

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



**Hydrotechnické posouzení objektů a vodního toku
Jilemka na území města Jilemnice**

Vypracoval: Bc. David Hanuš

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

Studijní program: Inženýrská ekologie

Akademický rok: 2011/2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hanuš David

Aplikovaná ekologie

Název práce

Hydrotechnické posouzení objektů a vodního toku Jilemka na území města Jilemnice

Anglický název

Hydrotechnical assessment of objects and Jilemka water flow in Jilemnice urban area

Cíle práce

Charakteristika hydraulických modelů a výběr vhodného modelu.

Charakteristika území povodí a popis objektů na vodním toku Jilemka.

Sestavení hydraulického modelu.

Vykreslení záplavových čar pro průchod N- letých průtoků na vodním toku Jilemka.

Metodika

1. Úvod
2. Hydraulické modely, povodně
3. Charakteristika povodí, objektů a odvození vstupních parametrů hydraulického modelu
4. Sestavení hydraulického modelu
5. Vykreslení záplavových čar pro N - letý průtok
6. Výsledky a diskuze výsledků
7. Závěr

Harmonogram zpracování

Datum zadání diplomové práce: 25.3.2011

Termín odevzdání diplomové práce: 30.4.2012

Rozsah textové části

cca 60 stran

Klíčová slova

Vodní tok, příčný profil, záplavové území, N-letý průtok, povodeň, hydraulický model

Doporučené zdroje informací

DUB O., NĚMEC J. (1969): Hydrologie, SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha, 380 s.

PATERA A., VÁŠKA J., ZEŽULÁK J. & ELIÁŠ V. (2002): Povodně: prognózy, vodní toky a krajina, ČVUT, Fakulta stavební, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha

KOVÁŘ M. (2004), Ochrana před povodněmi, Triton, Praha, 100 s.

HUBÁNKOVÁ V. (2002): Hydrologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně,

Warner J. C., Brunner G. W., Wolfe B. C. et Piper S. S., 2010: HEC-RAS River Analysis System Applications Guide. Online: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documents/HEC-RAS_4.1_Applications_Guide.pdf.

Brunner, Gary N., 2010: HEC-RAS River Analysis System User's Manual. Online: ftp://ftp.usace.army.mil/pub/iwr-hec-web/software/ras/documentation/HEC-RAS_4.1_Users_Manual.pdf.

Vedoucí práce

Roub Radek, Ing., Ph.D.

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.
Vedoucí katedry



V Praze dne 25.3.2011

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství uvedených v seznamu literatury na konci této práce. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

.....

V Praze dne

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji Ing. Radku Roubovi Ph. D. za odborné vedení a cenné informace ke zpracování práce. Dále děkuji Ing. Zdeňce Vilhelmové z oddělení hydrologie ČHMÚ za poskytnutí hydrologických údajů z povodí Jilemky. Také děkuji Ing. Vladimíru Fišerovi z odboru životního prostředí města Jilemnice za rady potřebné pro specifikaci místních podmínek. Hlavně děkuji rodině za podporu po celou dobu studia a také Johance, Báře a Katce, že věřili, když už jsem i já přestával doufat.

Abstrakt

Tato diplomová práce si klade za cíl zhodnocení současného stavu hladinového režimu řeky Jilemky. Zájmová lokalita leží v severovýchodních Čechách, v katastrálním území města Jilemnice. Modelová simulace je provedena programem HEC-RAS, verze 4.1.0. Tento software je nekomerční a byl použit k vypracování hladinového režimu řeky Jilemky v její střední části. Po zadání vstupních údajů je provedena simulace n-letých průtoků, ze kterých je možné odhadnout rozliv jednotlivých povodňových vln. Hlavním výstupem je povodňová mapa a rozhodnutí, zda bude potřeba přistoupit k návrhu protipovodňových opatření pro zajištění ochrany intravilánu obce.

Klíčová slova: povodně, protipovodňová ochrana, příčný profil, HEC-RAS, Jilemka

Abstract

This thesis aims to assess the current state of the river water level mode on river Jilemka. Location of interest is located in northeastern Bohemia, in the cadastral area of Jilemnice. Model simulation is performed HEC-RAS program, version 4.1.0. This software is noncommercial and formed the basis of the level of the middle part on river system of Jilemka. After entering the input data is performed simulations n-year floods, from which it is possible to estimate the overflow of flood waves. The main output is a flood map and decide whether it will be necessary to proceed to the design of flood control measures to ensure the protection of the urban community.

Keywords: flood, flood protection, diagonal profile, HEC-RAS, Jilemka

Obsah

1. Úvod	11
2. Cíle práce	13
3. Metodika	14
3.1 Teoretické poznatky	14
3.2 Uplatnění teoretických poznatků	14
4. Historie povodní	15
4.1 Historie systematických hydrologických pozorování	15
4.2 Analýza největších historických povodní v českých zemích před začátkem přístrojových měření.....	16
4.3 Analýza vybraných katastrofálních povodní v České republice.....	17
4.4 Novodobé povodně	18
5 Povodně a jejich charakteristiky	22
5.1 Povodeň.....	22
5.2 Ochrana před povodněmi.....	23
5.3 Charakteristiky povodně.....	23
5.4 Přírozené a zvláštní povodně	24
5.5 Klasifikace povodní	26
5.5.1 Dešťové povodně	26
5.5.2 Sněhové povodně.....	27
5.5.3 Smíšené povodně.....	27
5.5.4 Povodně ledové.....	27
5.5.5 Povodně ze specifických příčin.....	27
5.6 Faktory ovlivňující povodně.....	28
5.6.1 Meteorologické faktory	28
5.6.2 Hydrologické faktory	29
5.6.3 Fyzio – geografické faktory.....	29
5.6.4 Antropogenní faktory	29
5.7 Principy dlouhodobě udržitelné ochrany před povodněmi.....	30
5.7.1 Přírozená retence	30
5.7.2 Technická protipovodňová ochrana	33
5.7.3 Prevence povodní.....	33
5.8 Řízení protipovodňové ochrany	34
5.8.1 Postavení a činnost povodňových orgánů.....	35

5.8.2	Základní a související zákony	36
5.8.3	Základní zákony k ochraně před povodněmi	36
5.8.4	Související zákonné předpisy k ochraně před povodněmi	37
5.9	KLASIFIKACE PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ	37
5.10	Stupně povodňové aktivity	41
6.	Voda v krajině	43
6.1	Ekologický význam malých vodních toků	43
6.2	Ekologická stabilita krajiny	44
6.3	Údolní nivy a jejich ochrana	45
6.4	Ekologická síť v poříčních částech městských krajin	45
6.5	Povodňové příhody v malých povodích	45
6.6	Povodně a záplavová území v povodí správce drobných vodních toků	46
6.7	Ekologická protipovodňová ochrana	46
6.8	Aspekty revitalizačních úprav malých vodních toků	47
7.	Matematické modely v hydrologii	48
7.1	JEDNOROZMĚRNÉ MODEL Y – 1D	49
7.1.2	1D modely – neustálené nerovnoměrné proudění	50
7.2	DVOUROZMĚRNÉ MODEL Y – 2D	50
7.3	TŘÍROZMĚRNÉ MODEL Y – 3D	51
7.4	Volba metody výpočtu v prostředí HEC-GeoRAS	51
7.4.1	Dva principy hydraulického modelování	52
8.	Charakteristika zájmového území	53
8.1	Hydrologické údaje	53
8.2	Půdní poměry	56
8.3	Geologie a geomorfologie	56
8.4	Klimatická charakteristika	57
8.5	Fauna	59
8.6	Flora	59
9.	Odvození vstupních parametrů a sestavení modelu	61
9.1	Geodetické zaměření	61
9.2	Hydrotechnické posouzení	62
9.2.1	Program HEC-RAS	62
9.2.2	Instalace a nastavení programu	63
9.2.3	Práce se soubory	63

9.2.4 Schematizace vodního toku	64
9.2.5 Zadávání geometrických dat	65
9.2.6 Příčné objekty na toku	66
9.2.7 Zadávání okrajových podmínek.....	67
9.2.8 Prezentace výsledků	68
10. Výsledky	69
11. Diskuze	71
12. Závěr	73
13. Seznam literatury a použitých zdrojů	74
14. Seznam příloh	80

1. Úvod

Voda je nejrozšířenější látka v přírodě, která se trvale vyskytuje v zemské atmosféře, tedy na povrchu i pod povrchem. Je trvalou součástí půdy, je nenahraditelnou složkou mnoha technologických procesů, je obsažena i v tělech živočichů a rostlin a proto je nezbytnou podmínkou života. I člověk využívá vodu pro svou přímou každodenní potřebu. V našem regionu můžeme naštěstí stále ještě vodu považovat za trvalý nevyčerpatelný zdroj. Správné hospodaření s vodním živlem je základem fungování moderního společenství. Na druhou stranu za povodňových situacích, tedy při nadměrném množství vody, může docházet během krátké doby k ničivým katastrofám. Voda je proto, stejně jako oheň, dobrý sluha, ale zlý pán.

V posledních letech můžeme pozorovat stále častější výskyt povodňových situací, údajně v souvislosti se změnami klimatu. Jiné zdroje tvrdí, že jde pouze o střídání období, stejně jako v mnohem delším časovém intervalu opakovaně přichází doba ledová. Nejen z tohoto důvodu jsou povodně nejčastější přírodní katastrofou postihující území České republiky. Pravidelné regionální povodně bývají zaznamenávány v souvislosti s jarním táním sněhu. V posledních letech také docházelo k letním povodním, které byly způsobeny místními přívalovými dešti, jejichž výskyt není možné předpovědět s dostatečným předstihem.

Po povodňových katastrofách v červenci 1997 na Moravě, 1998 ve Východních Čechách a v srpnu 2002 na území Česka se začala o povodňovou problematiku velmi zajímat i široká veřejnost a nastal pozitivní obrat ve vnímání významu protipovodňové ochrany. Ochrana před povodněmi není nikdy absolutní. Existují opatření k předcházení a zamezení škod při povodních na životech a majetku občanů, společnosti a na životním prostředí, která jsou prováděna především systematickou prevencí, zvyšováním retenční schopnosti povodí a ovlivňováním průběhu povodní. Ochrana před přirozenými povodněmi je řízena povodňovými orgány, které ve svém územní působnosti odpovídají za organizaci povodňové ochrany, řídí, koordinují a kontrolují činnost ostatních účastníků ochrany před povodněmi. Postavení a činnost povodňových orgánů jsou specifikovány ve dvou časových úrovních (mimo povodeň a během povodně).

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, upravuje výkon státní správy, mezi které patří na nejnižší hierarchické úrovni obecní úřady. Jednotlivé obce mají práva a hlavně určité povinnosti při rozhodování o vlastní protipovodňové ochraně. V konkrétních rozhodovacích procesech je nezbytná informace o hydrologickém režimu v povodí, o možných dopadech lidské a průmyslové činnosti na jakost vody a také informace o riziku povodní na území správní působnosti dané obce.

Územím města Jilemnice protéká ve směru od jihovýchodu k severozápadu vodní tok Jilemka, který v katastrálním území Hrabačov tvoří levostranný přítok vodního toku Jizerka. Tento úsek je ve správě Zemědělské vodohospodářské správy Liberec. V dolním úseku přes město Jilemnice, kde je tok upraven do opěrných zdí s dlážděným dnem, nehrozí přímé nebezpečí zaplavení okolních domů. Zaplavení hrozí v horním úseku, konkrétně mezi 3 – 6 tím říčním kilometrem. Obec má zpracovaný protipovodňový plán, ale nijak konkrétně se nezabývá případnou prevenční regulací toku. Bylo by vhodné posoudit stávající stav za využití modelů povodňových situací k dokreslení případného nebezpečí záplavových vln a případně navrhnout vhodná protipovodňová opatření.

2. Cíle práce

Diplomová práce bude obsahovat literární rešerši zaměřenou na povodňovou problematiku na území naší republiky. Budou zde zmíněny jak významné historické povodně tak i povodně novodobé, které formovali podvědomí o povodňových hrozbách v dnešní společnosti. Bude rozebírat příčiny vzniku povodní, jejich jednotlivé typy a následně se zabývat principy ochrany před povodněmi. Také popíše základní charakteristiku matematických modelů využívaných při protipovodňové ochraně. Součástí rešerše bude i stručná charakteristika zájmového území.

Cílem této práce je hydrotechnické posouzení hladinového režimu vodního toku Jilemka v katastrálním území města Jilemnice. Z naměřených dat bude za pomoci programu HEC-RAS vykreslena modelace jednotlivých příčných profilů a objektů na vodním toku. Dále bude za pomoci tohoto programu provedena simulace jednotlivých záplavových čar pro stanovené n-leté průtoky. Tím bude řešena průtočnost jak v horní části toku, který zde protéká mezi loukami a tak nabízí prostor pro případná velkoplošná protipovodňová opatření, tak i průtočnost skrze intravilán ve střední části toku, kde mostní objekty tvoří překážku pro průchod větších povodňových vln.

Tato diplomová práce je zpracována s povolením vodních hospodářů z odboru životního prostředí Městského úřadu Jilemnice, kteří v případě kladného posouzení projeví zájem o matematické výstupy z této studie, jelikož žádné takové nebyly doposud zpracovány a mohly by být nápomocny při příští aktualizaci povodňového plánu města Jilemnice.

3. Metodika

3.1 Teoretické poznatky

Poznatky o povodňové problematice, protipovodňové ochraně a jednotlivých opatřeních budou spočívat v prostudování dostupných materiálů na dané téma. Výsledky budou zobecněny v literární rešerši, která se kromě charakteristiky problematiky povodní zaměřuje i na charakteristiku zájmového území. Také zde bude zdůvodněno, proč byl pro prováděnou hydrologickou simulaci zvolen program HEC-RAS, včetně základního popisu jednotlivých matematických modelů, které jsou v hydrologii v souvislosti s povodněmi využívány.

3.2 Uplatnění teoretických poznatků

Už při zaměřování objektů na toku a jednotlivých příčných profilů bylo potřeba vycházet z dříve zjištěných teoretických poznatků. Pro hydrotechnické posouzení bylo potřeba zaměřit příčný profil hlavně v místech, kde dochází k výrazným změnám v průběhu vodního toku. Navíc u každého objektu, který působí jako případná překážka, je nutné stanovit příčné profily v jeho těsné blízkosti pro následné posouzení. K vypracování odtokové situace pro jednotlivé n-leté průtoky bude použit software HEC-RAS, verze 4.1.0, který je volně dostupný na internetových stránkách amerického armádního sboru inženýrů. Díky vzniklé simulaci rozlivů v jednotlivých profilech bude možné navrhnout preventivní protipovodňová opatření.

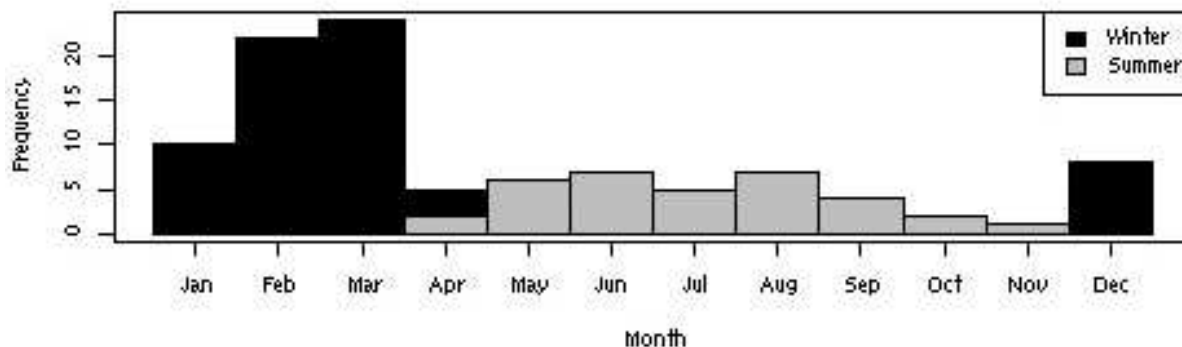
4. Historie povodní

4.1 Historie systematických hydrologických pozorování

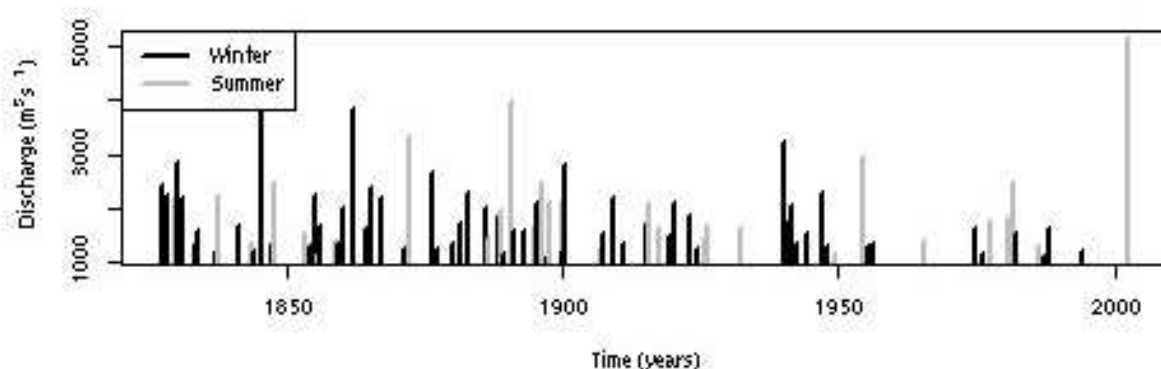
Systematická hydrologická pozorování v Čechách začala na tzv. říšských řekách (Vltava od Českých Budějovic po Mělník a Labe od Mělníka po státní hranici v roce 1851 na vodočetných stanicích v Mělníku, Litoměřicích, Ústí nad Labem a v Děčíně, přičemž už od roku 1825 se konala pravidelná pozorování v Praze. Měření byla prováděna téměř výhradně zřízenci stavebního odboru c. k. místodržitelství. Po katastrofální povodni na Berounce a Ohři ve dnech 25. – 27. května 1872 a po neobvykle suchém roce 1874 byla z popudu zemského sněmu založena Hydrografická komise pro Království české. Šlo o uznání nezbytnosti soustavného výzkumu vodstva tak, aby se v budoucnosti zabránilo zhoubným následkům podobných živelných pohrom.

Po vzniku samostatného Československa byla zachována obdobná organizace hydrologické služby jako byla předtím v Rakousku. Usnesením ministerské rady z roku 1919 byl zřízen v Praze Státní ústav hydrologický s výkonným hydrografickým oddělením v každé zemi (Čechy v Praze, Morava v Brně, Slezsko v Opavě). Ústav pokračoval v pravidelném vydávání hydrologických zpráv, obsahujících hydrologická a srážkoměrná pozorování, a byl také pověřen metodickým vedením hydrologické služby (Brázdil, 2005).

Povodně pozorovány v Čechách vznikají nejčastěji z meteorologických příčin, tedy v důsledku nadměrných srážek nebo ledových jevů. Vzájemný vztah jejich amplitud a klimatických proměnných, jako je teplota nebo srážky, není doposud plně objasněn. Z ročního rozdělení povodní na Labi a Vltavě můžeme vyčíst, že k zimním povodním dochází zejména v únoru a březnu, letní povodně postihují naše území mezi květnem a srpnem. Rozsah zimních a letních povodní je srovnatelný v obou řekách, ačkoliv zimní povodně jsou mnohem častější (Yiou et. kol, 2006).



Obr. č. 1: Frekvence povodní ve jednotlivých měsících v Praze na Vltavě



Obr. č. 2: Průměrná velikost povodní v Praze na Vltavě

4.2 Analýza největších historických povodní v českých zemích před začátkem přístrojových měření

Povodeň ze září roku 1118 je první velkou vodou, o níž existují přímé zprávy z našeho území. Do své kroniky ji tehdy pražský panovník Kosmas. Kromě škod jako první zmiňuje i úroveň, kam voda dosahovala, přibližně 8 – 9 metrů nad průměrnou hladinou Vltavy. Kompilační české analýzy k této události dodávají, že povodeň zasáhla celé Čechy.

