Mapy povodňového nebezpečí a rizik jsou na území ČR zpracovávány v souladu se směrnicemi vypracovávané pro scénáře možných povodní o rozsahu  $Q_{500}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_5$  (VÚV TGM, 2015).

Dle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách dle ustanovení § 10 a příslušných směrnic jsou v mapách povodňového nebezpečí zanesena území, která by mohla být

dle daných scénářů ohrožena či zaplavena. Tyto scénáře dělíme dle pravděpodobnosti výskytu na:

- a) povodně s nízkou pravděpodobností výskytu (pravděpodobnost s dobou opakování jednou za 500 let) neboli povodně extrémní
- b) povodně se středně vysokou pravděpodobností výskytu (pravděpodobnost s možnou dobou opakování jednou za 500 let)
- c) povodně s vysokou pravděpodobností výskytu (pravděpodobnost s dobou opakování jednou za 20 let)

V každém scénáři map povodňového nebezpečí je také zobrazen rozsah povodně, rychlost proudu (odpovídající průtok vody), hloubka vody. Dále jsou vyznačeny úseky, kde došlo k významnému pohybu sedimentů nebo unášených předmětů a tím ovlivnění průtočnosti koryt a příčných staveb na povodí. Do map jsou také vyznačovány orientační počty obyvatel a druhy hospodářské činnosti zasažených povodní.

## **7. Podklady pro tvorbu map povodňového nebezpečí a rizik**

Povodňové nebezpečí se vyjadřuje charakteristikami průběhu povodní pro scénáře nebezpečí. Tyto scénáře jsou dosaženy při hodnotách kulminačních průtoků  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$  (VÚV TGM, 2015). Tato kapitola je věnována datům či podkladům, které v dnešní době využíváme právě k tvorbě map povodňového nebezpečí a rizik tak, abychom mohli lépe odhadnout a předpovědět možné katastrofální aktivity spojené s vodními procesy.

Nedílnou součástí podkladových dat pro tvorbu těchto map jsou převážně výstupy z hydrologických modelů, které díky se stále rozvíjejícím počítačovým technologiím staly významnými nástroji hydrologů či vodohospodářů a to ať už se jedná o předpovědní nebo návrhové účely (Jeníček, 2007). V návaznosti na tyto skutečnosti je v této práci hydrologickým modelům věnována samostatná kapitola.

## 7.1. Formáty vstupních dat

Data zpracovávaná matematickými modely nebo následně jejich výstupy jsou výsledkem rozdělení použitelných vstupních formátů se kterými se v dnešní době můžeme setkat a se kterými je pracováno (VÚV TGM, 2009). Tato data rozdělujeme na data vektorová a rastrová.

- Vektorová data:
  - \*.shp (shape file) – vektorový formát firmy ESRI
  - \*.mdb – personální geodatabáze firmy ESRI postavená na platformě Microsoft Access
  - \*.gdb – souborová geodatabáze firmy ESRI
  - \*.dwg, \*.dgn – CAD formát firmy Autodesk
  - \*.dxf (Drawing Exchange Format) – výměnný CAD formát firmy Autodesk
  - \*.gml (Geography Markup Language) – formát XML pro přenos geografických informací
- Rastrová data:
  - rastry ERI GRID, georeferencovaný TIF nebo data z ASCII - tyto rastrové buňky nesou informaci o nadmořské výšce, hloubce, rychlosti vody

## 7.2. Digitální model terénu

Digitální model terénu (DMT) modeluje zemský povrch jako povrch holý bez ohledu na vegetaci a lidské výtvořry (budovy, mosty, apod.). DMT lze tudíž definovat jako model reprezentující reliéfové poměry území (Bayer, 2003).

Digitální model terénu je základním podkladem pro vyhodnocování příčných profilů koryta toku a určení hloubek vody zaplavující území při povodňových aktivitách zapříčiněné N-letými průtoky v daném území. Pro tvorbu DMT takovéhoho území jsou využívána výšková data v bodech nebo vrstevnicích, která jsou získávána interpolováním z leteckého nebo satelitního snímkování. Kvalita a přesnost výstupů DMT je přímo závislá na vstupních datech a také na vhodnosti zvolené interpolační metody pro daná území. Jedna z použitelných metod pro získání námi využívaného výškového DMT je metoda TIN (triangulated irregular network),

kteřá je prezentována trojúhelníkovou sítí bodů, přičemž jednotlivé hodnoty bodů jsou vypočteny interpolací vycházejících ze vstupních dat (Oršulák a kol., 2010).

### **7.3. Mapové podklady**

Základní podklady pro určování využití zastavěných a nezastavěných ploch řešeného území zachycují skutečné rozmístění krajiny a prvků pomocí leteckého snímkování neboli ortofotomap a map polohopisných z digitálního geografického modelu ZABAGED.

#### **7.3.1. ZABAGED**

Základní báze geografických dat České republiky neboli ZABAGED. Jedná se o digitální geografický model území ČR, sloužící jako podkladová část k účelnému řešení povodňového nebezpečí a rizika v ČR. ZABAGED lze též charakterizovat jako průběžně aktualizovaný a udržovaný digitální topografický model pro území našeho státu, který je odvozován ze Základní mapy České republiky 1 : 10 000 s použitým S-JTSK souřadnicovým systémem a výškovým systémem Balt po vyrovnání (VÚV TGM, 2009). V současné době je tvořen 116 typy geografických objekty rozdělených do polohopisné nebo výškopisné části ZABAGED, obsahující výškopisné, prostorové a popisné informace o sídlech, rozvodných sítích, terénním reliéfu a vodstvu. Součástí tohoto modelu jsou i vybrané geodetické údaje o bodech našeho území, které jsou využitelné právě pro tvorbu mapových podkladů sloužících jako nástroj identifikace záplavového území a následného odhadu jejich škod na majetku (ČÚZK, 2015).

Pro výstupy a prezentace výsledných map, sloužících k popisu a charakteristice povodňových nebezpečí a rizik je v dnešní době využíváno rastrové základní mapy 1 : 10 000 (RZM 10), která je kartografickým výstupem ze základní geografické báze ZABAGED. Podkladová část RZM 10 je poskytována ČÚZK (VÚV TGM, 2009).

### **7.3.2. Ortofotomapy**

Kartografické dílo, které díky leteckému snímkování odráží skutečný stav zemského povrchu a napomáhá tak k lepší přehlednosti a úplnosti vzniklých situací. Vhodné pro zobrazení výsledných výstupů modelování a předvídaní záplavových území zahrnujících vegetaci a její skutečné rozmístění, které může ovlivňovat průchod povodní (Drbal a kol., 2009). Ortofotomapy jsou využívány jako jeden ze základních podkladů pro tvorbu numerických modelů proudění vody během povodňových stavů, kde mimo jiné lze využít jejich přehlednosti ke specifikaci hydraulických drsností povrchu terénu (VÚV TGM, 2009).

### **7.4. Geodetické podklady**

Základní podklad pro hydrologické modely a jejich vyhodnocení míry zaplaveného území včetně simulací navazujících na rizikové analýzy (VÚV TGM, 2009). Mezi geodetické podklady použitelné k vyhodnocení dopadů povodně patří letecké a satelitní snímky, zákresy záplavových čar v různých časových horizontech, zaměření maximálních kulminací a geodetické zaměření koryta toku (ČHMÚ, 2015). Z důvodu potřeby reprezentativnosti a výstižnosti dat jsou tato data většinou zadávána odborníkem, zabývajícím se právě problematikou numerického modelování a nejlépe i řešitelem celého projektu. Geodetická data jsou zaměřována vždy v polohopisném i výškopisném systému a to v S-JTSK / Balt po vyrovnání (VÚV TGM, 2009).

### **7.5. Hydrologická data**

Tato data jsou zaměřována zejména v oblasti povrchové vod a jsou tvořena plochou povodí, dlouhodobými průměrnými ročními srážky na povodí, dlouhodobými průměrnými průtoky, M - denními (p - procentními) průtoky a maximálními průtoky opakující se po dobu N - let ( $N_5$ ,  $N_{20}$ ,  $N_{50}$ ,  $N_{100}$ ,  $N_{500}$ ), neboli povodňovými stavy, charakterizující scénáře postihující území s určitou periodičností (Novický, 1992). Tato data jsou poskytována Českým hydrometeorologickým

ústavem dle ČSN 75 14 00 jako „Hydrologické údaje povrchových vod“ (VÚV TGM, 2009).