Rok 1432 patřil z hlediska povodňové aktivity k mimořádným, neboť během něho byly zaznamenány tři velké povodně. Dvě významné v březnu a prosinci ale značně převýšila velká voda v červenci, která byla do povodně v srpnu 2002 považována za největší povodeň posledního tisíciletí. Roku 1432 bylo od 23. dubna velké sucho, přišlo jen jednou a ještě ke všemu málo. K tomu 23. června uhořela vedra tak velká,

že lidé parnem omdlávali na polích i umírali. Horko bylo ukončeno v podvečer 19. července, kdy kolem 19.00 hod. SEČ počalo pršet a přšlo dnem i nocí až do 22. července. V noci z 20. na 21. července přišla povodňová vlna a voda prudce stoupala, až kulminovala po 7.00 hod dne 22. července. Povodeň zcela opadla až po týdnu.

Typická zimní povodeň z února roku 1799 se dostavila po velmi tuhé zimě 1798/99, která s průměrnou teplotou $-5,8^{\circ}\text{C}$ byla dosud druhou nejchladnější zimou podle klementinských měření. Přitom leten 1799 s průměrem $-9,3^{\circ}\text{C}$ byl vůbec nejchladnějším v řadě teplot tohoto měsíce od počátku pozorování. Následkem dlouhotrvajících záporných teplot se na řekách vytvořil silný led, který na Labi dosáhl tloušťky 1,04 metr u na Vltavě byl ještě silnější. V noci z 21. února se v důsledku předchozí oblevy v Praze začal lámat led, který poměrně klidně odcházel. V následující noci se ale zvedla voda, unášející mnoho ker, a vystoupila z břehů. Po dopoledním poklesu vodní hladiny dne 23. února se odpoledne voda opět zdvihla a zaplavila část Starého Města a Malé Strany, které ohrožovala unášenými krami (Brázdil, 2005).

4.3 Analýza vybraných katastrofálních povodní v České republice

Povodeň z března roku 1845 byla typickou smíšenou povodní, která nastala po tuhé zimě s velkým množstvím sněhu a intenzivními ledovými jevy na vodních tocích. V Praze na Vltavě došlo podle záznamů ze Staroměstských mlýnů k vzestupu vod večer dne 26. března, kdy se hnuly ledy nad jezem. Po dalším výrazném vzestupu vod 28. března, kdy ve 12 hodin ustal chod ledu, bylo kulminace dosaženo následujícího dne v 4:40 hod. při vodním stavu 513 cm a průtoku $4500\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Poté začala voda opadávat (Novotný, 1963,s.80).

Povodeň z května roku 1872 v povodí Berounky a Ohře s asi 240 oběťmi a materiálními škodami přes 9 miliónů zlatých je zatím nejtragičtější známou povodňovou katastrofou v České republice. Tato povodeň byla způsobena výhradně přívalovými srážkami s trváním v řádu hodin. Tím je mezi významnými povodněmi na území České republiky unikátní událostí, neboť takovéto povodně postihují zpravidla pouze menší vodní toky. Ve dnech 25.-26. května 1872 se však vyskytly extrémní

kulminační průtoky i na dolní Berounce a dokonce i na Vltavě v Praze došlo k překročení padesátiletého průtoku Q_{50} (Skrejšovský, 1872).

Povodeň z července roku 1897 postihla nejničivěji severní Čechy. Souvisela s mimořádně vysokými srážkovými úhrny, které vyvrcholily dne 29. července, kdy na stanici Nová Louka (780 m. n. m.) v Jizerských horách byl zaznamenán dosud nejvyšší srážkový úhrn na území České republiky, a to 245,1 mm. Na mimořádnost těchto srážek ukazuje skutečnost, že v téže oblasti stanice Jizerka (970 m. n. m.) naměřila 300,0 mm, v Krkonoších Riesenrain (812 m. n. m.) 266,2 mm a Sněžka (1603 m. n. m.) 239,0 mm. Na dalších třech stanicích denní úhrn přesáhl 150,0 mm a na 21 stanicích 100,0 mm, přičemž se tato místa nacházela i v Krušných horách a v Hrubém Jeseníku. Podle databáze ČHMÚ se jednalo o tisíciletou povodeň na stanici Labská na Labi a na Úpě v Horním Maršově. Průtoky Q_{100} byli zaznamenány na Labi na stanici Království, na Úpě v České Skalici, na Kamenici v Josefově Dole a na Mumlavě na stanici Janov-Harrachov. Padesátileté průtoky byly zjištěny na Jizeře na stanicích Vilémov, Železný Brod a Tuřice (Brázdil, 2005).

Povodním koncem srpna a začátkem září roku 1938 nebyla z důvodu tehdejších pohnutých politických událostí věnována taková pozornost, jakou by si bezesporu zasloužily. Na některých tocích však došlo k povodním s kulminačním průtokem dosahujícím v některých profilech hodnoty padesátiletého (Q_{50}) nebo stoletého průtoku (Q_{100}). Datová základna je ale vzhledem k následnému porušení celistvého českého státu torzovitá, takže nebylo možno graficky vyjádřit plošné rozložení předchozí nasycenosti povodí a srážek. Největší kulminační průtoky při následné povodni byly zaznamenány na řekách Divoká Orlice, Orlice, Morava, Dyje, Bečva, Chrudimka, Labe. Zprávy ze soudobého tisku citují škody jak způsobené několikadenními dešti na dosud nesklizeném obilí, tak i škody způsobené rozlíváním vodních toků (Brázdil, 2005).

4.4 Novodobé povodně

Rozsáhlé záplavy mají v posledních letech překvapivě krátký vzájemný interval. Díky vysoké četnosti hydrometeorologických stanic však můžeme tyto katastrofy řádně dokumentovat, zaznamenávat jejich příčiny, průběh a ničivé dopady. Z těchto

poznatků jsou pak vypracovávány studie, které navrhnou účinná protipovodňová opatření a kladou si za cíl snížit riziko při dalších povodňových situacích.

Ničivá povodeň z července roku 1997 vyvolala nebývalý ohlas u odborné veřejnosti. Byla způsobena extrémními srážkami ve dnech 4. – 8. července zejména na Moravě a ve Slezsku, ale i ve východních Čechách; vydatné srážky se opakovaly v Krkonoších ještě 17. – 21. července. Kulminační průtoky na řadě vodních toků dosahovali hodnot stoletých průtoků i vyšších. Zatímco ve Strážnici se jednalo o extremitu s opakováním 100 roků, hodnota kulminačního průtoku Moravy v Kroměříži znamenala extrém s opakováním jednou za 300 let, v Olomouci jednou za 500 let a v Raškově dokonce jednou za 800 let. Tato povodňová katastrofa byla doslova „povodní století“, protože ve 20. století se žádná podobná událost nevyskytla a vyžádala si 52 lidských životů. Zápavy při této povodni zasáhly celkem 34 okresů celé Moravy, Slezska a východních Čech. Celkově bylo postiženo 538 obytných zón a zničeno bylo 2151 bytů, přičemž dalších 5652 nebylo v dlouhodobějším horizontu použitelných pro svůj účel. Poškozeno bylo dále 946 km železničních tratí, 13 železničních stanic a 26 mostů. Rozsáhlé škody způsobily povodně v zemědělských oblastech na úrodě. Celkové škody byly vyčísleny na 62,2 miliardy korun (Konvička, 2002), (Kozák, 2007).

Povodeň ze srpna roku 2002 podmíněna vydatnými trvalými srážkami patří mezi nejvýznamnější známé povodňové katastrofy v České republice. Vyžádala si celkem 19 lidských životů a materiální škody vyčíslené na 73 miliard Kč. Postiženo bylo 986 obcí v 43 okresech, přičemž 98 obcí bylo zcela zaplaveno. Tisíce lidí, zejména v Praze, muselo být evakuováno. Vznik samotné ničivé ze 12. – 16. srpna 2002 souvisel se dvěma mimořádnými srážkovými obdobími. První srážková vlna přišla ve dnech 6. – 7. srpna a postihla především jižní Čechy. Dne 7. srpna naměřila maxim srážek Pohorská ves (750 m. n. m.) v Novohradských horách, a to 180,5 mm. Jednalo se o trvalé a místy i přívalové srážky spojené s tlakovou níží nad Alpami, která se vytvořila dne 5. srpna nad západním Středomořím. Výsledkem první srážkové vlny ve dnech 6. – 7. srpna byly mimořádné povodně na Malši a dalších vodních tocích v jižní části Čech dne 8. srpna. Nasycenost povodí Vltavy mezi dny 6. a 11. srpna prudce vzrostla, prakticky v celém povodí Vltavy přesahovala 100 mm.

Druhá srážková vlna se dostavila brzy nato ve dnech 11. – 13. srpna. Na jihočeských tocích, na středním a dolním toku Vltavy se jednalo o jednu z největších povodní za posledních 1 000 let. Kulminační průtok $5160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dne 14. srpna v Praze odpovídal pětisetleté vodě a výrazně přesáhl hodnoty průtoků dalších známých stoletých povodní z 19. století. Kombinací několika současně působících faktorů se vliv Vltavské kaskády na kulminační průtok srpnové povodně v Praze i v Děčíně prakticky anuloval. Na základě modelových simulací se dále ukázalo, že tento efekt by byl podobný i za jiných variant manipulací na nádržích (Sígl, 2012).

Tato povodeň byla na jihočeských tocích a na středním a dolním toku Vltavy pravděpodobně jedna z vůbec největších za posledních 1000 let. Nejvyšší naměřený kulminační průtok $5160 \text{ m}^3/\text{s}$ v Praze odpovídá hodnotám pětisetleté vody. V Děčíně zůstal průtok $4770 \text{ m}^3/\text{s}$, odhadnutý na dvousetletou vodu, za hodnotami z let 1845 i 1862. Při katastrofě obrovského rozsahu a nebývalé intenzity došlo k úmrtí 17 lidí. Pravděpodobně se tak stalo díky intenzivní pětileté práci na protipovodňových postupech a ochraně obyvatelstva na základě zkušeností s povodní roku 1997 na Moravě. Evakuováno bylo 220 tisíc lidí a velká voda přímo postihla 753 obcí. Škody byly vyčísleny na 73 miliard Kč (Kozák, 2007).

Pro vývoj hydrologické situace v průběhu zimy 2005/2006 a následné jarní povodně bylo rozhodující množství srážek akumulované ve formě sněhové pokrývky, průběh teplot vzduchu a výskyt dešťových srážek v období významného oteplení. Během zimního období se na velké části území ČR vytvořily značné zásoby vody ve sněhové pokrývce. V důsledku malého počtu relativně teplejších období s teplotou nad bodem mrazu se tyto zásoby sněhu udržely téměř až do konce března.

Výrazný vzestup průtoků na většině toků nastal 26.3., kulminací bylo dosaženo většinou v období od 28.3 do 1.4.2006. Povodeň se vyznačovala především velmi dlouhým trváním, kdy povodňové stavy na některých tocích přetrvávali více než 10 dní. Povodeň byla tedy extrémní nejen z hlediska kulminačních průtoků, ale hlavně také z hlediska celkového proteklého množství vody. K tomu přispěl jednak transformační účinek nádrží Vltavské kaskády, především VD Orlík, a rovněž nevýznamné rozvodnění Berounky. Rovněž na Ohři došlo ke zmenšení kulminačního průtoky povodňové vlny vlivem nádrží (transformace z pětiletého na méně než

dvouletý na VD Nechanice), takže ani ta neměla zásadní vliv na průběh povodně na dolním toku Labe.

Jarní povodeň 2006 postihla celkem 755 obcí v sedmi krajích (Ústecký, Středočeský, Jihočeský, Pardubický, Jihomoravský, Olomoucký, Zlínský) a 44 obcí kraje Vysočina. Celkové škody byly předběžně vyčísleny na 6 mld. Kč. Celkem bylo obyvateli i podnikatelskými subjekty v souvislosti s jarní povodní nahlášeno 14 126 pojistných událostí s celkovou výší škod 779,6 mil. Kč (VÚV T.G.M., 2006).

Na přelomu června a července 2009 se ve střední Evropě vyskytovaly příhodné podmínky pro tvorbu intenzivních bouřek. V období od 20. do 6. června 2009 se na území ČR každodenně vyskytovaly srážky. Z počátku se jednalo o srážky trvalého charakteru na frontálním rozhraní. Zaznamenané srážkové úhrny dosahovaly v horských oblastech až více než 50 mm za den. Od 24.6.2009 se charakter srážek změnil a převažovaly lokální srážky, které nepravidelně a s různou intenzitou, zejména v odpoledních hodinách, postihovaly různé oblasti České republiky.

Při povodních 2009 nebo v přímé souvislosti s nimi bylo nahlášeno celkem 15 úmrtí. Z toho k 9 úmrtím došlo v Moravskoslezském kraji, 3 oběti si povodeň vyžádala v Olomouckém kraji, jednu oběť hlásily kraje Jihočeský, Ústecký a Zlínský. Tyto povodně postihli celkem 451 obcí, s výjimkou Hlavního města Prahy. Celkové škody byly vyčísleny na téměř 8,5 mld. Kč.

Tyto povodně přinesly však cenné zkušenosti, které mohou být zohledněny v budoucích letech na různých úrovních řízení ochrany před povodněmi. Vlastnosti přívalových povodní je nezbytné více promítnout do metod hodnocení povodňového rizika, povodňových plánů a dalších dokumentů upravujících fungování povodňové služby v ČR. Přes náhlost a extrémnost povodní v červnu a červenci, složky povodňové služby a integrovaného záchranného systému fungovaly poměrně dobře a ukazuje se, že i průběh a následky povodní tohoto typu lze úspěšně řešit (Daňhelka et Kubát 2009).

Období od 30. dubna do 3. června 2010 lze na Moravě a ve Slezsku charakterizovat jako mimořádně bohaté na srážky a zároveň i mimořádně vodné, kdy se průtoky pohybovaly vysoko nad svými dlouhodobými průměry. V povodí Odry spadlo za květen v plošném průměru 285 % měsíčního srážkového normálu a v povodí Moravy zhruba 210 %, přičemž na severovýchodní Moravě a Slezsku

květnový úhrn vysoko překročil 300 % normálu. Velikost následné odtokové odezvy byla velmi ovlivněna předchozím silným nasycením postižených povodí předchozími srážkami. Extrémní úhrny srážek byly zaznamenány ve dnech 16. – 18. května, a to zejména na povodích pravostranných přítoků Odry pramenících v Moravskoslezských a Slezských Beskydech, kde v některých srážkoměrných stanicích srážkové úhrny dobu opakování 100 let.

Druhá významná srážková epizoda se vyskytla ve dnech 1. – 3. června, přičemž nejvyšší srážkové úhrny byly naměřeny 1. června, a to zejména na povodích přítoků Moravy pod soutokem s Bečvou. Povodí Odry a Bečvy bylo zasažené v porovnání s první epizodou významně menší měrou (Šunka, 2011).

5 Povodně a jejich charakteristiky

5.1 Povodeň

Meteorologický slovník definuje povodeň jako výrazný přechodný vzestup hladiny toku, způsobený náhlým zvýšením průtoků nebo dočasným zmenšením průtočnosti koryta, zejména při výskytu ledových jevů. Ke zvyšování průtoků na území ČR dochází vlivem spadlých intenzivních (krátkodobých či dlouhodobých) dešťových srážek nebo táním sněhové pokrývky, popřípadě jejich kombinací (Sobíšek, 1993).

Povodně jsou přírodní fenomén, kterému nelze zabránit. Jejich nepravidelný výskyt a variabilní rozsah nepříznivě ovlivňují vnímání rizik, která přinášejí, což komplikuje systematickou realizaci preventivních opatření. Povodně představují pro Českou republiku největší přímé nebezpečí v oblasti přírodních katastrof a mohou být i příčinou závažných krizových situací, při nichž vznikají nejenom rozsáhlé materiální škody, ale rovněž ztráty na životech obyvatel postižených území a dochází k rozsáhlé devastaci kulturní krajiny, včetně ekologických škod (Křovák, 2004).

5.2 Ochrana před povodněmi

Ochrana před povodněmi jsou opatření k předcházení a zamezení škod při povodních na životech a majetku občanů, společnosti a na životním prostředí prováděna především systematickou prevencí, zvyšováním retenční schopnosti povodí a ovlivňováním průběhu povodní. Ochrana před povodní není nikdy absolutní. Lze však částečně omezit povodňové kulminační průtoky, transformovat povodňovou vlnu, a tím příznivěji ovlivnit časový průběh povodní. Stejně jako v řadě evropských zemí, které byly v průběhu devadesátých let postiženy rozsáhlými povodněmi, vyvolaly katastrofální povodně v roce 1997, 1998 a zejména 2002 pozitivní obrat ve vnímání významu povodňové ochrany v České republice. Tento posun byl navíc umocněn značným rozsahem finančních prostředků, které bylo nutno vynaložit, především z veřejných rozpočtů, k odstranění škod způsobených povodněmi (Křovák, 2004).

5.3 Charakteristiky povodně

Povodně a jejich průběh charakterizuje hodnota kulminačního průtoky, tvar a objem povodňové vlny a také doba trvání povodně. Z hodnot kulminačních průtoků při jednotlivých povodních se pak stanovuje N-letý kulminační průtok (též N-letý průtok) Q_N , „který je v uvažovaném profilu dosažen nebo překročen průměrně jednou za N-let“ (ČSN, 1975, 1983). Velikost a doba trvání povodně ovšem závisí na více faktorech. Tvar povodí ovlivňuje nástup povodňové vlny a její velikost. Velikost povodí ovlivňuje takzvaný specifický odtok, což znamená množství vody odtékající z 1 km² povodí za sekundu. Čím větší povodí je, tím je specifický odtok nižší a tím menší povodeň je na hlavním toku. Intenzita a doba trvání deště ovlivňuje jak nástup povodně, tak velikost povodňové vlny.

Na rozdíl od výše zmíněných faktorů, které člověk není schopen ovlivnit, existují ještě další, které naopak člověk ovlivňuje zásadně. Dalšími faktory, na kterých závisí průběh povodně, je kapacita, stav a odolnost koryt vodních toků. Na velikosti zátopového území závisí, zda a nakolik se vodní tok může rozlít z koryta do nivy. Při

takovém rozlivu se zdrží část vody v nivě, zpomalí se odtok a sníží se velikost povodňové vlny. Důležitým faktorem je také způsob zástavby a využívání záplavového území (Daňhelová 2004).

Průběh odtoku je popisován průtokovou vlnou, která podle ČSN (1975) představuje: „přechodné zvětšení a následující pokles průtoků a vodních stavů, vyvolaný dešti, táním sněhu nebo umělým zásahem“ nebo časový průběh popsaného jevu „v určitém profilu toku“ nebo „v trati toku v daném okamžiku“. Pojem průtoková vlna se však používá souhrnně pro všechny vlny na toku bez ohledu na původ jejich vzniku. Zvláštním případem průtokové vlny je vlna povodňová, kterou ČSN (1975, 1983) definovala jako „průtokovou vlnu s charakterem povodně“. Ta vzniká při překročení průtočné kapacity koryta, kdy se voda začne přelévat přes břehové hrany do okolí a stává se potenciálně škodlivým živlem (Brázdil, 2005).

5.4 Přírozené a zvláštní povodně

Přírozená povodeň je povodeň způsobená přírodními jevy. Povodní se rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přírozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Pro vznik přírozených povodní jsou v naprosté většině případů rozhodující hydrologické příčinné jevy na území republiky.

Zvláštní povodeň je povodeň způsobená umělými vlivy, tj. situace, jež může nastat při stavbě nebo provozu vodních děl, která vzdouvají nebo mohou vzdouvat vodu, zejména při narušení tělesa vzdouvacího vodního díla, poruše hradicích konstrukcí vypustných zařízení vodního díla nebo nouzového řešení kritických situací z hlediska bezpečnosti vodního díla.

Vlastníci nebo správci vodních děl jsou povinni zajišťovat odborný technicko-bezpečnostní dohled, jehož účelem je průběžné zjišťování technického stavu vodního díla z hlediska jeho stability, bezpečnosti a možných poruch, i navrhování vhodných opatření k nápravě. Pro účely dohledu jsou vodní díla zařazena do I. až do IV. kategorie podle výše škod v území pod vodním dílem při případné havárii. Pro

díla I. a II. Kategorie je vlastník (uživatel) nebo správce povinen zajistit provádění dohledu prostřednictvím pověřené odborné organizace. Za povodňových situací dochází často k ohrožení bezpečnosti i u vodních děl III. a IV. kategorie, zejména malých vodních nádrží a rybníků, kterých je v ČR cca 21 000 (Křovák, 2004).