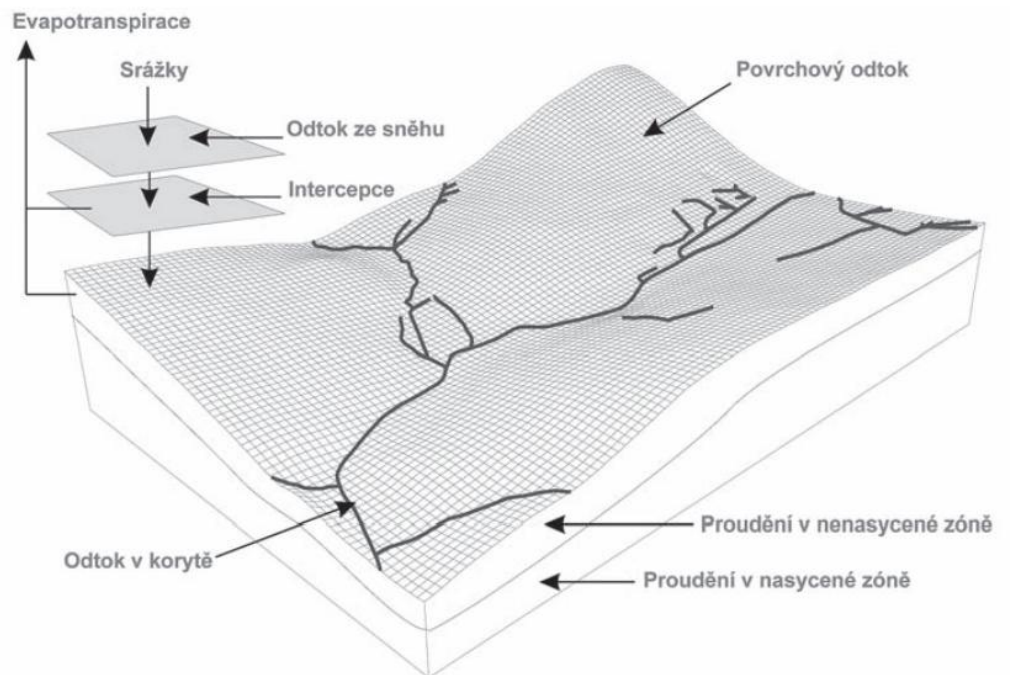
## **7.6. Kalibrační podklady**

V rámci zpřesnění hydraulických výpočtů je nutné zohledňovat data a další dostupné informace ohledně výskytu a průběhu povodní minulých, které by měly být řádně vedeny ČHMÚ, místní samosprávou, poskytovateli a správci jednotlivých toků. Pro kalibraci navrhovaných modelů jsou nutné informace popisující velikosti kulminačních průtoků, maximálních úrovní hladin vodních toků (výšky povodňových značek, rozsah záplav, tvary záplavových čar při maximálním rozlivu). Kalibrační výsledky jsou poté nedílnou součástí dokumentace hydraulických výpočtů společně se zobrazením záplavového území nejvýše zaznamenané přirozené povodně pro návrh záplavových území podle vyhlášky č. 236/2002 Sb. (VÚV TGM, 2009).

## **8. Hydrologické modely**

Počátkem 80. let minulého století došlo díky stále rychlejšímu vývoji počítačových technologií k velkému pokroku v matematické reprezentaci srážko-odtokových procesů. Matematické modely srážko-odtokových procesů jsou v dnešní době považovány za jednu z nejvýznamnějších technologií využívaných mezi hydrology a vodohospodáři k odhadování a předpovídání výskytu povodňových událostí (Jeníček, 2007). Tyto matematické modely představují zjednodušené kvantitativní vztahy vztažené na vstupní a výstupní veličiny pro daný hydrologický systém (Daňhelka a Elleder, 2012). Clarke (1973) popisuje toto matematické vyjádření jako algoritmus řešení soustavy rovnic, které má za úkol popsat chování a strukturu vybraného systému.

V dnešní době se můžeme setkat s různými typy modelů sloužící jednotlivým odvětvím ke stále přesnějším předpovědím a dopadům modelovaných situací. Ovšem mezi těmito modely jsou značné rozdíly v přístupu mezi jednotlivými komponenty srážko-odtokových procesů nebo struktury povodí (Jeníček, 2007).



Obr. č. 9 : Schéma hydrologického modelu (Jeníček, 2007)

Organizace WMO (World Meteorological Organisation) společně s Beckrem (1990) dále klasifikují modely podle několika výchozích principů:

- dle účelu aplikace modelu
- dle typu systému, pro který je simulován
- dle zohlednění hydrologických procesů v místě modelování
- dle principů a důsledků
- dle míry časové a prostorové diskretizace

Hydrologické modely využívané pro modelování záplavových situací predikují charakteristiky rozsahu zaplaveného území, rychlosti a hloubky vody v návaznosti na vložená vstupní data. Mezi vstupní data řadíme údaje o N-letých průtocích, morfologii terénu, geometrii a drsnosti řešeného toku (EXCIMAP, 2007). Pro určení těchto charakteristik povodňového nebezpečí jsou využívány hydraulické výpočty, které jsou vyhodnocovány matematickými 1D, 1,5D nebo 2D modely (VÚV TGM, 2009).

## 8.1. Jednorozměrné modely (1D)

Modely pouze s jedním rozměrem jsou výhodné z důvodu jednoduchosti zadávání vstupních dat, schematizaci toku a kontroly výsledků. Jednorozměrné modelování lze většinou aplikovat pouze na prvky převážně jednorozměrného charakteru (konstantní úrovně hladin v příčném směru, paralelní proudění v toku a inundačním území (Havlík, 2010). V případě simulace proudění toku za použití 1D modelu je nutné vycházet ze soustavy příčných profilů vhodně aplikovaných na řešenou délku toku či povodí. Poté je nutné předpokládat, že průběh proudění probíhá mezi spojnicemi jednotlivých příčných profilů a jsme schopni popsat proudění pro každý profil dle průřezové rychlosti a polohy hladiny ve směru koryta (Drbal a kol., 2009). Modely prezentující výsledky pouze v jednom rozměru jsou využívány především pro ustálené proudění v rovině. Mezi tyto modely řadíme modely MIKE 11, HYDROCHECK 3, HEC-RAS (Havlík, 2010).