V posledních letech je naše území postihováno přívalovými povodněmi, které vznikají nejčastěji následkem rychlého povrchového odtoku způsobeného přívalovými srážkami. Přívalové srážky jsou srážky o velmi silné intenzitě, pravidla více než 30 mm.h⁻¹. Projevuje se velmi rychlým vzestupem vody a následně i velmi rychlým poklesem. Vedle intenzity srážek zde sehrává velmi důležitou úlohu schopnost půdního pokryvu vsakovat srážkovou vodu. Tato schopnost infiltrace je primárně ovlivněna jak způsobem využívání území, tak i jeho morfologickými charakteristikami, zejména sklony svahů. Podstatný je rovněž aktuální stav nasycení půdního povrchu předchozími srážkami, kdy se zvyšujícím se stupněm nasycení nad retenční vodní kapacitu půdy schopnost absorpce dalších srážek půdou rychle klesá.

Přívalové srážky postihují zpravidla území o rozloze od několika km² po několik desítek, vzácně stovek km². Mohou s kolísavou intenzitou trvat od několika málo minut až po několik hodin. Pro přívalovou povodeň je proto charakteristické to, že může zasáhnout vedle okolí malých vodotečí rovněž za normální situace suchých údolí, příp. území, kde dochází k soustředění povrchového odtoku z okolních svahů. Území pod delšími svahy jsou proto nejrizikovější z hlediska možného vzniku přívalových povodní, a proto např. nevhodný způsob obhospodařování pozemků na těchto svazích riziko zvýšeného odtoku z přívalových srážek velmi umocňuje.

Možnosti předpovídání přívalových povodní jsou velmi silně omezeny, a to vzhledem k prudké dynamice vývoje konveční oblačnosti, ze které vypadávají přívalové srážky. I když meteorologické podmínky pro vznik silných přívalových srážek mohou být poměrně úspěšně předpovězeny, přesnou lokalizaci výskytu, trvání a intenzitu přívalových srážek mohou být poměrně úspěšně předpověděny, přesnou lokalizaci výskytu, trvání a intenzitu přívalových srážek, a tím i oblast eventuálního výskytu přívalových povodní pomocí standardních meteorologických modelů (např. ALADIN) predikovat v podstatě nelze (Čekal, 2011).

5.5 Klasifikace povodní

Podle příčin vzniku povodně uváděla ČSN (1975, 1983) bez definičního vymezení povodně dešťové, sněhové a smíšené. Pod pojmem dešťová povodeň se zde rozumí případ vzniku jen z dešťových srážek, sněhová povodeň je zapříčiněna jen táním a smíšená povodeň vzniká kombinací tání sněhu a dešťových srážek. Zvláštním případem jsou ledové povodně, způsobené dočasným zmenšením průtočnosti koryta v důsledku ledových jevů (např. ledovou zácpou). V poslední době byly do tohoto dělení zařazeny také povodně vznikající ze specifických příčin, které díky neočekávanému zmenšení průtočnosti koryta mohou způsobit rychlé stoupnutí hladiny anebo přímou záplavu (Brázdil, 2005).

5.5.1 Dešťové povodně

Jsou vyvolány kapalnými srážkami a podle způsobu vzniku, doby trvání a intenzity deště je lze dále rozdělit na povodně z trvalých srážek a povodně z přívalových srážek. Dešťové povodně z trvalých srážek jsou vázány zpravidla na jedno až vícedenní trvalé srážky, které jsou spojené s některými vybranými srážkově významnými synoptickými situacemi. Jsou vesměs vázány na výskyt tzv. „srážkotvorné“ cyklony v blízkosti nebo přímo na území České republiky. Významnou roli hraje poloha, rychlost a směr postupu cyklony vzhledem k postiženému území a pozice s ní spojeného frontálního rozhraní, stejně jako orografické zesílení srážek. Vzhledem k omezenému plošnému rozsahu intenzivnějších srážek nepostihují nikdy současně převážnou část území české republiky (Sklenář, 2007).

Srážky jsou výsledkem kondenzace a desublimace vodní páry v ovzduší, na povrchu území, předmětů a rostlin. Kondenzace je změna skupenství vody v ovzduší z plynného na kapalné. Desublimace je změna skupenství vody v ovzduší z plynného přímo na pevné. Produktem kondenzace jsou kondenzáty (kapalné srážky), produktem desublimace jsou desublimáty (pevné srážky) (Hrádek, 2004).

5.5.2 Sněhové povodně

Vznikají náhlým táním sněhové pokrývky při kladných teplotách v zimním a v jarním období. Mohou být doprovázeny i ledovými jevy. Kulminační průtoky při sněhových povodních zpravidla nedosahují na území české republiky větších N-letostí. V profilech velkých vodních toků na území České republiky nejsou pozorovány čistě sněhové povodně, tj. povodně jen z tání sněhu bez vlivu dešťových srážek. Tento druh povodní se vyskytuje pouze na menších tocích a hodnota kulminačního průtoky zpravidla nepřesáhne hodnotu pětiletého průtoky (Patera, 2002).

5.5.3 Smíšené povodně

Jsou zapříčiněny kombinací tání sněhu a dešťových srážek. Mohou být rovněž doprovázeny ledovými jevy. Jsou vázány na dosti rozdílné povětrnostní situace přinášející v zimě a na začátku jara oteplení s kladnými teplotami, doprovázené často i silnějším větrem. Tání sněhu je rovněž urychlováno vypadávajícími kapalnými srážkami, které zároveň samy přispívají ke zvětšení průtoků. Tyto povodně mohou mít v České republice větší územní rozsah než povodně z trvalých srážek. Naprostá většina smíšených povodní v České republice se vyskytuje od prosince do března, proto jsou tyto případy označovány jako povodně zimního typu (Patera, 2002).

5.5.4 Povodně ledové

Vznikají zpravidla po období déle trvajících mrazu se zámrazem řek, kdy následné náhle oteplení může způsobit odchod ledu. Pokud dojde ke tvorbě ledových zácp a nápěchů (zatarasení průtočného profilu nahromaděním ledu), může dočasné zmenšení průtočnosti koryta způsobit výrazné vzduť vodní hladiny. Při těchto povodních jsou objekty ohroženy nejen zaplavením při vybřežení vodního toku, ale i zvýšenými tlaky ledu (Brázdil, 2005).

5.5.5 Povodně ze specifických příčin

Vznikají zmenšením průtočnosti koryta, a tím způsobí často i rychlé stoupení hladiny do povodňové úrovně anebo přímou záplavu. Mezi nejčastější příčiny patří:

náhlá přehrazení toku sesuvem půdy anebo také spadlou lavinou uvolněné horniny či masy sněhu a stržených materiálů (povodně lavinové), záplavy vyvolané vzduším vody v dolních tratích přítoků v důsledku vyšší hladiny na hlavním toku (záplavy ze zpětného vzduť), povodně způsobené porušením nebo protržením hráze vodní nádrže nebo rybníku (Kovář, 2004).

5.6 Faktory ovlivňující povodně

Vznik a průběh povodně je ovlivňován především meteorologickými a hydrologickými faktory, které zapříčiní vznik extrémních vodních stavů. Takto vzniklé povodně jsou dále ovlivněny fyzicko-geografickými a antropogenními faktory v povodí. Probíhající povodně jsou pak výsledkem jejich komplexním působením (Brázdil, 2005).

Pro vyhodnocení kulminačního průtoku, k navrhování hydrotechnických zařízení a staveb na vodních tocích nebo v jejich blízkosti a jako základ územně – plánovacích rozhodnutí se extrémnost průtoků v určitém profilu vodního toku vyjadřuje pravděpodobností překročení popř. dobou opakování. Kulminační průtok s dobou opakování 100 let je takový průtok, který je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jednou za 100 let.

Doba opakování se zjistí tak, že z časové řady maximálních ročních průtoků za celé období pozorování se stanoví empirická čára překročení, která se vyrovnává teoretickým rozdělením. Tímto teoretickým rozdělením je umožněno provést extrapolaci i mimo rozsah pozorování a stanovit tak pravděpodobnosti překročení i extrémních kulminačních průtoků. Nejčastěji používané doby opakování jsou 2, 5, 10, 20, 50 a 100 let. Hodnoty n-letých průtoků jsou závislé na délce pozorování vstupních řad, na použitém teoretickém rozdělení a na metodě pro odhad parametrů, přičemž délka pozorování má rozhodující vliv (Manfred, 2005).

5.6.1 Meteorologické faktory

Meteorologické hledisko ukazuje, že vydatnost, intenzita a délka trvání srážek může působit i několik dnů či týdnů před vznikem samotné povodně. Zejména se

jedná o mocnost sněhové vrstvy, nebo hloubce promrznutí půdy v zimních měsících. V letních měsících se jedná zejména o přívalové deště a deště s delší dobou trvání. Jestliže hodnota srážek je výrazně překročí dennímu průměru, může dojít ke vzniku povodně. Rozhodující pro velikost a průběh povodně je, kolik procent povodí vodního toku je v daný čas současně srážkami zasaženo (Štěkl, 2001).

5.6.2 Hydrologické faktory

Z hydrologického hlediska je nejdůležitější míra naplnění koryt vodních toků před začátkem povodně. Dalšími hydrologickými faktory jsou odtokové poměry, koncentrace odtoku, retenční schopnosti prostředí. Od těchto jevů se následně odvíjí podoba průběhu povodňové vlny (Brázdil, 2005).

5.6.3 Fyzio – geografické faktory

Mnohé z těchto faktorů jsou podmíněny různými fyzicko-geografickými faktory,. Mezi ně patří charakteristika povodí, konkrétně jeho plocha a tvar, sklon terénu, nadmořská výška a délka toku. Působením některých faktorů může být proměnlivé v průběhu roku (např. vegetační pokryv). V samotném vodním toku je pak rozhodující průtočnost koryta, která je dána jeho morfometrickými charakteristikami (šířka, hloubka, sklon, zakřivení, břehová a doprovodná vegetace), ale i o průtočnost inundačního území (Brázdil, 2005).

5.6.4 Antropogenní faktory

Člověk utváří své životní prostředí tím, že zasahuje do krajiny a využívá půdu ke své obživě, osídluje ji a získává z ní řadu dalších látek. Tyto umělé změny přírodního prostředí nemohou zůstat bez vlivu na odtokové poměry. V omezeném rozsahu tedy sami určujeme, jaké množství srážek a jak rychle odeče do řek. Významnějším problémem v České republice v souvislosti s odtokovými poměry je spíše velký podíl zemědělské půdy (kolem 50 – 80 %), která v řadě případů je nevhodně obdělávána a

cíleně odvodňována. Odtokové poměry také významně ovlivňují lidské zásahy do říčních niv mimo zastavěná území (Slavíková, 2007).

Negativním antropogenním zásahem je také zkrácení říční sítě neboli napřimování řek. Napřimování koryt toků způsobuje nárůst rychlosti proudění vody a tím i nárůst účinku povodňové vlny. Tím pádem dochází ke zkrácení nejen délky řek, ale také doby předstihu, která je nutná pro včasnou ochranu obyvatel a majetku před povodněmi. Povrchová voda je z krajiny rychle odvedena a v nižších polohách tak může způsobit ničivou povodeň (Just, 2005).

5.7 Principy dlouhodobě udržitelné ochrany před povodněmi

Povodni jako přírodnímu jevu nelze zabránit, ale můžeme se vyhnout tomu, aby se změnila v katastrofu. V ochraně před povodněmi jde především o omezení škod, zabránění nárůstu potenciálních škod v ohrožených oblastech a vytvoření přiměřeného povědomí o možných nebezpečích. Povodeň vede ke škodám až tehdy, jsou-li do záplavových oblastí umísťovány stavby vytvořené člověkem. Čím intenzivněji a neopatrněji jsou tyto oblasti užívány, tím větší je potenciál škod a rovněž i skutečné škody, pokud dojde k povodni. K dosažení co největšího užítku lidé řeky v minulosti napřímili, opevnili a ohrázovali. Ochránili se tak před povodněmi a mohli využívat úrodnou lužní půdu k zemědělským účelům. Řeky byly přizpůsobeny tak, aby vyhovovaly potřebám lodní dopravy a aby bylo možné využívat jejich energii. Tyto zásahy měly však závažné důsledky pro přirozený systém řeky a nivy a průtokový režim. Oddělily řeku od její nivy, mokřady vyschly, říční tok se zkrátil a průtok zrychlil. Některé z těchto regulací jsou dnes kvůli zvyšujícím se negativním dopadům povodní přehodnocovány.

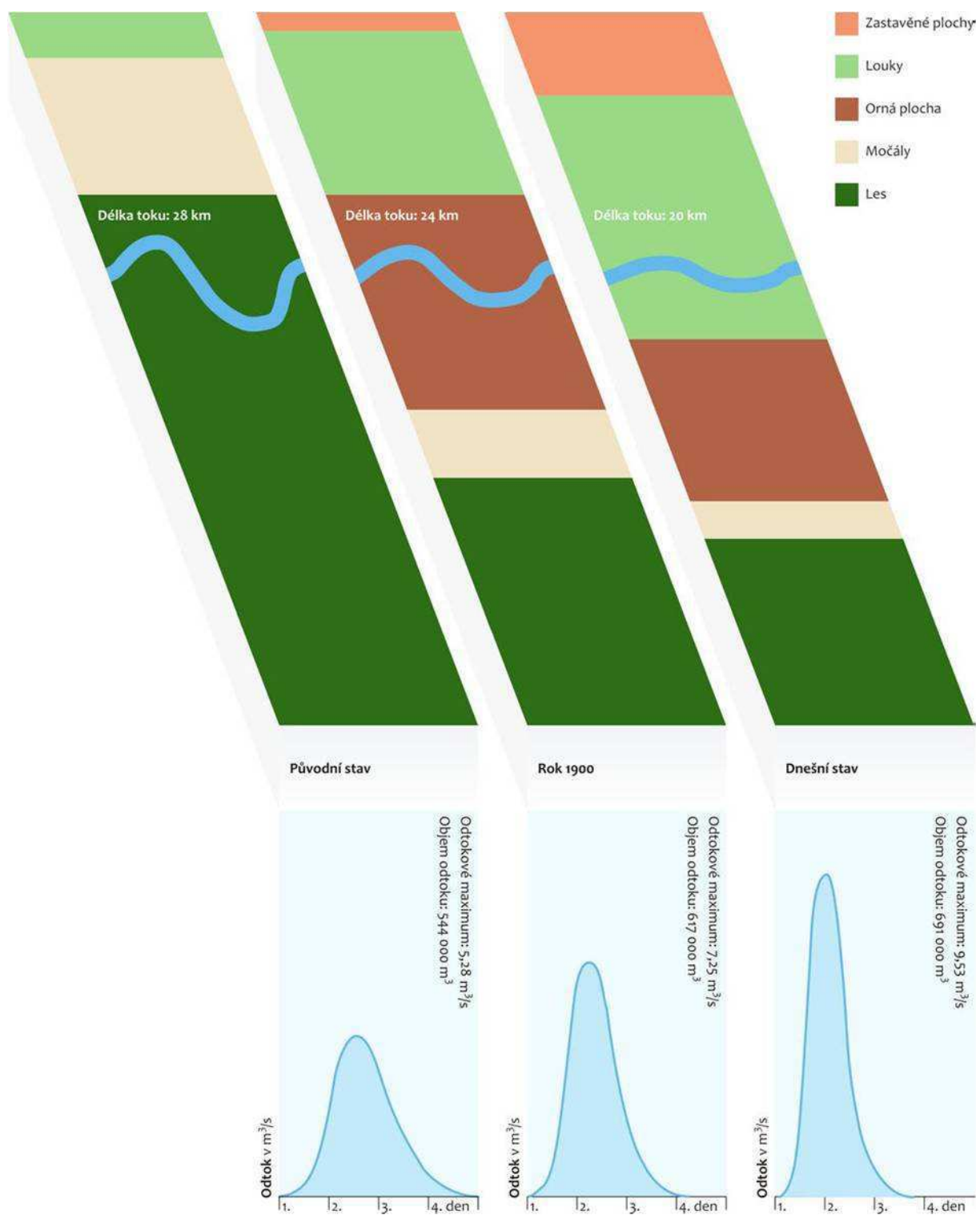
Existuje několik typů opatření, jimiž lze snižovat škody působené povodněmi. Tři základní protipovodňová opatření spočívají v přirozené retenci, technické protipovodňové ochraně a samotné prevenci před povodněmi. Nejúčinnější je vždy jejich rozumná kombinace (VÚV TGM, 2002).

5.7.1 Přirozená retence

V člověkem nepozměněné krajině se voda z řek může vylít do říčních niv. Půda, vegetace a prohlubně v terénu vodu zadrží a postupně ji vracejí do řeky.

Intenzivnější využívání říčních údolí způsobilo, že řekám bylo dovoleno vylévat se z břehů čím dál tím méně. Aby se utlumila povodeň již v místě svého vzniku, musíme existující nezastavěná území zajistit pro rozlivy a znovu aktivovat někdejší přirozená inundační území. K dosažení tohoto cíle se musí odsadit, či někde zcela odstranit hráze a řeky znovu zapojit do jejich nivy, revitalizovat především drobné vodní toky, které byli v minulosti narovnány, a obnovovat krajinné prvky (remízky, mokřady, lužní lesy), které dokáží zadržet velké množství vody. Ke zvýšení retenčního potenciálu přispěje i zasakování dešťové vod v urbanizovaných oblastech a vhodně přizpůsobené obhospodařování půdy.

V České republice byla tato opatření dlouhodobě financována z programu MŽP ČR - Revitalizace říčních systémů. Program však disponoval omezenými finančními zdroji a preferoval spíše drobnější projekty. Značná část finančních prostředků programu byla rovněž věnována na odbahňování rybníků. V letech 2007 - 2013 se však otevírá možnost financovat obnovu retenční schopností české krajiny ze strukturálních fondů EU. Jedná se zejména o Operační program životního prostředí a Program rozvoje venkova (Slavíková, 2007; VÚV TGM, 2002).



Obr. č. 3: Působení změn v krajině na odtokové poměry

5.7.2 Technická protipovodňová ochrana

Tam, kde mají být chráněni lidé a jejich majetek, se nelze vzdát technicky protipovodňových opatření. Hráze a stěny poskytují ochranu až do n-leté povodně, na kterou byly postaveny. Poldry a povodňové retenční nádrže cíleně zachycují část povodňových průtoků, které jsou do nich přesměrovány. Technická protipovodňová ochrana ovšem nesmí sloužit k tomu, aby umožňovala další rozvoj ohrožených území, klade si za cíl pouze omezování povodňových škod na již existujícím majetku. Nezastavěná území postihována povodněmi musí být naopak ponechána jako retenční prostory pro rozlivy. Technická opatření nikdy neposkytují absolutní ochranu ohroženého majetku, jelikož vždy může přijít větší povodeň, než na kterou jsou dimenzována. Je tedy nutné jejich účinnost hodnotit střízlivě a nevzbuzovat v lidech žijících za hrází dojem falešného bezpečí (Slavíková, 2007; VÚV TGM, 2002).

Zajímavým řešením protipovodňové ochrany je použití mobilních textilií. Toto řešení je vhodné zejména v případě mimořádných povodní. Tento návrh spočívá v přenosu textilních základů pozemních staveb k rozvoji naplněné protipovodňové bariery jako alternativa k systému pískových pytlů (Heinlein, 2012).

5.7.3 Prevence povodní

Navzdory všem opatřením k posílení přirozeného retenčního potenciálu a technické protipovodňové ochrany zůstává zbytkové riziko, které lze minimalizovat pouze správnou prevencí. Ta spočívá zejména v omezení potenciálu povodňových škod - tj. ve vytyčení záplavových území, jejich vynešení do územních plánů a zajištění toho, aby toto území nebyla zastavěna. Mnoha škodám na stavbách lze navíc zabránit použitím vhodné stavební technologie. Patří sem mimo jiné optimální konstrukční řešení přízemí s ohledem na riziko zaplavení, volba odolných stavebních materiálů a zabezpečení budovy protipovodňovými dveřmi a okny. To platí rovněž pro obydlená území, která se nacházejí za ochrannými hrázemi. Proti zbytkovému riziku je vhodné uzavřít pojištění pro případ povodní.