Jako vstupní data do těchto modelů používáme hodnoty:

- záplavová území při průtocích  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$
- hloubky koryt při průtocích  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$
- hladiny při průtocích  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$
- celkové rychlosti při průtocích  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$
- osy toků / linie toků
- příčné profily vodních toků

## 8.2. Kvazi-dvourozměrné modely (1,5D)

V praxi se s těmito modely nesetkáme až tak často, i přes jednoduchost principů, které vychází z modelování jednorozměrného před principy složitějšího dvojrozměrného modelování využívaných v geometricky náročněji definovatelných inundačních územích. Kvazi-dvourozměrné modely využíváme pouze tehdy, když je možné s jistotou určit hlavní směr koryta. Poté může být území schematizováno kruhovou či větvenou sítí. Nevýhodou využitelnosti 1,5D modelů je nutnost znalosti veškerých podrobných stavů a dat, které by mohly mít vliv na směr proudění v toku nebo inundačním území. Jedná se o data se k místům nátoků, výtoků kanalizačních sítí (včetně výtoků z blízkých objektů). Využitelnost těchto modelů tudíž závisí na



podrobnosti shromážděných dat k danému toku a jeho blízkému okolí (Drbal a kol., 2009).

### **8.3. Dvourozměrné modely (2D)**

Dvourozměrné modely jsou vhodné při šetření proudových poměrů (průběhů proudnic, izolinií hladin a rychlostí proudění) pro ploché i členité území s jednotlivými překážkami, které ovlivňují průběh toku korytem (přirozené překážky, mostní podpěry). S těmito modely je možné řešit průběh ustáleného tak i nepravidelného proudění během reálných povodňových událostí (Balvín, 2009), které jsou následně prezentovány přímo jednotlivými výstupy map povodňového nebezpečí (VÚV TGM, 2009).

2D modely jsou velmi náročné na vstupní data a přesnost je přímo závislá na přesnosti vstupních podkladů (rozložení sítě uzlových bodů), oproti tomu jsou ale výstupy podrobnější a lépe vypovídající o skutečnostech možného rizika zaplavení (Drbal a kol., 2009). Mezi tyto matematické modely řadíme FAST 2D, MIKE 21 (Balvín, 2009).

Vstupní data pro jednorozměrné a dvourozměrné matematické modelování jsou shodná, pouze při využívání dvourozměrných modelů jsou vstupní data rozšířena o DMT rastr (VÚV TGM, 2009).

### **8.4. Využitelnost hydrologických modelů**

Matematické modely neslouží pouze k předpovídání škod způsobených povodněmi, ale také se s nimi můžeme setkat v oblastech ochranných opatření, které mají za úkol průběh povodní mapovat od začátku do konce.

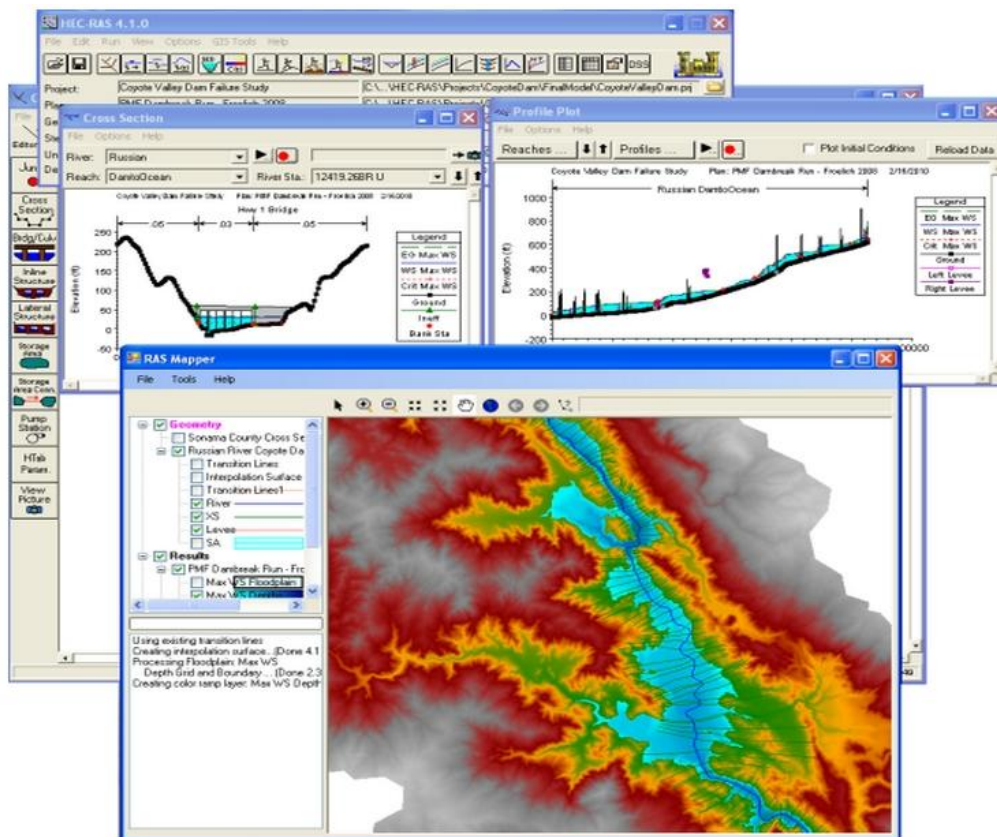
První z oblastí, kde jsou využívány hydrologické modely, je oblast operativní hydrologie, která kromě vstupních stavových veličin zpracovává okamžitá data z automatických meteorologických stanic a modelů. Výstupem jsou potom krátkodobé předpovědi povodňových stavů v daném profilu, které nám slouží jako předpovědní systém FFS (Flood Forecast System) zabývající se postupem povodňových vln a proudění podzemní vody.