Postupuje-li velká voda územím, rozhoduje částečně o rozsahu povodňových škod včasné varování. Pro tyto účely je nutné zabezpečit kvalitní předpovědní a hlášenou povodňovou službu. V České republice jsou informace o aktuálních stavech

na řekách k dispozici on-line např. na <http://hydro.chmi.cz/hpps/> . V případě zvýšených průtoků rozesílá ČHMÚ výstrahy. Vytyčení záplavových území, předpovědní a hláskou povodňovou službu zajišťuje a financuje stát. V zastavování záplavových území a v přizpůsobení staveb riziku povodní hraje velkou roli rozhodování představitelů obcí a veřejnosti (Slavíková, 2007; VÚV TGM, 2002).

V současné době je možné pomocí družic sledovat zemský povrch a jeho vývoj (globální, regionální, místní). Toto pozorování zprostředkovává obrovský potenciál pro prevenci, monitorování a správu přírodních, nebo člověkem způsobených katastrof. Konkrétně se může zaměřit i na rizika povodní. Úspěšné využívání tohoto potenciálu vyžaduje přesné analytické metody k extrahování tematické informace a schopnost spojit tuto informaci se znalostí geofyzikálních věd. Tento multidisciplinární přístup je hydrometeorologicky zásadní a umožňuje hodnocení rizika, prevenci a následné zmírňování, sledování a řízení (Serpico, 2012.)

5.8 Řízení protipovodňové ochrany

Řízení ochrany před povodněmi zabezpečují povodňové orgány. Zahrnuje přípravu na povodňové situace, řízení, organizaci a kontrolu všech příslušných činností v průběhu povodně a v období následujícím bezprostředně po povodni, včetně řízení, organizace a kontroly činnosti ostatních účastníků ochrany před povodněmi. Povodňové orgány se při své činnosti řídí povodňovými plány.

Přeroste-li ohrožení z přirozených a zvláštních povodní do krizového stavu, při němž je vyhlášen stav nebezpečí nebo nouzový stav, je ochrana před povodněmi řízena krizovými orgány podle zákona č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů (Brázdil, 2005).

I v oblasti povodňového varování dochází k neustálému rozvoji. Jedna z nových metodik vytváří včasné varování pomocí multikriterální analýzy (MCA). Široké spektrum výhod spočívá v ochraně základní infrastruktury díky včasnému zprovoznění protipovodňové ochrany. Metodika podporuje výměnu dat a konzultace mezi jednotlivými povodňovými orgány (Ball, 2012).

Povodňová komise se při vyhlášení stavu nebezpečí nebo stavu nouze stává součástí územně příslušného krizového štábu. Duplikáty územně příslušných povodňových plánů pro eventuální realizaci řízení ochrany před povodněmi při krizových stavech jsou součástí krizových plánů.

Krizový stav vyhláší vláda a ve své územní působnosti hejtman kraje. Vyhlášení krizového stavu jim dává na omezenou dobu zvláštní pravomoci, kterými zabezpečují realizaci opatření pro ochranu obyvatel a překonání následků rozsáhlé povodně. Jako pracovní orgán k řešení krizových situací zřizují krizový štáb. K zajištění připravenosti na řešení a překonání krizových situací se zpracovává krizový plán (Brázdil, 2005).

5.8.1 Postavení a činnost povodňových orgánů

Ochrana před přirozenými povodněmi je řízena povodňovými orgány, které ve svém územní působnosti odpovídají za organizaci povodňové ochrany, řídí, koordinují a kontrolují činnost ostatních účastníků ochrany před povodněmi. Postavení a činnost povodňových orgánů jsou specifikovány ve dvou časových úrovních. Mimo povodeň zastávají funkci povodňových orgánů místní úřady (Kovář, 2004).

Po dobu povodně jsou povodňovými orgány povodňové komise, které zřizují orgány státní správy a samosprávy jako své výkonné složky k plnění mimořádných úkolů v době povodně:

- povodňové komise obcí a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí
- povodňové komise obcí s rozšířenou působností a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí stanovené Statusem hlavního města Prahy
- povodňové komise krajů
- Ústřední povodňová komise

Pro častý výskyt záplav široká veřejnost od povodňových orgánů očekává pečlivé hospodaření s vodou, pokud jde o design, plánování a řízení městských a venkovních oblastí. Velkou podporou je v tomto ohledu existence grafických informačních systémů s digitálními výškovými modely (DEM) v rastrové podobě. DEM může být efektivně využívány pro detailní 2D povodňové simulace (Steeling, 2012).

5.8.2 Základní a související zákony

Katastrofální povodně v Čechách v posledních letech široké veřejnosti důrazně připomněly, že živly nemůžeme ovládat, ale musíme znát jejich možné hrozby a udělat vše, co je v našich silách a možnostech, abychom ochránili své životy, majetek a životní prostředí.

Právo na ochranu života je jedním ze základních lidských práv, což je deklarováno v Ústavě ČR. Stát bere na sebe značný díl odpovědnosti za ochranu obyvatelstva. Proto musí odpovědné orgány státní správy, orgány samosprávy, právnické a fyzické osoby, občanské organizace a samotní občané vytvářet v souladu s Listinou základních práv a svobod účinné a efektivní ochranné mechanismy a modely ochrany obyvatelstva před povodněmi, do nichž musí být zahrnuté i nové hrozby terorismu (Kovář, 2003).

5.8.3 Základní zákony k ochraně před povodněmi

- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
 - zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 320/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů
 - zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění zákona č. 320/2002 sb., ve znění pozdějších předpisů
 - zákon č. 128/2000 Sb., o obcích (obecních zřízeních), ve znění pozdějších předpisů
 - zákon č. 129/2000 Sb., o krajích (krajské řízení), ve znění pozdějších předpisů
- zákon č. 12/2002 Sb., o státní pomoci při obnově území postižené živelní nebo jinou pohromou a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojišťovnictví), ve znění pozdějších předpisů (zákon o státní pomoci při obnově území)
- zákon č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením obecních úřadů

5.8.4 Související zákonné předpisy k ochraně před povodněmi

- strategie ochrany před povodněmi pro území ČR schválená vládou usnesením č. 328/200 Sb.
- vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků
- vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 471/2001 Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly
- vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 195/2002 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl
- vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- vyhláška Ministerstva vnitra ČR č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému
- vyhláška Ministerstva financí ČR č. 186/2002 Sb., o kterou se stanoví náležitosti přehledu o předběžném odhadu nákladů na obnovu majetku sloužícího k zabezpečení základních funkcí v území postiženém živelní nebo jinou pohromou
- nařízení vlády č. 36/2003 Sb., § 15, kterým se mění nařízení vlády č. 426/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), o ozbrojených silách ČR, ve znění pozdějších předpisů
- vyhláška Ministerstva vnitra ČR č. 308/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva

5.9 KLASIFIKACE PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Povodním nelze zabránit, možné je pouze ovlivňovat a usměrňovat jejich dopad povodňových škod a následků. Tento princip vyplývá ze zásadního faktu, že vodní toky jsou součástí přírody a každá lidská aktivita se musí této skutečnosti přizpůsobit. V povodí i na tocích je proto realizována řada typů protipovodňových opatření.

Optimální ochrany před povodněmi na vodních tocích je možné dosáhnout především vhodnou kombinací protipovodňových opatření v povodí. Tato opatření dělíme z několika hledisek :

I. hledisko – podle charakteru protipovodňového opatření

a) Technická opatření (stavební)

- retenční a údolní nádrže, úprava vodního toku, ochranné hráze, poldry

b) Netechnická opatření (nestavební)

- definování záplavových zón a jejich právní zajištění, předpovědní systémy (Čamrová et. Jílková, 2006).

II. hledisko – podle doby působení vzhledem k průběhu povodně

a) Preventivní a přípravná opatření prováděná mimo povodeň

- povodňové plány, předpovědní a hlásná povodňová služba, vyhodnocení povodní;

b) Operativní opatření v době povodně

- manipulace na vodohospodářských objektech a soustavách, ovlivňování odtokových poměrů, zabezpečovací a záchranné práce

c) Opatření po povodni

- zjišťování a oceňování povodňových škod, evidenční a dokumentační práce.

III. hledisko – podle místa působení protipovodňového opatření

a) Opatření na vodním toku

- ochranné hráze, odlehčovací koryta a štoly, zvýšení průtočné kapacity koryta, revitalizace koryta, stabilizace koryta, retenční nádrže na toku, hrazení bystřin

b) Opatření v ploše povodí

- vhodné komplexní pozemkové úpravy, usměrňování zemědělské činnosti (Bradová, 2005).

5.10 Přírodě blízká protipovodňová opatření

Zavedením protipovodňových opatření nelze zhoršit anebo zabránit dosažení „dobrého ekologického stavu“ nebo „dobrému ekologickému potenciálu“ povrchových vod (viz rámcová směrnice 2000/60/ES). Proto je třeba v maximální míře využívat nestrukturální a strukturální protipovodňová opatření, která posílí prevenci bez

negativních dopadů na vodní ekosystémy, zejména na hydromorfologii toku a jeho kontinuitu.

Ochrana zastavěných území se neobejde bez opatření technického charakteru, jako je výstavba hrází a stěn, kapacitních koryt nebo retenčních prostorů. Moderní pojetí správy vodních toků však bere v úvahu, že tato opatření sama o sobě nestačí k přiměřenému řešení povodňových problémů v rámci povodí, ale mohou mít i nepříznivé dopady na krajinu a vodní ekosystémy. Proto by měla vycházet z následujících zásad:

Omezování povodňových rozlivů hrázemi a stěnami lze provádět pouze v rozsahu nezbytně nutném k ochraně stávajících zastavěných území. Také odůvodněné ohrázování stávajícího zastavěného území představuje negativní zásah do prostředí vodního toku – omezení ploch pro povodňové rozlivy – a v zájmu nezhoršení průběhu povodní v rámci povodí by mělo být přiměřeně kompenzováno – v území hydrologického povodí – zejména níže podél vodního toku například posílením retenční schopnosti nivního území vytvořením terénních depresí, které jsou přírodě blízkého charakteru a za běžných podmínek se uplatňují jako přírodní území s vodními plochami a mokřady, jako rekreační vodní plochy nebo vodní plochy pro sportovní rybářství. Povodňové říční prostory, vymezené technickými konstrukčními prvky, tedy hrázemi nebo stěnami, případně mobilními hrazeními, je třeba řešit jako víceúčelové. V přiměřeném rozsahu a ve vhodných kombinacích by měly plnit přírodní funkce a měly by sloužit k pobytu a rekreaci obyvatel.

Korytům vodních toků v úsecích, vymezených technickými konstrukčními prvky, by měl být alespoň v základních rysech zachován příznivý ekologický stav. Tedy alespoň kyneta, vedoucí běžné průtoky, by měla disponovat základní tvarovou a hydraulickou členitostí a měla by být migračně propustná. Umělé retenční prostory (retenční nádrže, poldry) by měly být zakládány jako víceúčelové s preferencí ploch přírodě blízkého charakteru, případně s plochami pro rekreaci obyvatel. Při provádění jakéhokoliv primárně technického protipovodňového opatření by měly být hledány možnosti, jak současně, v rámci jedné stavebně investiční akce, co nejvíce zlepšit také morfologicko – ekologický stav vodního toku a nivy.

Ekologická zlepšující a kompenzační opatření, která doprovázejí primárně technicky založené projekty protipovodňové ochrany, by neměla být vnímána jako zátěž, jednostranně znevýhodňující tyto projekty při jejich hodnocení, pokud nejde o ekonomicky náročné investice (Novák, 2011).

5.11 Metody vedoucí ke snižování povodňových škod pomocí nástrojů územního plánování

Stále častější výskyt extrémních meteorologických situací a výkyvy ve srážkové činnosti, které vedou k povodňovému ohrožení i vlastním povodňovým katastrofám nebývale zvyšují význam nejen operativních, ale zejména dlouhodobých územně plánovacích opatření. Pomocí územně plánovací dokumentace lze regulovat a usměrňovat rozvoj sídel a zvyšovat či snižovat potenciál škod při možném zaplavení těchto území. Při plánování zástavby, liniových staveb, jejich regulaci lze vzhledem k případným povodňovým škodám vycházet z analýz a posoudit zejména:

- druhy opatření z hlediska snižování rozsahu škod a ochrany majetku,
- vznik možných typů poškození,
- charakter opatření vzhledem k poloze vodního toku,
- vliv stavebně technických a urbanistických zásahů na průchod povodňové vlny,
- pravděpodobnost vzniku krizové situace,
- možnosti časové etapizace rozvoje sídel (Munzar et. Vaishar, 2001).

5.12 Omezení ohrožení obyvatel a potenciálních škod

Pokračující urbanizace a růst hospodářského potenciálu v územích ohrožených povodněmi s sebou nese další zvýšení počtu ohrožených obyvatel a výraznou kumulaci potenciálních škod na ekonomických a kulturních hodnotách. Tato území je nezbytné podrobně vymezit jako území záplavová, případně území ohrožená zvláštními povodněmi a jejich využívání přiměřeně regulovat.

Pro strategické rozhodování jednotlivých subjektů o realizaci a rozsahu opatření k ochraně před povodněmi je nutné znát rozsah potenciálně ohroženého území i charakteristiky průběhu povodně (průběh hladin a průtoků, dobu zaplavení, rychlosti proudění v zaplaveném území apod.), a to pro případ přirozených i zvláštních povodní. Teprve na základě těchto charakteristik je možné identifikovat stupeň ohrožení a potenciál možných škod, rozhodovat o využití jednotlivých částí a přijímání krátkodobých a dlouhodobých opatření v oblasti ochrany před povodněmi.

Tyto údaje je potřebné získat v rámci stanovení záplavových území, případně území ohrožených zvláštními povodněmi a vyhodnocením odtokových poměrů v ucelených povodích.

Základem při stanovení ohroženého území je zmapování výškopisné situace v území podél vodních toků. K tomu je potřeba zabezpečit přesné a aktuální státní mapové podklady. Bylo by neúměrným zatížením rozpočtu vodohospodářských orgánů, pokud by takovou prostorovou informací musely pořizovat účelově z vlastních rozpočtů. Za účinný a efektivní přístup se považuje zejména uplatnění metod leteckého snímkování, vyhodnocování leteckých měřických snímků k vytvoření digitálního modelu reliéfu a z těchto podkladů pořízených ortofotomap. Budou využity rovněž všechny dostupné a relevantní výsledky zeměměřických činností. Pořízení digitálního modelu reliéfu dovoluje nasazení moderních technologií matematického modelování, což přináší podstatně větší množství potřebných informací o průběhu návrhových povodních. Realizace tohoto postupu je však finančně náročná a to je jedním z důvodů pomalého postupu stanovení záplavových území (Ministerstvo zemědělství, 2000).

5.13 Stupně povodňové aktivity

1. stupeň povodňové aktivity, neboli stav bdělosti - vzniká při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pominou-li příčiny takového nebezpečí. Za stav bdělosti se rovněž považuje situace takto označená předpovědní povodňovou službou ČHMÚ. Při vyhlášení tohoto stupně ještě nedochází k vyběžení toku a jeho rozlivům, a tedy ani k hmotným škodám na majetku. Je však třeba věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí, zahajuje činnost hlásná a hlídková služba a je nutné být připraven na případné zhoršení situace. Je potřeba se mimo jiné vyvarovat aktivit v korytě toku (koupání, jízda lodí, stavební a konstrukční aktivity atd.) (zákon č. 254/2001 Sb.).

2. stupeň povodňové aktivity, neboli stav pohotovosti - se vyhláší v případě, že nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň. Je vyhlášován příslušným povodňovým orgánem při nebezpečí přirozené povodně a v době povodně, kdy však ještě nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto. Při vyhlášení tohoto

stupně již dochází k prvním rozlivům, které však ještě nepáchají větší škody na majetku, dochází většinou k zaplavování příbřežních luk a porostů. Situace je sledována, aktivizují se povodňové orgány a další složky povodňové služby a podle možností a potřeby je nutné provádět opatření ke zmírnění průběhu povodně (evakuace, protipovodňové bariéry aj.). Je nezbytné vyvarovat se veškerých aktivit v korytě toku a v zaplavených územích (zákon č. 254/2001 Sb.).

3. stupeň povodňové aktivity, neboli stav ohrožení - se vyhláší při nebezpečí vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů a majetku v záplavovém území. Je vyhlášen příslušným povodňovým orgánem v době povodně při bezprostředním nebezpečí. Podkladem je dosažení nebo předpověď dosažení směrodatného limitu hladin nebo průtoků stanovených v povodňových plánech. Při vyhlášení tohoto stupně dochází k zaplavování měst a obcí a proto se provádějí zabezpečovací či záchranné práce. Je nezbytné evakuovat zaplavená území a usnadnit práci záchranným složkám a vykonavatelům protipovodňových opatření. Informace o průběhu a dalším předpokládaném vývoji poskytuje ČHMÚ a veřejnoprávní sdělovací prostředky (zákon č. 254/2001 Sb.).

6. Voda v krajině

6.1 Ekologický význam malých vodních toků

Vodní toky jsou významným exogenním činitelem, neboť trvale modelují zemský povrch svou rušivou i tvořivou činností. Eroze rozrušuje geologický podklad, voda dále přenáší uvolněný materiál a ukládá ho v podobě naplavenin. Tento proces má mnoho podob podmíněných geologickou stavbou, tvarem údolí, vodností, ročním režimem i spádem vodního toku. Samotná niva je pak ovlivněna i místními faktory, konkrétně průsakem a vývěry vod z úpatí svahů a složením svahového materiálu z okolních hornin.

Lidská činnost ovlivňovala nivy již od pravěku. V době bronzové můžeme sledovat zvýšený přínos splachů a narůstání nivních uloženin v důsledku zemědělské činnosti. Ve středověku byly uplatňovány různé úpravy k přímému využívání toků, konkrétně k místním průmyslovým aktivitám. Nejvíce drastické změny přinesla moderní doba, hlavně poslední půlstoletí, ve kterém docházelo k rozvoji drobného průmyslu. Skutečným umrtním dynamiky vodních toků jsou soustavné regulační úpravy spočívající v napřímení a zahloubení koryt.

V mnohých krajinách malé toky dávno netvoří síť přírodně nejbohatších a nejdynamičtějších pásů. Naštěstí náprava je méně obtížná, než by se mohlo na první pohled zdát. V místech, kde je stále zachován alespoň částečně přírodě blízký stav, se vodnímu toku poskytne opětná volnost a díky tomu dojde k samovolnému návratu k přírodnímu stavu. Může to sice trvat poměrně dlouhou dobu, ale stojí to za návrat k poměrům, kdy lidské zásahy nebyly tak hluboké a drastické (Ložek, 1998).

Vodní toky nejsou pouze tratěmi nebo zásobárnami vody pro technické použití či rekreační účely. Jsou to ekosystémy fungující na základě složitých vazeb mezi biotickými a abiotickými složkami. Pokud nejsou abiotické složky (hydrologický režim, znečištění, hydromorfologie) optimální, projeví se to i na zhoršeném stavu biotických společenstev. Proto je třeba věnovat ekologii toků minimálně stejnou pozornost jako hodnocení čistoty vody z chemického hlediska. Nejvděčnějším objektem pro hodnocení ekologického stavu toků je jejich společenstvo makrozoobentosu. Jeho příslušníci jsou velmi rozmanití, reagují různě na různé vlivy a vyskytují se prakticky

ve všech tocích. Jejich sběr je většinou dobře proveditelný a determinace a taxonomie na poměrně dobré úrovni (Blažková, 2006).

6.2 Ekologická stabilita krajiny

Krajina je část zemského povrchu s charakteristickým reliéfem, tvořená souborem funkčně propojených ekosystémů s civilizačními prvky (z.č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny). Příroda a krajina zaujímají v životním prostředí výsadní místo vzhledem k tomu, že jsou v nich obsaženy všechny složky životního prostředí.