Druhou oblastí je oblast zabývající se dlouhodobějším řešením ochrany před povodněmi. Jedná se především o stavby přehrad, poldrů a jiných hydromelioračních a hydrotechnických objektů (čistírny odpadních vod, mosty kanály) (Jeníček, 2007).

V neposlední řadě Jeníček (2007) ve své publikaci uvádí, že výstupy jednotlivých hydrologických modelů lze využívat jako podkladová data do dalších modelů (modely pro šíření znečištění vodních prostor) a především, že tyto výstupy lze využít například k řešení projektů globálního charakteru (např. vliv klimatických změn na srážko-odtokové poměry).

### **8.5. Matematický model HEC - RAS**

Jedná se o přední modelovací program vyvíjený americkou armádou od roku 1964, kdy bylo založeno Hydrologic Engineering Center (HEC) za účelem institucionalizace technických znalostí v prostředí vodního hospodářství. Tato organizace je nedílnou součástí Institutu vodních zdrojů zabývajících se především odbornými technickými znalostmi pro organizaci US Army Corps of Engineers a to především technickými parametry podzemích a povrchových vod, hydrauliky (transport říčních sedimentů v korytě), hydrologickými statistikami a analýzy (US Army Corps of Engineers, 2010). Spíše než o programu, se dá hovořit o HEC - RASu (River Analysis System) jako o uživatelském prostředí, které nám může dobře posloužit k práci se staršími matematickými modely sestavovanými pro zastaralý systém DOS (Havlík, 2001).



Obr. č. 10 : Ukázka hydrologického modelu HEC - RAS 4.1.0 (US Army Corps of Engineers, 2015)

Tento integrovaný software HEC - RAS byl navrhnut pro možnost používání moderního multi-taskingu v oblasti životního prostředí a pak především pro zpracovávání vodohospodářských dat a modelování povodňových situací. Systém se skládá z grafického rozhraní, jednotlivých komponent vytvářející analýzy a výstupného grafického systému pro vygenerování vhodných dat (Brunner, 2010). Všechny verze tohoto programu jsou včetně té nejnovější (HEC - RAS 4.1.0.) volně poskytnuté ke stažení na webových stránkách US Army Corps of Engineers.

Modelovací program HEC - RAS je složen ze čtyř základních výpočetních postupů, se kterými můžeme následně pracovat a to z (Havlík, 2001):

- Average Conveyance
- Average Fiction Slope
- Geometric Mean Fiction Slope
- Harmonic Mean Fiction Slope

Využitelnost programu HEC - RAS je opravdu široká. Je využíván především pro jeho jednoduchost v ovládání, ale také pro vzájemnou propojitelnost jednotlivých hydrologických výpočtů mezi sebou, jako například nadstavbové řešení pro systém Windows, které nám umožňuje řešit shodným přístupem tvorbu geometrických modelů sítí vodních koryt a inundace modelů pro rovnoměrné a nerovnoměrné proudění při možnosti rozdělení vlastního koryta na levou a pravou inundaci. Pro získání přesnějších výsledků lze do softwaru dosazovat hodnoty drsností ve vertikální i horizontálním směru, hodnoty veličin zakřivených tratí, rozestupy mezi jednotlivými řešenými profily, odkladové a neaktivní plochy (plochy, které ovlivňují transformaci povodňové vlny) (Křovák, 2001). Verze jednotlivých modelů jsou lehce rozdílné v zaměření řešeného území ale i přes to jsou shodné možnosti výstupu a to buď grafickou či tabelární formou (Jeníček, 2007). Mimo základní verzi programu HEC - RAS se můžeme setkat ještě s nadstavbovými verzemi jako např. (Havlík, 2001):

- HEC2 (1D nerovnoměrné proudění)
- HEC6 (1D pohyb splavenin)
- UNET (1d neustálené proudění)
- HEC – 1 (Hydrologic Engineering Center)
- HEC – HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System)
- HEC – WMS (Hydrologic Engineering Center – Watershed Modeling System)

## **9. Diskuze a závěr**

Jedním z hlavních cílů této bakalářské práce bylo seznámení s historickým a současným vývojem povodňových stavů a jeho stručný popis. Povodňové stavy stále častěji negativně ovlivňují území České republiky a ohrožují tak nejen hmotný majetek na našem území, ale především lidské životy. Historické informace by nám měly posloužit jako podkladová měřítko pro vývoj budoucích protipovodňových opatření k řešení této problematiky v návaznosti na zkušenosti z let minulých. V dnešní době jsme si dobře vědomi skutečnosti, že zvýšené vodní stavy, neboli

povodně jsou jedním z katastrofálních jevů, které vždy na našem území byly a budou. Zemský povrch je tvořen ze sedmdesáti procent právě vodou, tudíž nelze předpokládat, že by nám voda měla sloužit jen jako zdroj pitné či užitkové vody, ale je nutné s ní počítat jako s nezkrotným živlem, který nás obklopuje a je schopný opět kdykoli překvapit svou destruktivní silou. Proto je nutné předcházet a eliminovat dopady těchto skutečností na minimum.

V návaznosti na tuto problematiku je v této práci řešena eliminace dopadů povodní a srovnání technických a přírodně blízkých opatření, které jsou v dnešní době stále se rozšiřujícím ochranným povodňovým prvkem. Osobně si myslím, že by měl být kladen větší důraz na opatření blízká přírodě a poté především na revitalizaci a úpravu vodních toků, které jsou v dnešní době neupravené a zanesené.

V dnešní podobě neupravených koryt vodních toků nelze ani předpokládat, že by při sebemenším zvýšení vodních hladin nemělo dojít k rozlivům a tak nezpůsobení škod blízkému okolí. Především by se jednotlivé spravující celky měly zaměřit na schválení větších finančních částek potřebných právě pro zpevnění, prohloubení a osazení vodních toků a tím docílit jak zlepšení vodohospodářské funkce, tak ochrany majetku podél těchto neudržovaných úseků.

Jelikož zatím tyto stavy a ochrany nejsou dostačující, je v práci popisována Hlásná a předpovědní služba, které slouží především ke koordinaci činností jednotlivých povodňových celků v průběhu povodní dle závazných legislativních předpisů. Dále také zastává velmi důležitou složku informativního charakteru obyvatelům celé České republiky, kteří mohou být ohroženi zvýšenými povodňovými stavy v důsledku špatné úpravy vodních koryt, v průběhu celého roku.

Druhým hlavním cílem bylo seznámení a popsání potřebných podkladových materiálů využívaných pro hydrologické modelovací programy, v návaznosti jejich využití pro tvorbu mapových a jiných výstupů, využívaných právě při zvýšení vodních stavů jednotlivých vodních koryt, včetně popisu jednotlivých typů hydrologických modelů. Tato část má sloužit jako část informativní a z části podkladová k navazujícím pracím zabývajících se problematikou spjatou s povodňovými stavy. Poté především jako podkladová část při řešení diplomové práce situované přímo pro povodí Blanice a její blízké okolí.

## 10. Přehled literatury a použitých zdrojů

### 10.1. Knižní zdroje

**BECKER, A., SERBAN, P. (1990).** *Hydrological models for water – resources system design and operation.* Operational Hydrology Report No. 34, WMO, Geneva, 80 s

**ČÍLEK, Václav, 2004.** *Voda v krajině: kniha o krajinotvorných programech.* Editor Jan Kender. Praha: Consult pro Ministerstvo životního prostředí a Agenturu ochrany přírody a krajiny ČR, 2004, 207 s. ISBN 80-902132-7-8., s. 120-160

**CLARKE R.T., 1973.** *Mathematical models in hydrology.* FAO Irrigation and Drainage Paper No. 19. FAO, Rome. 282 s. (dotisk roku 1984).

**ČAMROVÁ, Lenka.** *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích.* vyd. 1. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku, 2007, 82 s. ISBN 9788086684482., s. 79-81

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2003.** *Hydrologická ročenka České republiky 2002.* vyd. 1., Praha: Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, 2005. 205 s. + CD. ISBN 8086690091., s.18-46

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2005.** *Hydrologická ročenka České republiky 2004.* vyd. 1., Praha: Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, 2005. 170 s. + CD. ISBN 8086690326., s.12-23

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2007.** *Hydrologická ročenka České republiky 2006.* vyd. 1., Praha: Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, 2005. 195 s. + CD. ISBN 97808669476., s.6-17

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2010.** *Hydrologická ročenka České republiky 2009.* vyd. 1., Praha: Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, 2010. 172 s. + CD. ISBN 9788086690773., s.15-31

**DAŇHELKA Jan, 2012** *Povodně v České republice v roce 2010.* 1. vyd. Editor Jan Daňhelka, Jan Kubát, Petr Šercl. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 97 s. ISBN 9788087577042, s. 3-54

**DAŇHELKA Jan a Libor ELLEDER, 2012.** *Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR: Selected chapters from the history of floods and hydrological services in the Czech Republic.* 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012, 181 s. ISBN 978-80-87577-12-7, s 103-147

**ELLEDER, Libor a kol., 2012.** *Povodně v České republice v roce 2010.* 1. vyd. Editor Jan Daňhelka, Jan Kubát, Petr Šercl. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 97 s. ISBN 9788087577042, s. 54-63

**HAVLÍK A., 2001.** Funkce a možnosti vodních toků, vodních děl a vodohospodářských soustav při zvládnání extrémních povodňových situací. In Patera A., Váška J., Jakubíková A. [eds.]: *Extrémní hydrologické jevy v povodích*. Sborník příspěvků z Workshopu 2001. České vysoké učení technické v Praze a Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha, 37 – 43s.