Cílem ekologické optimalizace je dosažení harmonického stavu krajiny, v níž plochy využívané člověkem jsou vyváženy vhodně rozloženými plochami ekologicky stabilnějších a přirozených a přírodě blízkých ekosystémů. V současné době se veřejnost zabývá protipovodňovou ochranou. Jsou navrhována různá odborná řešení, zapomíná se však na diskuzi o realizaci navržených opatření v krajině a to z důvodů nedostatku financí nebo nedořešených vlastnických vztahů. Optimálním nástrojem pro řešení ekostabilizujících opatření v krajině jsou komplexní pozemkové úpravy. Dílčím řešením lokálních problémů mohou být různé krajnotvorné programy, např. program revitalizace říčních systémů, program péče o krajinu, realizace jednotlivých skladebných částí lokálních územních systémů ekologické stability krajiny a péče o maloplošná chráněná území (Hauserová, 1998).

Činnost člověka v kulturní krajině se neobejde bez rušivých zásahů. V této souvislosti hovoříme o narušení ekologické stability, tedy oscilaci okolo určitého optima. Z hlediska hydrických ekosystémů můžeme negativní dopady neuvážených změn a antropogenních aktivit definovat následujícím způsobem (Kender, 2000):

- narušení energetických a látkových toků (erozní projevy),
- narušení hydrologického režimu v lokalitě,
- zhoršení kvalitativních ukazatelů přirozené úrodnosti půdy,
- kontaminace povrchových a podzemních vod,
- vymizení přechodových ekosystémů plnících tlumící funkci pro negativní inputy,
- nevyváženost druhové skladby bioty,
- přerušování migračních cest zástavbou a pozemními komunikacemi.

6.3 Údolní nivy a jejich ochrana

V současné kulturní krajině jsou zákonem č. 114/92 Sb. před poškozováním a ničením chráněny vedle lesů, rašelinišť, vodních toků a rybníků i údolní nivy jako významné krajinné prvky. V pozdějším legislativním výkladu ministerstva životního prostředí byl zúžen rozsah nivy – aluvia o denaturalizované plochy. Údolní nivy mají často funkci biokoridoru, jejich části pak biocenter v územních systémech ekologické stability. Tyto systémy jsou hlavním prostředkem k ochraně krajiny (Petříček, 1998).

6.4 Ekologická síť v pořičních částech městských krajin

Městské prostředí reprezentuje intenzivní formu využití krajiny, která neumožňuje existenci původní struktury ekosystémů. V městech vznikají ekosystémy antropicky podmíněné, řadě druhů původního genofondu krajiny stav městského prostředí neumožňuje existenci. Městská krajina vzniká a je dále utvářena urbanizačními procesy. Rozrůstání měst transformuje okolní venkovskou krajinu. V gradientu ovlivnění krajiny lidskou činností mají městské krajiny specifické postavení. Je to způsobeno koncentrací a vysokou intenzitou lidských aktivit (Kovář, 2007).

6.5 Povodňové příhody v malých povodích

Dnes je populární názor, že přívalové deště jsou způsobovány změnou světového klimatu. Pro takové tvrzení neexistuje dostatek statistických důkazů. K určitým klimatickým změnám dochází, ale velmi pomalu, a tak nemohou být příčinou přívalových dešťů v posledních desítkách roků. Naproti tomu v posledních 70 letech došlo k zásadním změnám, které bezprostředně ovlivňují chování srážkové vody v zemědělské krajině. Soubor těchto změn ovlivnil chování srážkových vod. Po svažitých plochách odtéká voda rychleji než dříve. Při prudkých lijácích je půda rychle nasycena a není schopná jímat další vodu. Chceme-li omezit problémy

spojené s přívalovými vodami, je nutno zlikvidovat velké polní bloky, kde dochází k vodní erozi. Další komplex nápravných opatření spočívá v obnovení nebo alespoň zlepšení odtokových poměrů (Štěrba, 2007).

6.6 Povodně a záplavová území v povodí správce drobných vodních toků

Záplavová území jsou vodoprávními úřady administrativně stanovená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Institut záplavového území právně upravuje § 66 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů. Stanovení záplavových území v povodí je základním předpokladem návrhu racionálních opatření preventivní ochrany před povodněmi. Principy ochrany vycházejí ze základní zásady, že povodním nelze zabránit, ale jejich průběh můžeme ovlivňovat a tím omezovat i rozsah povodňových škod. Území, kde je potencionální nebezpečí povodně, je třeba udržovat v takovém stavu, aby voda mohla plynule odtékat či se neškodně rozlévat a díky tomu by nemělo docházet k ohrožení lidských životů či k materiálním škodám. Prioritní úlohu zde sehrává územní plánování vytvořením limitů využití území vyplývajících z právních předpisů (Halačka, 2005).

6.7 Ekologická protipovodňová ochrana

Metody ekologické protipovodňové ochrany můžeme rozdělit do tří hlavních směrů. První vychází ze skutečnosti, že mnoho pozemků bylo za socializace venkova nesmyslně odvodněno a tím došlo k přeměně vlhkých luk na oraná pole. Půda tím ztratila část schopnosti vodní jímavosti a došlo i ke snížení drsnosti povrchu. Logickým opatřením je zrevitalizovat pole zpět na louky a dbát přitom i na obnovování mokřadů.

Druhá metoda spočívá ve snaze zvýšit povrchovou drsnost krajiny a tím zpomalit povrchový odtok vody. Hlavním prostředkem je vyšší lesnatost krajiny, případně lepší druhové složení lesů. Tato metoda je bohužel komplikovaná a dlouhodobá. Navíc je nutnou podmínkou prosazení nových lesních ploch do současné struktury krajiny

i přes častou parcelní rozdrobenost.

Třetí ekologickou metodu by bylo možné nazvat rozlévání částí povodně do říční krajiny. Spočívá v zalesnění ploch, na které chceme krátkodobě převést vzniklé povodňové vlny, protože lužní les má největší retardační účinek a je to jediná rostlinná formace, kde lze povodní využít k prosperitě tohoto společenstva (Štěrbá, 2005).

6.8 Aspekty revitalizačních úprav malých vodních toků

Pro každé naplánování a realizaci revitalizačního záměru konkrétního toku je vždy nutné předběžně prozkoumat, posoudit a zhodnotit podmínky v dané lokalitě. Ty jsou určující pro předpokládaný záměr a patří mezi ně (Kender, 2000):

- trasa vedení koryta v reálném terénu,
- příčný a podélný profil koryta v reálném terénu,
- břehová stabilita koryta,
- průtočná kapacita koryta,
- vegetační doprovod a faunistické oživení koryta a jeho okolí.

Revitalizace vodních toků by měla vycházet ze znalostí procesů probíhajících v povodí a měla by být prováděna ve vztahu ke konkrétním podmínkám vodního prostředí. V jednotlivých případech je vždy účelné najít objektivní podklady pro navrhování a posuzování revitalizací. Biologický stav vodního toku je posuzován na základě složení jeho rostlinného a živočišného společenstva. Nejvhodnějšími biotickými ukazateli v urbanizovaných povodích jsou bentičtí bezobratlí živočichové (makrozoobentos), kteří jsou vysoce citliví na nedostatek kyslíku a na morfologickou kvalitu toku (Mrázková, 2005).

7. Matematické modely v hydrologii

Hydrologie je věda, která se systematicky zabývá poznáváním zákonů výskytu a oběhu vody v přírodě. Její metodickou součástí je hydrografie, která se zabývá shromažďováním pozorování, jejich tříděním a zpracováním. Na ni úzce navazuje hydrometrie, která se zabývá metodami a přístroji pro měření hydrologických jevů. Podle prostředí, ve kterém výskyt a pohyb vod hydrologie sleduje, se hydrometeorologie zabývá vodou v atmosféře, potamologie vodou v povrchových vodních tocích, limnologie v povrchových stojatých vodách, pedohydrologie vodou v půdě, geohydrologie vodou v geologických vrstvách zemské kůry. Zvláštní oddíly hydrologie se zabývají ledovci a vodou v oceánech (Dub, 1969).

Základním předpokladem při řešení otázek protipovodňové ochrany je podrobná znalost podmínek průchodu povodně zkoumaným územím. Pro vykreslení aktuálního povodňového nebezpečí můžeme pomocí matematických modelů vytvořit modelovou situaci. Tyto hydrologické modely jsou schopny simulovat řadu povodňových situací. Průběh povodně je charakteristický svými časově proměnnými údaji o aktuální výšce hladin, směru a rychlosti proudění vody spolu s informacemi o topografii zaplavovaného území.

Matematické modely proudění vody lze členit podle různých kritérií. Jedním z hledisek rozdělení, který ovlivňuje volbu vhodného matematického modelu a předpokládanou využitelnost výsledků modelování je použitá prostorová schematizace.

Podle přístupu k prostorové schematizaci lze modely členit na (Patera, 2002):

- jednorozměrné (1D)
- dvourozměrné (2D)
- třírozměrné (3D)

Srážko-odtokové modely zobrazují hydrologický systém ve zjednodušené podobě a definuje ho pomocí fyzikálních procesů. Používají se pro výpočet odtoku z povodí a slouží k operativním předpovědím nebo na vyhodnocování protipovodňových opatření. Mohou se používat samostatně nebo v kombinaci s jinými modely,

například modelem tání sněhové pokrývky (Havlík, 2011). Mezi tyto modely patří například DesQ-MaxQ, HEC-HMS, MIKE SHE 2005, KINFIL, HYDROLOG 9.0, SAC-SMA AQUALOG a HBV (Unucka, 2009).

Hydro-dynamické modely fungují na principu pohybu vody v systému kanálů toku. Popisují, jak se transformuje povodňová vlna v hydrologických objektech a k jakému dochází rozlivu. Modely ve spojení s GIS (geografické informační systémy) se stávají neúčinnějšími nástroji v předpovědích a hydrologických analýzách. Jejich doplňkové funkce upravují jednotlivé parametry podle aktuálních hydrologických podmínek. Tyto modely jsou používané Hlásnou a předpovědní službou ČR. Mezi zástupce patří MIKE 11, HEC-RAS a HYDROCHECK (Unucka, 2009).

Některé matematické modely dokáží řešit i erozní činnost a to jako dynamický proces. Erozi rozdělují na jednotlivé akce, které řeší samostatně, a to uvolnění půdních částic deštěm nebo povrchovým odtokem a přemístění půdních částic deštěm nebo povrchovým odtokem. Modely vyhodnocují kritická místa a posuzují různé návrhy protierozních ochrany. Příkladem modelu erozní činnosti je AGNPS, GRASS – GIS, EPIC, EROSION 2D a 3D (Beven, 2001).

Během posledních let bylo vyvinuto mnoho matematických modelů, které pomocí numerické techniky plánují hospodaření s vodními zdroji. Nedávné pokroky v kvantitativním odhadu srážek umožňují vytvářet lepší odtokové předpovědi pomocí kontinuálních srážko-odtokových modelů, které by měli umožnit stanovení předpovědi pro delší časové období (Dutta, 2012).

V případě potřeby a dostupnosti dat, je možné použít satelitní radarové výškopisné pozorování řek v daném povodí. Tento výstup je použit jako náhražka průtokových údajů. Studií je ověřeno, že i bez hodnot n-letých průtoků dokáže z těchto dat hydrologický model kalibrovat odpovídající odhad vodního stavu (Sun, 2012).

7.1 JEDNOROZMĚRNÉ MODEL Y – 1D

1D matematické modely doznaly dosud nejširšího uplatnění při řešení jak ustálené, tak neustálené proudění v otevřených korytech a v systémech otevřených koryt.

7.1.1 1D modely – ustálené nerovnoměrné proudění

Proudění je chápáno jako jednorozměrné podél toku, pro příčné složky proudění je zaváděno zjednodušené řešení (aktivní, pasivní zóny v povodňovém režimu, možnost podélného ohrázování, možnost zavedení různých odporů proudění v hlavním korytě v inundacích). Tyto modely vychází většinou ze zákona zachování mechanické energie. Proudění vody je ustálené nezávislé na čase. Ztráty jsou vyjádřeny na základě drsností koryta (Havlík, 2001).

7.1.2 1D modely – neustálené nerovnoměrné proudění

V porovnání s předchozím typem modelů ustáleného proudění, zahrnují tyto modely časovou závislost vstupních i výstupních veličin. Vychází ze dvou řídicích rovnic, zpravidla hybnostní a spojitostní. Výpočet probíhá ve zvolených časových krocích, pro každý se počítají v každém místě různé průtoky a různé hladiny vody. Lze tak sledovat rychlost pohybu kulminace povodně, transformaci průtoku ve sledovaném území atd. (Havlík, 2001).

7.2 DVOUROZMĚRNÉ MODEL Y – 2D

Proudění je chápáno jako dvourozměrné, charakterizované prostorovým průběhem hladiny a prostorovým rozložením průměrných svislicových rychlostí. Tyto modely vycházejí většinou ze soustavy rovnic pro prostorové turbulentní proudění a mohou být koncipovány pro řešení ustáleného či neustáleného proudění vody. 2D modely používají digitální reprezentaci modelovaného území komplexní třírozměrný popis oblasti ve formě podrobného digitálního modelu terénu. Dvourozměrné modely nejsou zatíženy zjednodušeními aplikovanými v 1D modelech. Poskytují proto komplexnější a podrobnější výsledky.

Základním výstupem těchto modelů jsou jak podélné tak i příčné složky rychlostí v korytě i v inundačním území spolu s prostorovým tvarem hladiny. Modely jsou vhodné zejména pro komplikované případy proudění, u kterých není schematizace

pomocí 1D modelu oprávněná či přípustná. Aplikované modely umožňují posoudit účinky povodní v zasaženém území, zejména účinky způsobené silovými účinky vody. Lze rovněž odhadnout dopady povodňových průtoků ve formě ekonomicky vyjádřitelných škod. 2D modely jsou používány především pro lokální studie proudění v místech se složitými hydraulickými podmínkami, kde je zapotřebí detailní plošná znalost rozložení rychlostí, hloubek a průtoků. Klasickým případem tohoto typu studií jsou lokality v blízkém okolí mostů, soutoků, proudění ve složitém inundačním území, proudění v intravilánu obcí a další. (Havlík, 2001).

Mezi nejčastěji u nás používané 2D modely patří například komerční FLUVIUS, MIKE 21, nebo nekomerční SHALLOW, FAST2D. K nevýhodám těchto modelů patří nákladné pořízení geodetických dat a problémy s výpočty objektů na toku.

7.3 TŘÍROZMĚRNÉ MODEL Y – 3D

3D matematické modely jsou v současné době spíše ve fázi vývoje. Existují především v lokálních aplikacích pro řešení speciálních případů detailních studií proudění většinou v těsné blízkosti hydraulických objektů (jezy, mosty, propustky, savky, přepady, oddělovače, plavební komory a jiné). Tato kategorie modelů je v současné době také zastoupena jen malým počtem komerčních produktů a jejich aplikace jsou zatím ve vodohospodářské praxi spíše ojedinělé (Patera, 2002).

7.4 Volba metody výpočtu v prostředí HEC-GeoRAS

Výpočet vyžaduje zadání tří hlavních kategorií dat: geometrie koryta a objektů, hydraulické ztrátové součinitele a okrajové podmínky. S výhodou lze využít vazby na systém GIS ve zobrazení 3D. Postup při sestavování modelu prostředky HEC-GeoRAS spočívá ve třech základních krocích. V prvním kroku je z topografických podkladů vytvářen digitální model TIN jako základní předpoklad vývoje hydraulického modelu. Vytváří se vrstva GIS potřebná pro hydraulický výpočet, která je následně transformována do vstupního souboru geometrie hydraulického modelu. V druhém kroku je na základě okrajových podmínek proveden výpočet, jehož výsledky jsou ve

třetím kroku nahrány zpět do prostředí GIS. Výsledky hydraulického modelu lze pak prostorově zobrazovat (Kašpárek, 2006).

7.4.1 Dva principy hydraulického modelování

Pro hydraulické posouzení kapacit systému otevřených koryt a objektů z hlediska maximálních odtoků lze použít v zásadě dvou principů:

- řešit průchod návrhové povodňové vlny hydraulickým modelem, založeným na numerickém řešení neustáleného proudění. Tento způsob vyžaduje znalost tvaru vstupní návrhové vlny v horním závěrovém profilu sledovaného úseku toku. Tento přístup je výpočtově náročný a obvykle není využíván pro drobné vodní toky místního významu. Přináší riziko numerické nestability řešení zejména v podmínkách bystřinného proudění
- využít metod hydrauliky ustáleného proudění pro stanovení podélných profilů hladin, odpovídajících jednotlivým návrhovým n-letým vodám. Ty sice neumožňují řešit neustálený režim, jejich předností je funkčnost při omezených okrajových podmínkách a robustnost výpočtu. Model ustáleného stavu při řešení záplavových zón přináší výsledky, které jsou na straně bezpečnosti. Podle současných směrnic je podkladem pro stanovení aktivních povodňových zón.

Obě metody mají své přednosti i nevýhody. Úplný hydraulický model neustáleného proudění lépe vyjadřuje režim průchodu velkých vod v časové závislosti. Vyžaduje však zavedení hodnot pořadnic povodňových průtoků v horním závěrovém profilu pro všechny žádané překročení.

Zjednodušený model, vycházející z metod ustáleného proudění v říční síti, vyžaduje pouze zadání kulminačních průtoků v horním závěrovém profilu toku a jeho výsledkem je limitní stav hladin po dosažení rovnovážného stavu. Program řeší odděleně hydraulické režimy říčního a bystřinného proudění (Kašpárek, 2006).

7.4.2 Vliv objektů na toku

Proudění objekty může být velmi podrobně analyzováno a řešeno pro různé hydraulické režimy a poskytuje záruku spolehlivého posouzení především

v lokalitách, kde ovlivnění hydraulického režimu objekty dominuje na proudění v korytě (Kašpárek, 2006).

8. Charakteristika zájmového území

Město Jilemnice je podkrkonošské město nacházející se v okrese Semily. Město je spádovou obcí pro střed západní části Krkonoš a Podkrkonoší a přirozeným centrem této oblasti. Za zmínku stojí půdorys centra města, ukazující na jeho plánovité založení, nikoliv na živelné osídlení. V roce 1894 zde vznikl Český krkonošský spolek SKI Jilemnice, nejstarší český lyžařský spolek.

Město Jilemnice je poprvé zmiňováno ve 14. století kdy tvořilo významné centrum štěpanického panství pánů z Valdštejna. Přesné založení nejde přesně určit (odhaduje se kolem roku 1325), protože město několikrát zcela vyhořelo a písemné prameny z této doby se nezachovaly. Významný mezník představuje rok 1701, kdy město přešlo do rukou rodu Harrachů. Ti spojili obě části obce, Valdštejny v roce 1492 rozdělené, a rozvíjejí místní průmysl, zejména sklářství a plátenictví. Další rozmach města nastal koncem 19. století, kdy Jan Nepomuk František hrabě Harrach nechal vybudovat železniční trať Martinice–Rokytnice nad Jizerou. Rozmach přinesl rozvoj turistického ruchu, díky němuž je město označováno jako kolébka českého lyžování. Rozvoj města pokračoval i v meziválečném období, zastavila jej až okupace a následná vnucená restrukturalizace průmyslu.

Po prvním zavedení okresů v roce 1850 se Jilemnice stala okresním městem. Byla jím prakticky nepřetržitě až do roku 1960, kdy byla přiřazena pod okres Semily. V 16. století nechali Křinečtí z Ronova v Jilemnici postavit zámek, který později dvakrát rozšířili Harrachové. V jeho budově dnes sídlí Krkonošské muzeum, jehož expozice je zaměřena na historii a národopis západních Krkonoš a také na počátky a vývoj českého lyžování.

8.1 Hydrologické údaje

Řeka Jilemka, číslo hydrologického pořadí 1-05-01-025, tok IV. řádu, je jedním z větších levostranných přítoků Jizerky. Pramení jihovýchodně od obce Martinice v Krkonoších v nadmořské výšce 481 m.n.m. a ústí zleva do Jizerky u Hrabačova ve

výšce 225 m n.m.. Délka toku je stanovena na 8,21 km, průměrný roční průtok činí v ústí $0,125 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, plocha povodí $19,91 \text{ km}^2$.