**HRÁDEK F., 2008.** *Hydrologie*. 3. vyd. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta životního prostředí. 272 - 280 s. ISBN: 9788021317444,

**HUDEČKOVÁ A., 2011.** Protipovodňová opatření v ploše povodí a jejich efekt na snížení povodňových rizik. Bakalářská práce. Nepublikováno. Dep: KVHM FŽP ČZU, Praha, s. 41-52

**JANATA, J.** *Povodně v českých zemích*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 144 s. ISBN 978-80-86946-39-9., s. 87-99

**KOZÁK, Jan.** *Povodně v českých zemích*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 144 s. ISBN 978-80-86946-39-9., s. 1 -29

**KŘOVÁK F., 2001:** Revitalizace toků s ohledem na extrémní průtoky. In Patera A., Váška J., Jakubíková A. [eds.]: *Extrémní hydrologické jevy v povodích*. Sborník příspěvků z Workshopu 2001. České vysoké učení technické v Praze a Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha, 374 s. ISBN 80-01-02445-8, s. 25-95

**KUBÁT J., 2010** *Povodně v České republice v roce 2010*. 1. vyd. Editor Jan Daňhelka, Jan Kubát, Petr Šercl. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012, 97 s. ISBN 978-80-87577-04-2, s. 37- 48

**MUNZAR, Jan.** *Povodně v českých zemích - Významné povodně v povodí řeky Moravy*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 144 s. ISBN 978-80-86946-39-9., s. 67-80

**NEUWIRTH, Alois , 1996.** *Úvod do vodního hospodářství*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 171 s. ISBN 80-7078-317-6., s. 1-6

**NOVICKÝ, Oldřich (1992),** Ladislav KAŠPÁREK a Světlana Kolářová. *Hydrologická data pro návrhové účely*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1992, 143 s. ISBN 80-901262-1-9, s. 16-88

**ORŠULÁK a kol., 2010.** *Landscape modelling: geographical space, transformation and future scenarios*. Editor Jiří Anděl. Dordrecht: Springer, c2010, xviii, 203 s. Urban and landscape perspectives. ISBN 978-90-481-3052-8. s. 100-164

**SLAVÍČKOVÁ K., 2011:** *Revitalizace vodního systému krajiny a měst zatíženého významnými antropogenními změnami*. 1. vyd. Editor Slavičková K., Slaviček M., Šťastný B. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 226 s. ISBN 9788001047910, s. 12-28

**STÁTNIKOVÁ, Pavla.** *Povodně v českých zemích - Významné povodně v povodí řeky Labe v Čechách.* 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 144 s. ISBN 978-80-86946-39-9., s. 31-50

## 10.2. Internetové zdroje

**BALVÍN P., Gabriel P., Bouška P., Havlík A., 2009:** *Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích*, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, online:  
[http://www.vuv.cz/files/pdf/projekty/0012\\_ochrana\\_mostnich\\_objektu\\_01.pdf](http://www.vuv.cz/files/pdf/projekty/0012_ochrana_mostnich_objektu_01.pdf) .cit. 26.3.2015

**BAYER T., 2003:** *Digitální model terénu. Polyedrické model. Rastrový model. Plátový model, Plátování*, online: <http://www.pvl.cz/planovani-v-oblasti-vod/mapy-povodnoveho-nebezpeci-a-povodnovych-rizik>, cit. 08.3.2015

**BRUNNER G. W. et Ceiw-HEC, 2010:** *HEC-RAS, River Analysis System User's Manual: Version 4.1.* US Army Corps of Engineers, Davis, Californina, 790 s.,  
[http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documents/HEC-RAS\\_4.1\\_Users\\_Manual.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documents/HEC-RAS_4.1_Users_Manual.pdf), cit. 1.4.2015

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV - KIMLOVÁ, 2015:** *Průvodce informacemi Hlásné a předpovědní povodňové služby pro veřejnost*, Praha, online:  
[http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost\\_povoden\\_definic\\_e.html](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_povoden_definic_e.html), cit. 4.3.2015

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2003:** *Meteorologické příčiny katastrofální povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek*, Praha, online: <http://voda.chmi.cz/pov02/1etapa/1kapitola.pdf>, cit. 4.3.2015

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2010:** *SIVS - kód VII. Povodňové jevy*, online:  
<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/povodne.html>, cit. 12.3.2015

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2014:** *Průvodce informacemi Hlásné a předpovědní povodňové služby pro veřejnost*, Praha, online:  
[http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost\\_povoden\\_definic\\_e.html#priklad](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_povoden_definic_e.html#priklad), cit. 1.2.2015

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2014:** *Průvodce informacemi Hlásné a předpovědní povodňové služby pro veřejnost*, Praha, online:  
[http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost\\_povoden\\_definic\\_e.html#priklad](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_povoden_definic_e.html#priklad), cit. 1.2.2015

**ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ (ČÚZK), 2015:** *Základní báze geografických dat České republiky*, online:  
[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(33h3e3xjchnxnufwr0snvbp\)\)/Default.aspx?mode=TextM](http://geoportal.cuzk.cz/(S(33h3e3xjchnxnufwr0snvbp))/Default.aspx?mode=TextM)



eta&side=zabaged&metadataID=CZ-CUZK-ZABAGED-  
VP&mapid=8&head\_tab=sekce-02-gp&menu=241, cit. 28.3.2015