Správce vodního toku Jilemka:

ZEMĚDĚLSKÁ VODOHOSPODÁŘSKÁ SPRÁVA

Sídlo: Kydlinovská 245, 500 05 Hradec Králové P.O.BOX č.374

ředitel: Ing.Miloš Havel: 495 800 771, 602 114 743, fax: 495 220 435

e-mail: havel@zvhs.cz

www: http://www.zvhs.cz/zvhs_new/index.php?pobočka=78

Pracoviště Liberec:

nám. Dr. Edvarda Beneše 24

460 01 Liberec

Tel.: 482 739 717

E-mail.: liberec@zvhs.cz

Povodňový plán města Jilemnice

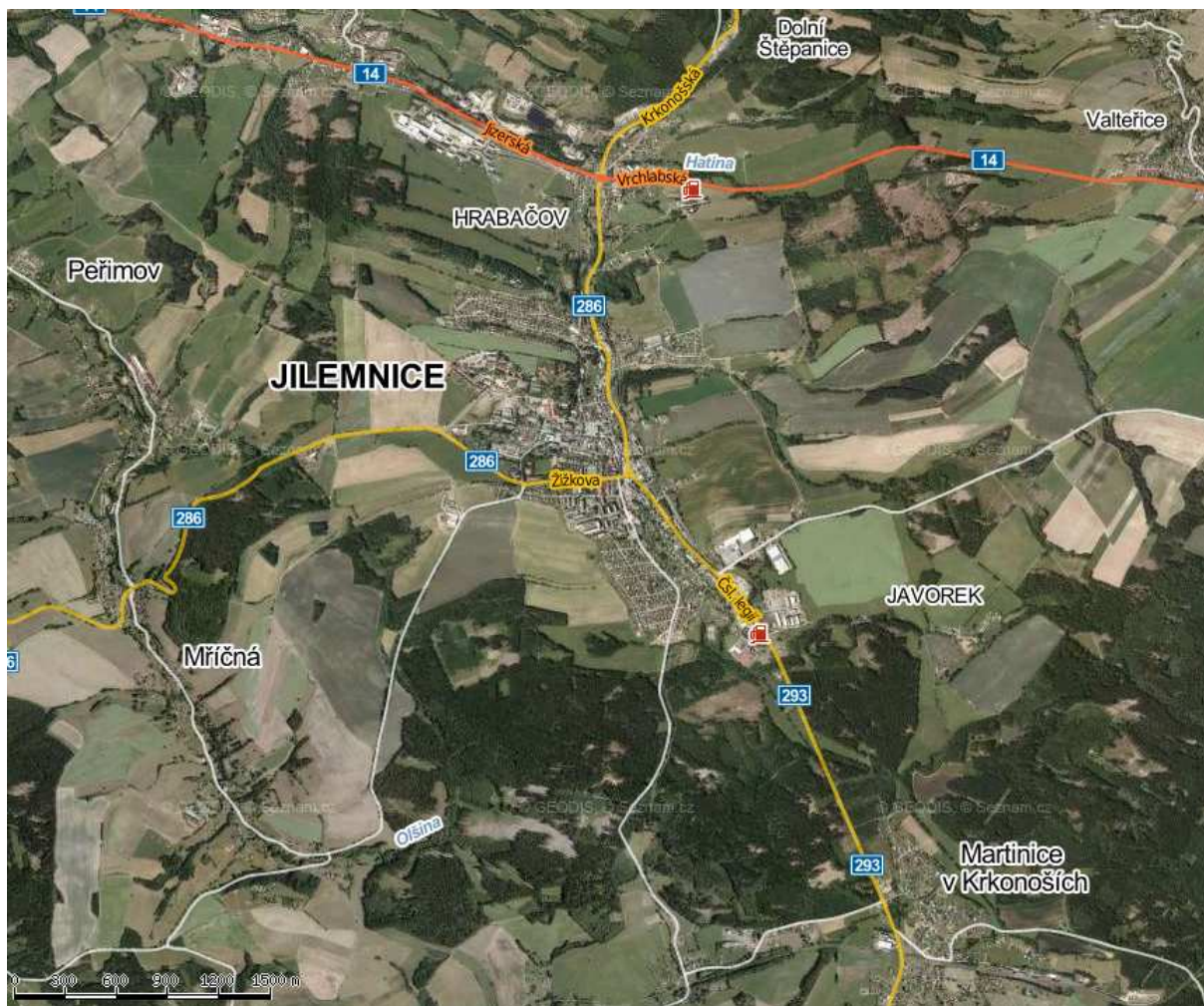
Vedoucí

Ing. Lubomír Šťastný

Tel.: 482 739 717

Mobil.: 724 614 012

E-mail.: stastny@zvhs.cz



Obr. č. 4: Zájmové území



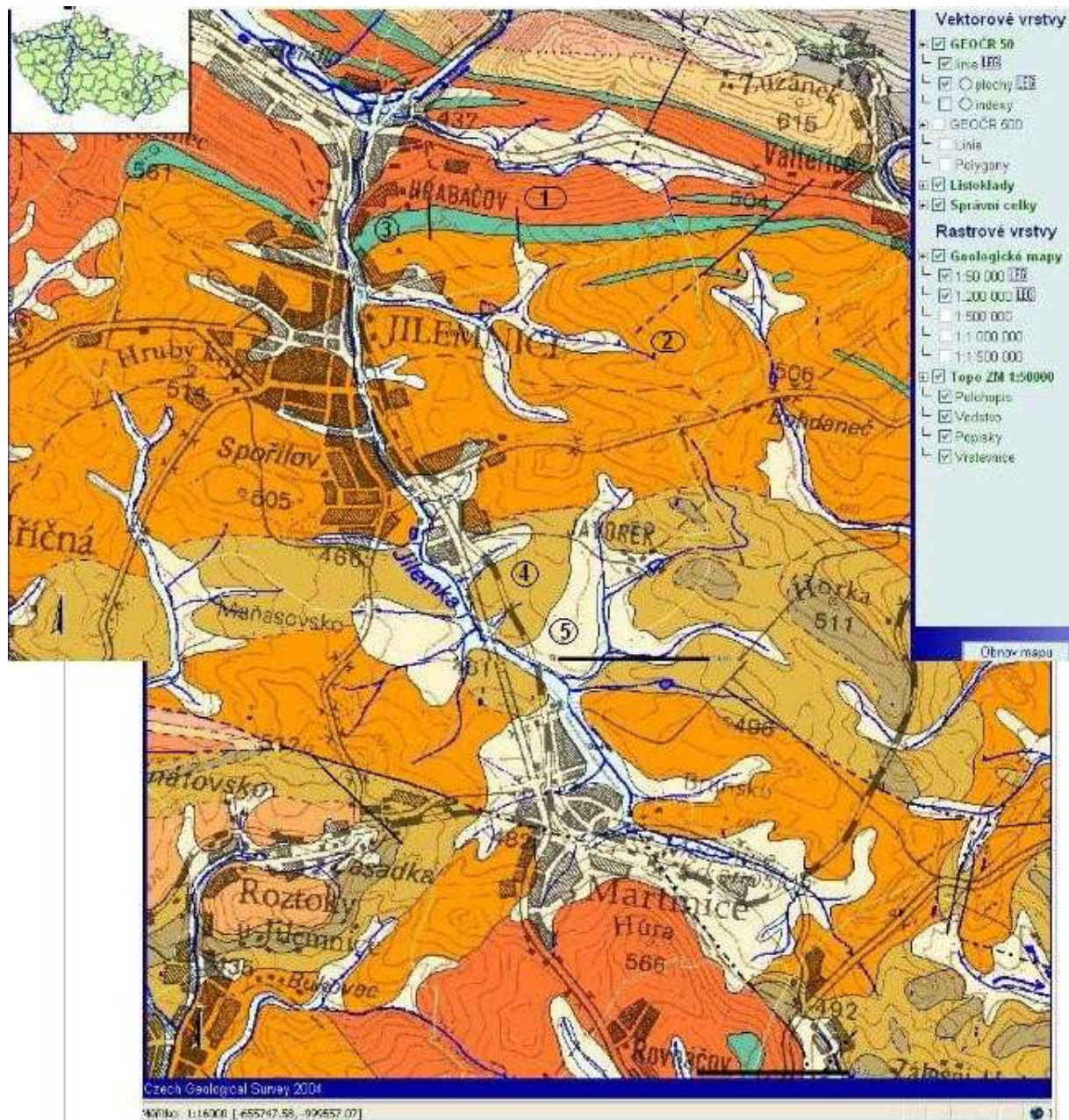
Obr. č. 5: Vymezení katastrálního území

8.2 Půdní poměry

Dle bonitace zemědělských půd se na území povodí Jilemky nejčastěji vyskytují hnědé půdy kyselé, podzolové, glejové, svažité půdy a v širokých údolích směrem od Martinic v Krkonoších k Jilemnici nivní půdy. Na lesních pozemcích jsou nejrozšířenější mezotrofní hnědé půdy. Na východ od Jilemnice se nacházejí větší plochy orné půdy, s využitím pro pěstování obilnin, píce. V severní části povodí se jedná spíše o trvalé travní porosty. Vzhledem k podhorskému charakteru krajiny je časté extenzivní využívání pozemků.

8.3 Geologie a geomorfologie

Území povodí leží v Lomnické vrchovině, v západní části Podkrkonošské pahorkatiny. Tato vrchovina je tvořena prachovci, jílovci, pískovci, slepenci a melafyry permské červené jaloviny. Je charakterizována strukturně denudačním reliéfem nesouměrných hřbetů a suků na melafyrových příkrovech. Území rozčleňují široce rozevřená údolí vodní sítě.



Obr.č. 6: Geologické poměry

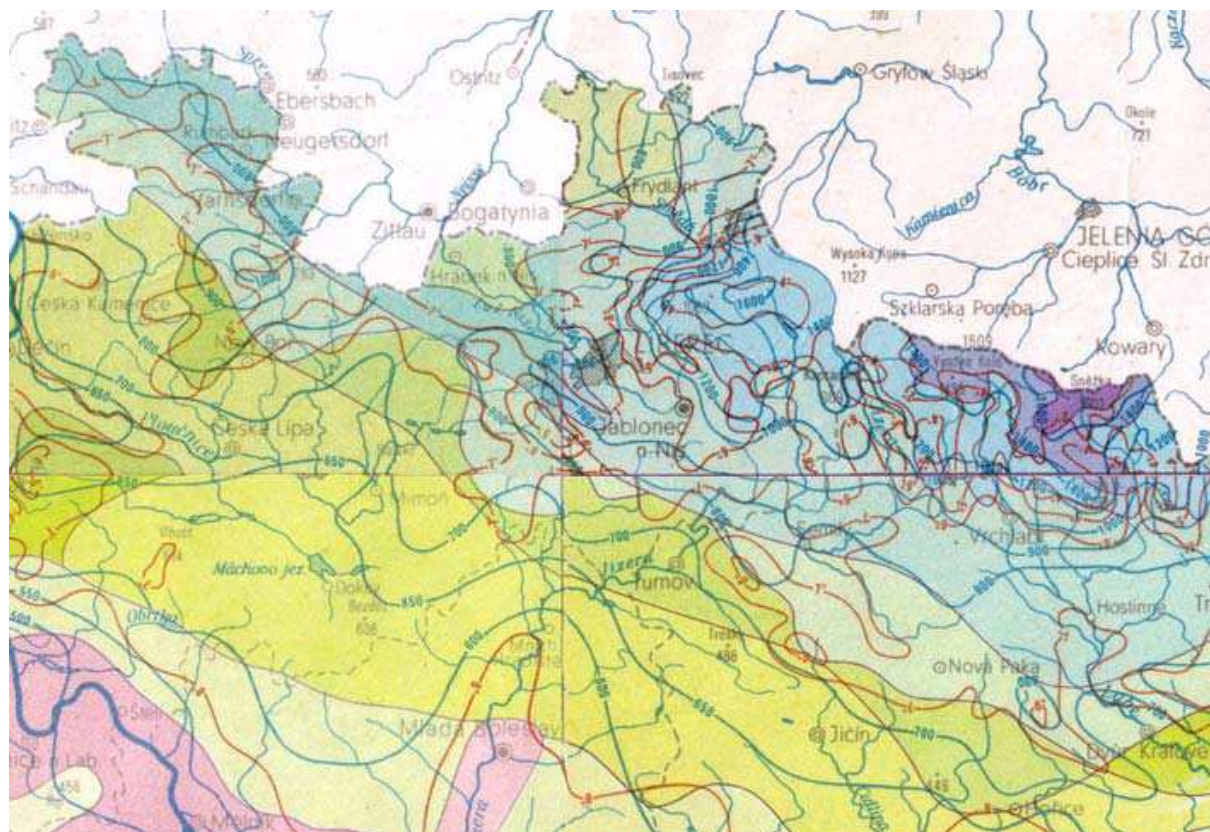
Legenda:

1 - Vrchlabské souvrství; 2 - Chotěvické souvrství, prosečenské souvrství; 3 - Melafyry; 4 – Semilské souvrství; 5 - Svahové a říční sedimenty

8.4 Klimatická charakteristika

Území povodí Jilemky náleží do klimatické oblasti B – mírně teplé, okrsku B 10 – mírně teplého, velmi vlhkého, vrchovinného. Průměrné roční srážky jsou 716 – 862

mm, průměrná roční teplota 6,7 °C. V lednu poklesne průměrná teplota na -2 až -5 °C, průměrná teplota v červenci je 16 až 17 °C. Vegetační období trvá 142 – 151 dní v roce. Průměrné srážky za vegetační období jsou 383 – 477 mm. Průměrná teplota za vegetační období je 12,8 °C. Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více je 100 až 120. Srážkový úhrn ve vegetačním období dosahuje 350 až 500 mm, v zimním období pak 250 až 300 mm. Počet dnů se sněhovou pokrývkou je 60 až 100.



Obr. č. 7: Klimatické okruhy Libereckého kraje



Obr.č. 7: Legenda klimatických okrsků

8.5 Fauna

Území charakterizované střídáním lesů a luk spolu s remízky na mezích dává předpoklady pro bohaté zastoupení fauny. Je jisté, že vlivem zemědělské činnosti došlo k narušení přirozených potravních řetězců a tím i k ústupu některých živočišných druhů, zejména hmyzu. Přesto se zde vyskytuje mnoho druhů, jinde ohrožených a vzácných, konkrétně druhy běžné pro celé Podkrkonoší: jelen evropský, prase divoké, srnec obecný, zajíc polní, sojka obecná, straka obecná, špaček obecný, vrána šedá, brhlík lesní, poštolka obecná a káně lesní

8.6 Flora

Podle geobotanické mapy území náleží do oblasti bikových bučin. Vlastní údolí Jizerky a Jilemky do oblasti luhů a olšin. Výskyt původních druhů rostlin je vázán na původní přirozená stanoviště – klimaxová společenstva. Zde je klimaxovým

společenstvem les s převahou jedlových bučin. Toto společenstvo se zde nevyskytuje v důsledku člověkem značně pozměněné krajiny. Ve vlhkých polohách u vodotečí je oblast luhů a olšin zastoupena fytoocenózou olšových jasanin a je charakterizována vrbou křehkou, olší lepkavou a jasanem ztepilým. Pro bylinné patro je charakteristická ostřice oddálená, mokryš střídavolistý. V důsledku splachu hnojiv ze zemědělských pozemků dochází k nitrifikaci a pozemky zarůstají kopřivou dvoudomou.

Převládající dřevinou je v důsledku antropogenní činnosti smrk, dub zimní, olše černá, jasan ztepilý, javor klen, buk lesní, bříza bradavičnatá, borovice lesní, lípa srdčitá, modřín evropský. Přesto představuje les nejstabilnější ekosystém mající relativně stabilní vegetační poměry. V daném území jsou na lesní prostředí mimo jiné vázány tyto byliny: jestřábník lesní, netýkavka nedůtklivá, ostružiník maliník, hluchavka žlutá, ptačinec velkokvětý, černýš lesní, mařinka vonná, kaprad' samec, papratka samičí, čistec lesní apod. Bohatší výskyt rostlinných druhů můžeme nalézt v severní části území, na pozemcích s větší sklonitostí a na pravidelně sekaných neoraných loukách, na pozemcích v blízkosti intravilánu, podél vodních toků, podél cest a na mezích.

9. Odvození vstupních parametrů a sestavení modelu

Model HEC-RAS (River Analysis System) je jedním z produktů, které v oblasti hydrologie a hydrauliky vyvinul Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers. Program HEC-RAS využívá integrovaného prostředí MS Windows s grafickým uživatelským rozhraním (GUI) a podrobně řeší hydraulikou ustáleného proudění v otevřených korytech a objektech na umělých i přirozených tocích. Tento matematický model je založen na principu zjednodušení proudění v příčném profilu do jednoho bodu. Modelované území je popsáno soustavou příčných profilů a případně objektů (Patera, 2002).

Matematicko–hydraulický model a jeho výpočet je založen na následujících podkladech (Us Army Corps of Engineers):

- stavové veličiny
- parametry modelu
- počáteční a okrajové podmínky
- vstupní/výstupní data

9.1 Geodetické zaměření

Pro uskutečnění hydraulické simulace za pomoci programu HEC-RAS bylo potřeba zajistit potřebná vstupní data. Jednotlivé příčné profily a objekty na toku byly zaměřeny prostřednictvím totální stanice značky Topcon, kterou studentů České zemědělské univerzity na víkend bezplatně poskytuje Katedra biotechnických úprav krajiny. Po provedení redukce souřadnic za pomoci softwaru Kokeš byly získány nadmořské výšky a vzdálenosti jednotlivých bodů. Po vložení takto získaných dat do programu HEC-RAS dojde k vykreslení jednotlivých příčných profilů.

Vrchní část toku protéká skrze extravilán a ve spodní části je tok veden v kamenném korytě, které kapacitně postačuje i vyšším povodňovým průtokům, za nejvíce ohroženou je tedy považována střední část toku. Právě v tomto úseku bylo provedeno samotné geodetické zaměření, konkrétně v úseku mezi 2,30 – 4,55 říčním kilometrem. V 4,55 tím říčním kilometru vodní tok Jilemka vtéká na katastrální území

města Jilemnice, je veden v přírodním korytě mezi loukami v délce přibližně jednoho kilometru. Bohužel toto koryto bylo v minulosti kvůli zemědělským potřebám napřímeno. Měření pokračoval v 3,55 km říčním kilometru, kde se tok stává součástí intravilánu a v případě vyšších průtoků zde dochází k přímému ohrožení zástavby.

9.2 Hydrotechnické posouzení

Hydrotechnické posouzení hladinového režimu vodního toku Jilemka bylo vytvořeno za pomoci hydraulického modelu. Posouzením stávajícího stavu za pomoci speciálního programu pro tvorbu matematických modelů a hydrotechnickými výpočty byla vykreslena modelace a simulace jednotlivých n-letých průtoků, které mohou vést k povodňovému ohrožení. Tato simulace byla vykreslena pomocí programu HEC-RAS, verze 4.1.0, která pro zobrazení využívá jednorozměrných modelů.

Základními veličinami, se kterými model počítá, jsou průtoky, hloubky, vodní stavy a rychlosti proudění. Z těchto veličin program z předepsaných algoritmů vypočítává další veličiny, které mohou být součástí výstupu. Těmito veličinami jsou například průtočné plochy, šířka příčného řezu v hladině a další. Model provádí simulaci za pomoci parametrů sloužících k hydraulickému popisu koryta vodního toku. Mezi tyto parametry patří zejména drsnostní součinitel n podle Manninga. Hodnota drsnostního součinitele byla stanovena na 0,35, jelikož se v tomto případě jedná o přirozený malý vodní rovinný tok bez peřejí a tůní, ale s přítomností kamenů a plevelů. Dále bylo potřeba stanovit počáteční a okrajové podmínky. Nejpodstatnější veličinou je průtok, ten byl odvozen z údajů, které poskytl Český hydrometeorologický ústav. Jako režim výpočtu bylo zvoleno ustálené proudění, protože tok Jilemka nemá na své trase žádný významný přítok, který by jakkoliv mohl měnit výšku jeho hladiny.

9.2.1 Program HEC-RAS

Pro účely modelace zájmového území byl použit nekomerční software pro tvorbu jednorozměrných modelů HEC-RAS. Program byl vyvinut U.S. Army Corps for Engineers, Hydrologic Engineering Center, River Analysis System. Hydraulický

model a jeho matematický výpočet je založen na podkladech, které ve spojení umožní hydraulické řešení zájmového území (Us Army Corps Of Engineers, 2003). Program HEC-RAS je freeware, je nekomerční a volně dostupný na internetu ke stažení. Instalační program se nachází na adrese:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hecras-download.html>

9.2.2 Instalace a nastavení programu

Nastavení správné funkce programu v PC:

Podmínkou správné funkce programu je v rámci Místního nastavení v Ovládacích panelech zvolit jako desetinný oddělovač tečku (standardně je čárka). Pro funkci neustáleného modelu HEC-RAS 4.0 je nutno změnit Národní prostředí:

Obecné: Angličtina (Spojené státy)

Čas: h:mm:ss tt

Datum: krátký formát MM/dd/rr

Oddělovač /

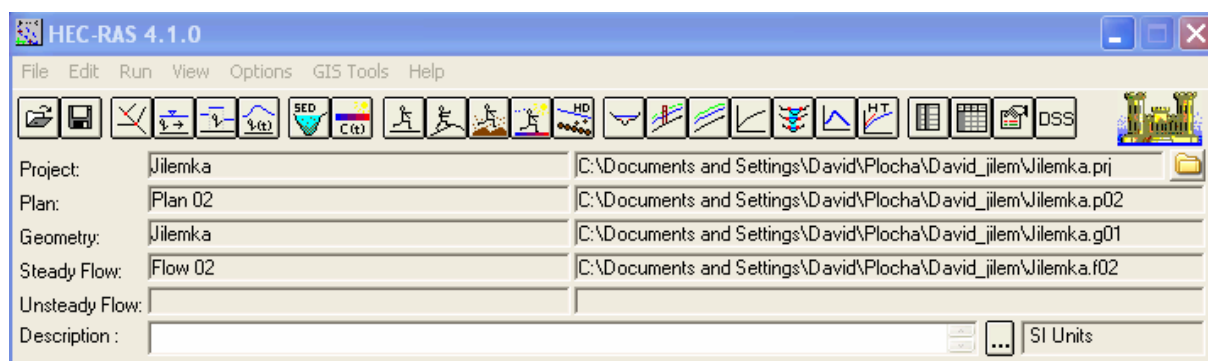
Dlouhý formát 24 July,2001

Dd MMMM, rrrr

Vzhledem k tomu, že se jedná o americký program, jsou jako standardní nastaveny anglické jednotky. Proto je třeba pamatovat na nutnou změnu jednotky trvale na metrický systém SI (KTI & AQUALOGIC, 2004).

9.2.3 Práce se soubory

Práce se soubory v rámci programu HEC-RAS probíhají v takzvaných Projektech. Základní vlastností projektu je, že všechny soubory, které byly v rámci něj vytvořeny, mají automaticky shodné jméno před tečkou jako sám projekt. Informace o projektu jsou uchovány v souboru *jméno.prj*, jedná se o soubor textového typu, který lze editovat i mimo vlastní program. Kromě tohoto souboru vytváří program celou soustavu dalších souborů s různými koncovkami (KTI & AQUALOGIC, 2004).



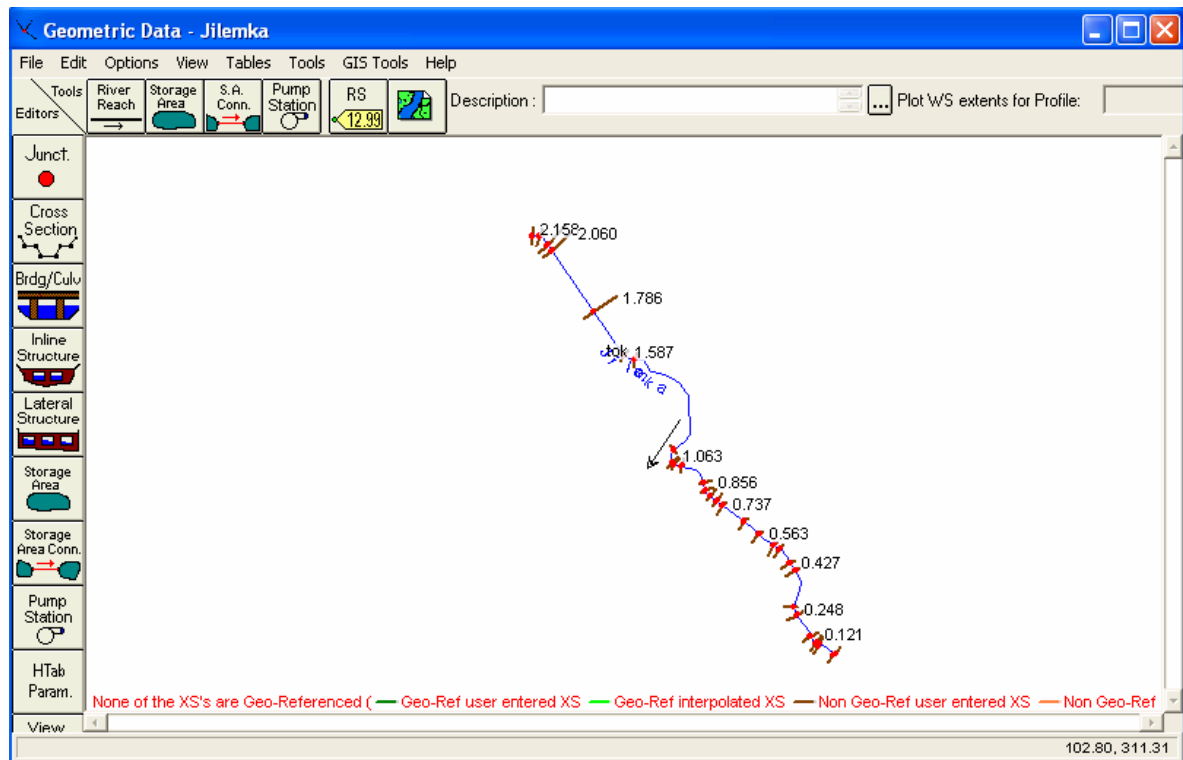
Obr. č. 8: Základní okno programu

9.2.4 Schematizace vodního toku

Základem tvorby modelu řešeného toku je vytvoření schematizace toku. Program HEC-RAS umožňuje řešit i nerovnoměrné proudění ve větvené síti vodních toků. To není pro toto zájmové území potřebné. Schematizace Jilemky byla provedena ikonou *River reach* na podkladu ortofoto mapy zájmového území. Při vlastní kresbě za pomoci myši každé kliknutí označí jeden bod polygonu trasy. Schematizaci dokončíme dvojklikem, následně můžeme pojmenovat samotný tok – *River name* a jednotlivé úseky na toku – *Reach name*.

V hlavním menu *Edit* lze měnit, případně zadávat další charakteristiky říční sítě.

Konkrétně jde o změnu jména toku nebo úseku, přidání bodu v polygonu vedení trasy, přemístění bodů v polygonu vedení trasy, odstranění bodu v polygonu vedení trasy, editaci použitých typů čar, značek a barvy textu, vymazání trasy, vymazání přítoku, vymazání poldru, vymazání čerpací stanice, vymazání hráze a neprůtočné oblasti. Program umožňuje, mimo jiné, i klasické funkce grafického programu, jako je celkové zobrazení, přiblížení či oddálení výkresu.

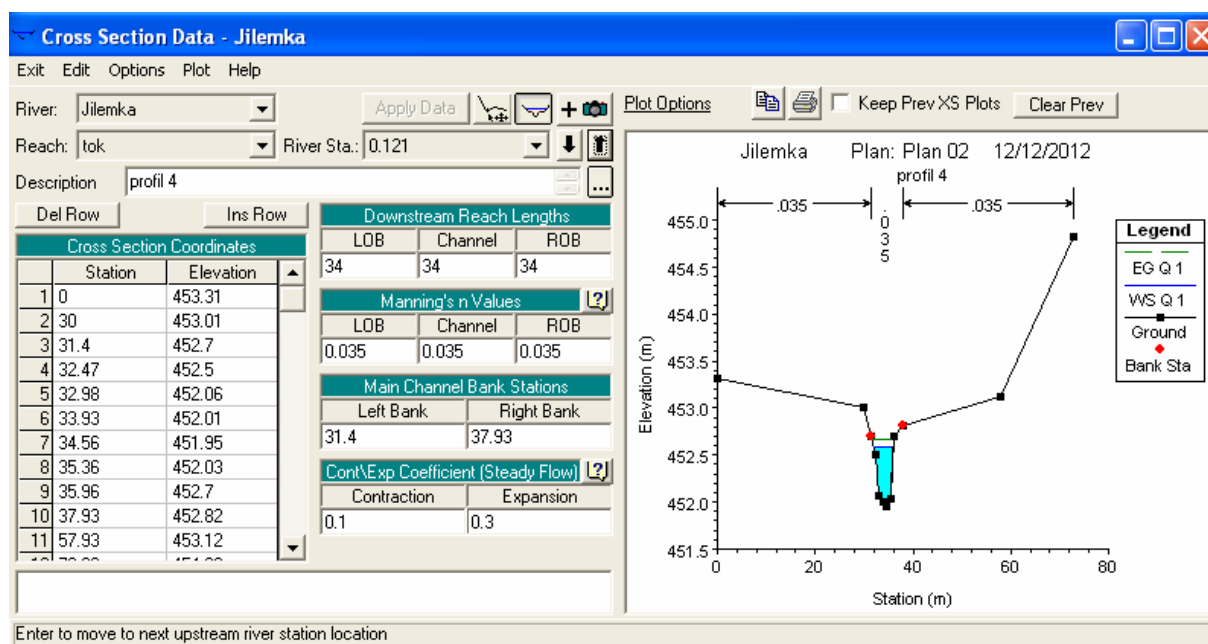


Obr. č. 9: Schematizace vodního toku s lokací jednotlivých profilů

9.2.5 Zadávání geometrických dat

Příčné profily, které jsou umístěny kolmo na směr toku, byly zaměřeny pomocí totální stanice. Délka zaměřovaného koryta činí 2,158 km a na tomto úseku bylo naměřeno 28 příčných profilů. Jejich vzájemné rozestupy jsou nepravidelné a vychází ze složitosti hydrologické situace, tedy byla volena místa charakterizující jednotlivé úseky. V místě objektů bylo nutné zaměřit profily co nejbližší pod a nad objektem. Pro pozdější výpočty je vždy důležitá i jejich vzájemná vzdálenost.

Zadávání jednotlivých příčných profilů bylo provedeno ikonou Cross Sections. Po otevření dialogového okna můžeme zadávat jednotlivé naměřené hodnoty, konkrétně výšku a vzdálenost sousedících bodů. Do kolonky *River Sta* bylo zadáváno staničení, tedy vzdálenost profilů od sebe, v řádech kilometrů. Každý profil byl pojmenován číslem podle jejich pořadí proti směru toku. V okně *Downstream Reach Lengths* byly zadány vzdálenosti kynety a obou břehů od předchozího profilu. Program také umožňuje určit souřadnice, které oddělují hlavní koryto od okolí, vyplněním okna *Main Chanel Banks Stations*.



Obr. č. 10: Kontrola příčného profilu č. 4

Po vyplnění všech hodnot dojde k automatickému vykreslení tvaru příčného profilu a je možné provést vizuální kontrolu i případnou úpravu zadaných hodnot. Vložení zbylých příčných profilů bylo provedeno příkazem *Add a new Cross Section*. Hodnota drsnostního součinitele byla stanovena pro všechny profily na 0,035.

Po zadání všech profilů můžeme příkazem *Edit Cross Section* kontrolovat jednotlivé profily a v případě potřeby i dodatečně opravovat. Podstatnou součástí a důležitým výstupem je i podélný profil zájmového území. Ten bude zobrazen pomocí příkazu *Plot Profile*, v případě potřeby je tu i možnost prostorového zobrazení příkazem *XYZ Plot*.

9.2.6 Příčné objekty na toku

Program HEC-RAS dovoluje řešit proudění řadou objektů, jako jsou mosty, propustky a jezy. Podmínkou vložení objektu je existence příčného profilu bezprostředně nad i pod objektem. U mostů je možné modelovat vlastní konstrukci, pilíře, šikmé boční zdi a další. Jezový objekt lze namodelovat pevný nebo pohyblivý. U všech objektů se vyskytuje velké množství veličin, které ovlivňují výpočet na objektu. Jedná se například o součinitel přepadu pro mostní konstrukci, součinitel ztrát na vtoku a výtoku u propustků, součinitel přepadu u jezových objektů a mnoho

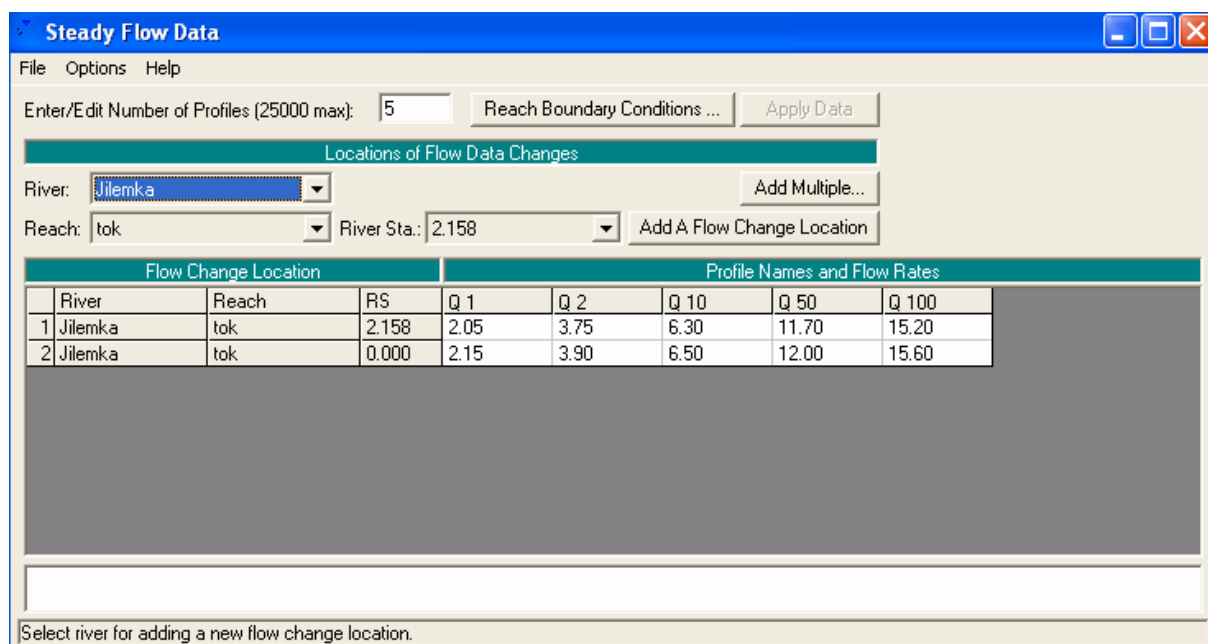
dalších. Při zadávání hodnot pro výpočty těchto objektů je doporučeno pečlivě prostudovat anglický rozšířený manuál.

9.2.7 Zadávání okrajových podmínek

Dalším nutným krokem byla formulace okrajových podmínek. Ta závisí na volbě režimu výpočtů. Pro tuto simulaci byla zvolena metoda výpočtu pro ustálené proudění. V tomto případě je v obou uzávěrových profilech říčního úseku volena jediná hodnota. Zadáván byl průtok, druhou možností je zadání hladiny.

V dialogovém okně *Steady Flow Data* byl zadán počet simulací, pro které bylo možno řešit jednotlivé průtoky. V této studii bylo řešeno 6 různých n-letých průtoků. Dolní okrajová podmínka je volena v dialogovém okně *Reach Boundary Conditions*. V tomto případě byla použita okrajová podmínka *Rating Curve*, která provádí potřebný výpočet automaticky. Je možné volit z následujících typů okrajových podmínek:

- *Known W. S.* známá úroveň hladiny v dolním příčném profilu pro každý řešený průtok
- *Critical Depth* kritická hloubka v dolním profilu
- *Normal Depth* na základě zadání sklonu hladiny bude vypočtena za předpokladu rovnoměrného proudění měrná křivka profilu
- *Rating Curve* zadání známé závislosti h na Q .



Obr. č. 11: Zadávání okrajových podmínek

9.2.8 Prezentace výsledků

Program HEC-RAS nabízí široké možnosti prohlížení výsledků a případně i jejich následné prezentace. K dispozici jsou grafické i tabulkové výstupy. Grafické prezentace je možné ovládat pomocí příkazů v úvodním okně programu. Tyto příkazy umožňují tisk i případný export do sady programů Microsoft Office a jejich následnou úpravu či prezentaci. Pomocí příkazu Options můžou být nastaveny různé veličiny, např. průběhy hladiny, kritické hloubky, průběhy čar energie i potřebné popisy, jako názvy grafů, legendy a měřítko. Stejně tak i tabulkové výstupy můžeme ovládat pomocí příkazů v úvodním okně, tisknout je či data exportovat do jiných programů.

10. Výsledky

Hlavním výstup z matematických modelů v programu HEC-RAS spočívá ve vytvoření mapy záplavového území pro jednotlivé n-leté průtoky. Znázornění záplavových čar v posuzovaném území je zobrazeno v přílohové části této práce. Stejně tak můžeme po zadání hodnot porovnávat jednotlivé příčné profily a v 1D zobrazovat objekty, které byli součástí toku. V této zájmové lokalitě se jednalo o 4 mosty, dva mostky a jeden jez. Tyto mosty jsou možným místem pro vznik bariér a zátarasů, které při vyšších průtocích zabraňují odtoku vody. Proto je v povodňovém plánu stanovena minimálně jednou ročně fyzická kontrola koryta a v případě potřeby i jeho pročištění.

Po provedení simulace n – letých průtoků se v jednotlivých profilech graficky zobrazí do jaké výšky bude sahat rozliv pro jednotlivé n – leté průtoky. Po odečtu nadmořských výšek a vzdálenosti lze přibližně určit rozsah zasaženého území. Samozřejmě čím vyšších průtoků je dosaženo, tím víc je zatopeno území v zájmové lokalitě. Všechny příčné profily, objekty na toku i následné zobrazení povodňových vln je k nahlédnutí na přiloženém DVD. V příloze jsou zobrazeny pro ukázkou vybrané profily.

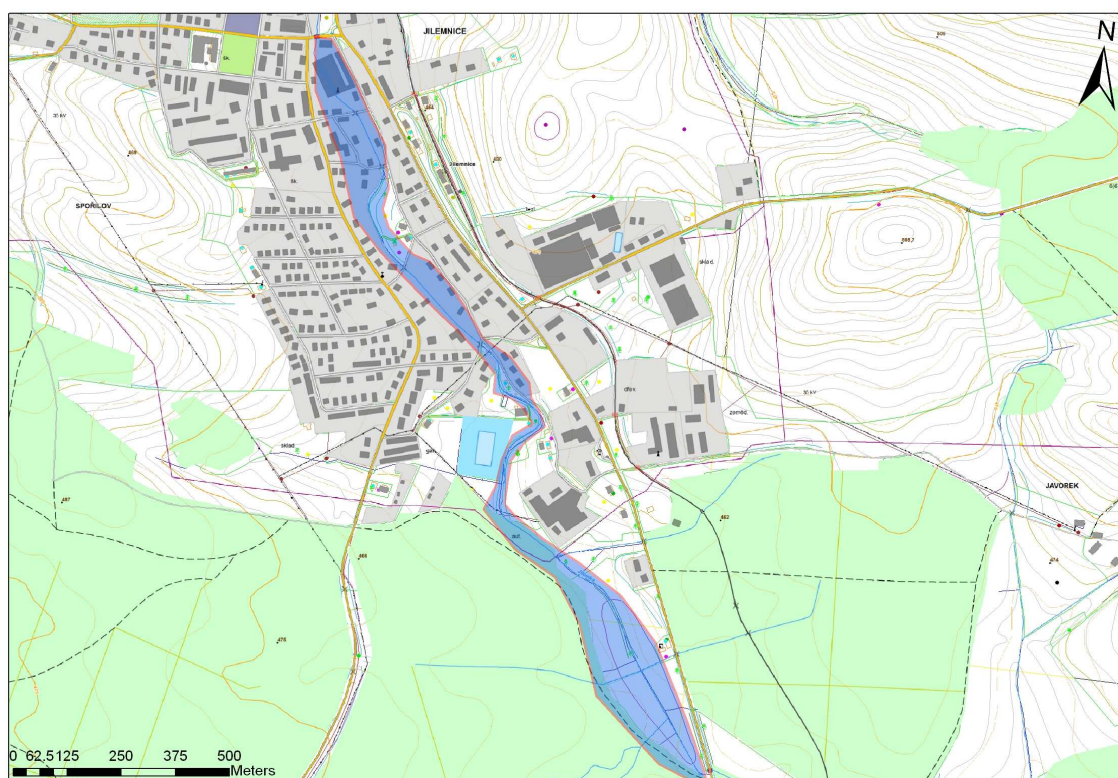
Při zakreslování jednotlivých povodňových čar bylo zjištěno, že průtoky do Q 10 obyvatelé nijak výrazně neohrožují, na většině míst nedojde k vystoupení vodní hladiny z břehů. Průtok Q 50 je už výrazně rizikovější, ale při včasné varování obyvatel nezpůsobí výrazné množství škod. Při očekávaném průtoku Q 100 a vyšším se už doporučuje evakuace obyvatel dle přiloženého seznamu, aby se předešlo případnému nebezpečí.