**DRBAL a kol., 2009:** *Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik*, PDF

**DUMBROVSKÝ, 2010:** *Přírodě blízká protipovodňová opatření - možnosti jejich financování a realizace pro obce a veřejnost*, online:  
[http://www.vodavkrajine.cz/files/Zvyseni\\_protipovodnove\\_ochrany\\_PBPPO\\_laicka.pdf](http://www.vodavkrajine.cz/files/Zvyseni_protipovodnove_ochrany_PBPPO_laicka.pdf), cit. 15.3.2015

**HLADNÝ J., 2007:** *Fakta a mýty o povodních*. In Langhammer J [ed.]: *Povodně a změny v krajině*. Přírodovědecká fakulta UK, Praha: 101 - 109 s., online:  
[http://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/povodne/povodne\\_hladny.pdf](http://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/povodne/povodne_hladny.pdf), cit. 3.3.2015

**JENÍČEK M., 2007:** *Modelování srážko-odtokových procesů na malých a středně velkých povodích*, online:  
[http://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/povodne/povodne\\_jenicek.pdf](http://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/povodne/povodne_jenicek.pdf), cit. 14.3.2015

**JUST T., 2010:** *Uplatnění revitalizačních opatření při protipovodňové ochraně*. In *Přírodě blízká protipovodňová ochrana: Prostor pro vodní toky a zapojení ekosystémů*, Senát parlamentu ČR, Praha, online: <http://www.koaliceproreky.cz/wp-ulozto/sbornik-FIN.pdf> , cit. 28.2.2015

**POVODÍ VLTAVY, 2009:** *Plán oblasti povodí Horní Vltavy, část A, popis oblasti povodí*, Praha, online:  
[http://www5.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VH/web/A\\_popis\\_oblasti\\_povodi.htm](http://www5.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VH/web/A_popis_oblasti_povodi.htm), cit. 31.1.2015

**POVODÍ VLTAVY, 2014:** *Mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik*, online: <http://www.pvl.cz/planovani-v-oblasti-vod/mapy-povodnoveho-nebezpeci-a-povodnovych-rizik>, cit. 31.2.2015

**ŠINDLAR, neuvedeno:** *PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ MOŽNOSTI FINANCOVÁNÍ STUDIE*, online:  
[http://k126.fsv.cvut.cz/predmety/d26euf/euf\\_ukazka-4.pdf](http://k126.fsv.cvut.cz/predmety/d26euf/euf_ukazka-4.pdf), cit. 20.3.2015

**US ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2010.** *Modelovací program HEC - RAS*, online: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/> , cit. 1.4..2015

**USNESENÍ VLÁDY ČR č. 382/2000**, *Strategie ochrany před povodněmi pro území ČR*, online:  
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/strategie\\_ochrany\\_povodne/\\$FILE/OOV\\_strategie\\_povodne\\_20000419.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/strategie_ochrany_povodne/$FILE/OOV_strategie_povodne_20000419.pdf), cit. 20.2.2015

**VAŠKŮ, Z., 1998:** *Povodeň a krajina*. *Vesmír 77*: 578, online:  
[www.vesmir.cz/files/file/fid/676/aid/1888](http://www.vesmir.cz/files/file/fid/676/aid/1888), cit. 28.3.2015

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G. MASARYKA, 2009:**  
*Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, PDF*

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G. MASARYKA, 2015**  
(Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách) v platném znění, online:  
[http://heis.vuv.cz/data/spusteni/popisy/isvs\\_zapluz.asp?view=&users=](http://heis.vuv.cz/data/spusteni/popisy/isvs_zapluz.asp?view=&users=), cit. 2.3.2015

**ZÁKON č. 254/2001 Sb.**, o vodách, v platném znění, online:  
<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/2a434831dcbe8c3fc12564e900675b1b/20f9c15060cad3aec1256ae30038d05c?OpenDocument>, cit. 28.2.2015

## **11. Seznam obrázků a tabulek**

|  |    |
|--|----|
| Obr. č. 1: Hydrogram z povodní při tání něhu .....               | 12 |
| Obr. č. 2: Rozložení vodní hodnoty sněhu (SVH) na území ČR ..... | 12 |
| Obr. č. 3: Hydrogram průběhu ledové povodně .....                | 13 |
| Obr. č. 4: Hydrogram průběhu dešťové povodně .....               | 14 |
| Obr. č. 5 : Hydrogram průběhu přívalové povodně .....            | 15 |
| Obr. č. 6 : Schéma přenosu hydrologický informačních zpráv ..... | 23 |
| Obr. č. 7 : Detail vodních stavů vybrané stanice .....           | 27 |
| Obr. č. 8 : Detail průtoků vybrané stanice .....                 | 27 |
| Obr. č. 9 : Schéma hydrologického modelu .....                   | 39 |
| Obr. č. 10 : Ukázka hydrologického modelu HEC - RAS 4.1.0 .....  | 43 |
| Tab. č. 1: Úseky toků s vyhodnoceným rozsahem záplav .....       | 21 |