Důležitým výstupem je mapa záplavového území, která dokresluje, kolik objektů může být zasaženo. Seznam objektů, kterým hrozí při vyšších hladinách zaplavení je k dispozici také v příloze. Po provedené simulaci a zhodnocení výsledků navrhuji protipovodňové opatření, které nijak nezasahuje do intravilánu a v případě povodní výrazně redukuje rozliv ve střední části toku. Jedná se o víceúčelový ekologický poldr. Prostor pro jeho zbudování se nachází jihovýchodně od intravilánu. Případná hráz by byla postavena napříč toku v 4,6 tém říčním kilometru. Na pravém břehu by po 50 metrech zadržování vody zajišťoval dvoumetrový val, po kterém je vedena místní komunikace. Podél břehu levého je umožněn díky malému spádu rozliv na

přilehlou louku až do blízkého lesa. V příloze je toto místo zobrazeno pomocí fotografií. Kdyby město přistoupilo na uskutečnění tohoto opatření, doporučuje se požádat o dotaci pro provedení ekologické revitalizace. Kromě výstavby poldru by mohlo být koryto v tomto místě zmeandrováno a pomocí řízených záplav by se zde vytvořili vhodné podmínky pro lužní les. Díky tomu by koryto bylo navráceno do své přirozené podoby. Výhody tohoto opatření s pozitivním ekologickým dopadem jsou popsány v rešeršní části.

Záplavové území

David Hanuš
2012



Obr. č. 12: Záplavové území

11. Diskuze

Povodně, pokud jde o jejich vznik, jsou odjakživa neoddelitelnou, prostorově i časově nepravidelnou součástí oběhu vody. Svými erozními, sedimentačními, transportními, mechanickými a jinými účinky představují zákonitý článek dlouhodobých vývojových procesů krajiny. Škody, které povodně způsobí, jsou mimo naši kontrolu. Proto veřejnost tento povodňový projev přírodních sil pojímá jako destruktivní a stresový faktor. Povodně se v prostoru území dnešní České republiky však vždy vyskytovaly a je potřeba s nimi proto počítat i v budoucnu.

Žádná povodeň svým projevem není stejná, je jedinečná. Mechanismy vzniku u téhož druhu se mohou sice podobat, ale dynamika vyvolané situace v povodí a účinky na životní prostředí mají vždy svá specifika. Z toho pro zmírňování škod vyplývá, že z každé povodňové situace je nutno se poučit a rozšiřovat si stálé poznatky i zkušenosti, jak se před škodlivými důsledky těchto pohrom dokonale chránit.

V ochraně před povodněmi jde především o omezení škod, zabránění nárůstu potenciálních škod v ohrožených oblastech a vytvoření přiměřeného povědomí o možných nebezpečích. Povodeň vede ke škodám až tehdy, jsou-li do záplavových oblastí umisťovány stavby vytvořené člověkem. Existuje několik typů opatření, jimiž lze snižovat škody působené povodněmi. Tři základní protipovodňová opatření spočívají v přirozené retenci, technické protipovodňové ochraně a samotné prevenci před povodněmi. Nejúčinnější je vždy jejich rozumná kombinace.

Pomocí matematických modelů lze provádět řadu simulací proudící vody v průběhu povodní s kulminačními průtoky odpovídajícím n-letým vodám. Dále dokážou vyhodnotit odtokové a hladinové poměry posuzované oblasti, např. průběh hladin, hloubek a velikost rychlostí proudící vody. Modely poskytují přehledné informace o charakteristickém proudění v libovolném místě modelové oblasti a umožňují provedení kvalifikované analýzy hydrologických poměrů v inundačním území při povodňových situacích.

Z výsledků simulace provedené programem HEC-RAS a jejich následným zobrazením v mapě lze stanovit míru ohrožení v zájmové lokalitě. Střední část města Jilemnice je dobře chráněna, vodní tok je zde zaveden do kamenného koryta, které má dostatečnou kapacitu. Z hlediska ekologického se nejedná o vhodné řešení, ale

toto opatření bylo provedeno v minulých letech, kdy se na důležitost vodního toku jako biotopu moc nehledělo. Horní část toku ohrožuje při povodňových situacích obyvatelé jižní části Jilemnice . Tomu by šlo předejít pomocí vhodné protipovodňové ochrany.

Pro zaměření zájmové lokality byla použita totální stanice, při následné redukci souřadnic a odečtů dat mohlo dojít k drobné chybě. I tak by prezentované příčné profily měli poměrně přesně popisovat situaci v zájmové lokalitě. Mosty jsou dimenzovány dostatečně, jediným rizikem je případné ucpání těchto průchodů. V takové situaci bude docházet k naplnění koryta vodou a následnému riziku. Toto ohrožení nastane pouze při vyšších průtocích.

12. Závěr

V rámci diplomové práce bylo zaměřeno území mezi 4 až 7 říčním kilometrem vodního toku Jilemka. Podle města je tato lokalita povodní nejvíce ohrožena, protože zde nejsou provedena žádná ochranná protipovodňová opatření. Získaná data byla pomocí matematických výpočtů, které umožňuje program HEC-RAS, převedena do vizuální analýzy rozlivu v jednotlivých příčných profilech a v blízkosti objektů na toku. V tomto místě se jednalo hlavně o mosty a mostky, které omezují průtočnost při zvýšených vodních stavech. Na toku se nachází také jeden jez, ten ale nijak nezmenšuje průtočnost koryta a výška jeho vodního přepadu činí pouhých 40 centimetrů. Pomocí výstupů z programu HEC-RAS byl určen rozliv pro jednotlivé n-leté průtoky.

Při dosažení 50 – ti letých průtoků a vyšších nastává riziko ohrožení objektů v blízkosti toku, proto byla navržena výstavba poldru jako protipovodňového opatření. Tento poldr by v případě zvýšených vodních stavů zadržoval vodu v extravilánu před obcí a tím by eliminoval hrozbu. Navíc se za jihovýchodní hranicí katastrálního území nachází rybník U mlejna. Je zde tedy riziko zvláštní povodně spočívající v protržení jeho hráze. Následnou povodňovou vlnu by tento poldr zachytil ještě dříve, než by se dostala k zastavěnému území.

V blízkosti areálu firmy BRANO na 6-tém říčním kilometru je koryto nadměrně zarostlé, doporučuje se proto vyřezání přestárlého porostu v tomto místě. Protože je vodní tok Jilemka v následujícím úseku 5krát přemostěn, sníží toto opatření riziko možného zacpání koryta. Poslední povodňová situace, která postihla ulici V Jilmu byla způsobena právě touto příčinou.

Výskyt rozsáhlých povodní způsobených vytrvalými dešti (1997, 2002), rozsáhlejší regionální povodně z tání sněhu (2000) a další závažné povodně (z jara 2006 a července 2009) za posledních několik let vzbuzuje otázku, zda se jedná o projevy přirozeného kolísání výskytu povodní, či zda se začíná projevovat nějaká změna povodňového režimu. Proto je třeba klást důraz na protipovodňovou ochranu a snažit se při aktualizaci územního plánu či rozhodování o umisťování staveb v blízkosti vodních toků dbát i na protipovodňovou prevenci.

13. Seznam literatury a použitých zdrojů

BLAŽKOVÁ Š., 2006: **Projekt Labe IV.** Praha - Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 152 s. ISBN 80-85900-67-X

BRÁZDIL R., 2005: **Historické a současné povodně v ČR.** Brno – Praha: Masarykova univerzita v Brně, Český hydrometeorologický ústav v Praze. 370 s. ISBN 80-210-3864-0

ČAMROVÁ L. et. JÍLKOVÁ J., 2006: **Povodňové škody a nástroje k jejich snížení.** Praha – Nakladatelství IREAS, 418s., ISBN 80-86684-35-0

ČEKAL R., 2011: **Původce informacemi pro povodňové orgány.** Praha 2011, 32 s. ISBN 978-80-86690-93-3

DAŇHELOVÁ L., 2004: **Život s povodněmi.** Arnika, Ostrava, 134s. ISBN 80-239-4053-8

DAŇHELKA J. et KUBÁT J., 2009: **Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky.** Praha - Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, 72 s. ISBN 978-80-86690-75-9

DUB O. et. kol., 1696: **Hydrologie.** Praha – Nakladatelství technické literatury, 378 s. ISBN 04-711-69-XXX

HAVLÍK A., 2001: **Matematické modely v ochraně před povodněmi.** Praha, MŽP, ČVUT, 11s. ISBN 80-7212-198-7

HAVLÍK V. et. MAREŠOVÁ I., 1994: **Hydraulika I (příklady).** Praha – ČVUT.

HRÁDEK F. et. KUŘÍK P., 2004: **Hydrologie.** Praha – ČZU, Fakulta Lesnická a environmentální, 280 s. ISBN 80-213-0950-4

JUST T. et. kol., 2005: **Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi.** Praha, 359 s. ISBN 80-239-6351-1

KAŠPÁREK L., 2006: **Vyhodnocení jarní povodně 2006 na území České republiky.** Praha - Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

KENDER J., 2000: **Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny.** Praha – Ministerstvo životního prostředí. 220 s. ISBN 80-7212-148-0

KONVIČKA M., 2002: **Město a povodeň.** Brno, 219 s. ISBN 80-86517-38-1

KOZÁK J.T. et. kol., 2007: **Povodně v českých zemích.** Praha – ČHMÚ, ISBN 978-80-86946-39-3

KŘOVÁK M., 2004: **Ochrana před povodněmi.** Praha - Nakladatelství TRITON, 100 s. ISBN 80-7254-499-3

MANFRED S., 2005: **Labe a jeho povodí.** Ústí nad Labem - Mezinárodní komise pro ochranu Labe, 258 s.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, 2000: **Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky.** Praha

MUNZAR J. et. VAISHAR A., 2001: **Povodně, krajina a lidé v povodí řeky Moravy.** Brno - Ústav geoniky AVČR, 108 s. ISBN 80-86377-05-9

NOVÁK L et. NOVÁK L., 2011: **Protipovodňová opatření v České republice.** Praha - Ministerstvo zemědělství 2011, ISBN 978-80-02-02353-1

NOVOTNÝ J., 1963: **Dvě stoleté hydrologické řady průtokové na českých řekách.** Praha, Sborník prací Hydrometeorologického ústavu československé socialistické republiky, sv. 2, Praha, 116 s.

PATERA A. et. kol., 2002: **Povodně: prognózy, vodní toky a krajina.** Praha – ČVUT - Fakulta stavební, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 436s. ISBN 80-01-02561-6

SÍGL M., 2012: **Srpnová povodeň 2002 po deseti letech.** Praha – Mělník, 142 s. ISBN 978-80-7229-356-8

SKREJŠOVSKÝ F., 1872: **Zhoubná povodeň v Čechách dne 25. a 26. května 1872.** Praha, 141 s.

SKLENÁŘ J., 2007: **Povodně na území České republiky a povodňová měření.** Spisy Zeměpisného sdružení číslo 17, Praha.

SLAVÍKOVÁ L., 2007: **Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích.** Praha - Nakladatelství IREAS, 80 s. ISBN 978-80-86684-48-2

SOBÍŠEK B. et kol. 1993: **Meteorologický slovník, výkladový a terminologický.** Praha - vyd. Academia, 594 s. ISBN 80-85368-45-5

ŠTĚKL J., et. kol, 2001: **Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR v období 1879-2000 a jejich synoptické příčiny.** Praha – ČHMÚ

ŠUNKA Z., 2011: **Vyhodnocení povodní v květnu a červnu 2010.** Praha – Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 45 s.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, 2002: **Integrovaná ochrana povrchových a podzemních vod v povodí Jizery.** Praha, 106 s. ISBN-80-02-01526-6

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, 2006: **Jarní povodeň 2006 v České republice.** Praha, 96 s. ISBN 80-85900-61-0

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Zákon č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Publikace:

ANONYMUS, 2010: **Povodňový plán města Jilemnice**

BALL T. et. kol., 2012: **A new methodology to assess the benefits of flood warning.** JOURNAL OF FLOOD RISK MANAGEMENT 10/20012, s. 188 – 122.

BEVEN K, 2001: **How far can we go in distributed hydrological modelling?** Hydrology and Earth System Sciences, 5/2001, s. 1 – 12

DUTTA T. et kol., 2012: **A Comparative Evaluation of Short-Term treamflow Forecasting Using Time Series Analysis and Rainfall-Runoff Models in Water Source.** WATER RESOURCES MANAGEMENT 2012, s. 4397-4415

HALAČKA J., 2005: **Povodně a záplavová území v povodí správce drobných vodních toků.** s. 91 – 96 in MĚKOTOVÁ J. et. ŠTERBA O., 2005: **Říční krajina 3.** Univerzita Palackého v Olomouci, 398 s. ISBN 80-244-1162-8.

HAUSEROVÁ Š., 1998: **Péče o krajinu a ekologická stabilita,** s. 102 – 105 in NĚMEC J., 1998: **Krajina a voda,** Praha – Ministerstvo životního prostředí, AOPK ČR, 176 s.

HEINLEIN K. et. WAGNER R., 2012: **Mobile flood protection by use of technical textiles.** BAUTECHNIK 7/2012, s. 467 – 471.

LOŽEK V., 1998: **Ekologický význam malých vodních toků,** s. 60 – 67 in NĚMEC J., 1998: **Krajina a voda,** Praha – Ministerstvo životního prostředí, AOPK ČR, 176 s.

KOVÁŘ M., 2007: **Ekologická síť v poříčních částech městských krajin**, s. 120 – 123 in MĚKOTOVÁ J. et. ŠŤERBA O., 2007: **Říční krajina 5**. Univerzita Palackého v Olomouci, 355 s. ISBN 978-80-244-1890-2

MRÁZKOVÁ T., 2005: **Hydrobiologické zásady revitalizace malých vodních toků**, s. 227 – 230 in MĚKOTOVÁ J. et. ŠŤERBA O., 2005: **Říční krajina 3**. Univerzita Palackého v Olomouci, 398 s. ISBN 80-244-1162-8

PETŘÍČEK V., 1998: **Údolní nivy a jejich územní ochrana**, s 143 – 147 in NĚMEC J., 1998: **Krajina a voda**, Praha – Ministerstvo životního prostředí, AOPK ČR, 176 s.

SERPICO S.B. et. kol., 2012: **Information Extraction From Remote Sensing Images for Flood Monitoring and Damage Evaluation**. PROCEEDINGS OF THE IEEE 10/2012, s. 2946-2970

SUN WC., et. kol., 2012: **Calibration of hydrological models in ungauged basins based on satellite radar altimetry observations of river water level**. HYDROLOGICAL PROCESSES 2012, s. 3524-3537

STEELING G.S., 2012: **Quadtree flood simulations with sub-grid digital elevation models**. PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS-WATER MANAGEMENT 2012, s. 567 – 580

ŠŤERBA O., 2005: **Co brání realizaci ekologických protipovodňových metod**, s. 321 – 328 in MĚKOTOVÁ J. et. ŠŤERBA O., 2005: **Říční krajina 3**. Univerzita Palackého v Olomouci, 398 s. ISBN 80-244-1162-8

ŠŤERBA O., 2007: **Povodňové příhody v malých povodích**, s. 288 – 296 in MĚKOTOVÁ J. et. ŠŤERBA O., 2007: **Říční krajina 5**. Univerzita Palackého v Olomouci, 355 s. ISBN 978-80-244-1890-2

YIOU P. et. kol., 2006: **Statistical analysis of floods in Bohemica (Czech republic) since 1825**. Hydrological Science Journal, 51/2006, s. 930 – 945

UNUCKA J., 2009: **Floreon - Infrastruktura, která předpovídá povodně.** Computerword, 17/2009, s. 28-29.

Internetové zdroje:

KTI & AQUALOGIC, 2004: HEC-RAS stručný manuál (česká verze), Praha, on-line:
<http://netstorage.studenti.czu.cz>

<http://mapy.cz/#x=15.531244&y=50.605903&z=12&l=15>

<http://hydro.chmi.cz/hpps/>

WARNER J.C., BRUNNER G.W., WOLFE B.C et PIPER S.S., 2010: **HEC-RAS River Analysis System Applications Guide.** Online:

http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documents/HEC-RAS_4.1_Applications_Guide.pdf

BRUNNER G.W., 2010: **HEC-RAS River Analysis System Users Manual.** Online:

http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documents/HEC-RAS_4.1_Users_Manual.pdf

<http://www.koaliceproreky.cz/temata/priode-blizka-protipovodnova-opatreni/>

Povodí Labe, státní podnik. Online:

<http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/default.aspx>

14. Seznam příloh

1. – 8. Fotodokumentace
9. – 10. Stupně povodňové aktivity
11. Ohrožené firemní objekty
12. Místa vzniku možného záatarasu
13. Ohrožené domy
14. Naučná lesnická stezka
15. – 17. Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n pro jednotlivé příčné profily
18. Revitalizace povodí nad obcí
19. Víceúčelový poldr s přírodě blízkou zátopovou plochou
20. Podélný profil
21. Vizualizace rozlivu 100- leté vody
22. Příčný profil č. 4

Přílohy



Fot. č. 1: Most v jihovýchodní části katastrálního území Jilemnice



Fot. č. 2: Extravilán, lokalita pro případný poldr



Fot. č. 3: Most, jižní část intravilánu



Fot. č. 4: Jez



Fot. č. 5: Intravilán



Fot. č. 6: Intravilán 2



Fot. č. 7: Most s odpočtem pro výšku hladin, ulice V Jilmu u č.p. 547



Fot. č. 8: Vstup toku pod areál firmy ATESO

Stupeň	Stav	Činnost
I	stav bdělosti	zahájení činnosti hlídkové služby sledování předpovědní služby sledování vývoje povodně
II	stav pohotovosti	zahájení operativní činnosti povodňové komise vyhlášení předseda povodňové komise vyhlášení se oznamuje povodňové komisi obce s rozšířenou působností (ORP) – Města Jilemnice vyhlášení pohotovosti pro prostředky zabezpečovacích prací provádění opatření ke zmírnění průběhu povodně dle povodňového plánu
III	stav ohrožení	provádění zabezpečovacích prací provádění záchranných prací nebo evakuace

Přílo č. 9: Stupně povodňové aktivity

Vodní tok	Stupeň	Limit pro vyhlášení
Jilemka	I	80 cm
	II	120 cm
	III	160 cm

Příl. č. 10: Směrodatné limity pro vyhlášení stupňů povodňové aktivity

Ohrožené místo	Vlastník – správce	Způsob ohrožení
Oprava automobilů a sněžných horských vozidel	František Jindřišek	Zatopení provozovny
Prodejna Norma Jilemnice	Norma, k.s.	Zatopení provozovny
Cestní mistrovství Hrabačov	Krajská správa silnic LK	Zatopení skladu materiálu a parkoviště
Hybler – pobočka Hrabačov	Hybler Invest, s.r.o.	Zatopení provozovny
Stavební firma H&N&H Hrabačov	H&N&H spol s r.o.	Zatopení provozovny
KT Izolace Hrabačov	Ing. Aleš Tryzna	Zatopení provozovny
Autodílna Hrabačov	Kocour Petr	Zatopení provozovny
SWS Tauchman	Tauchman Jindřich	Zatopení provozovny
Čistička odpadních vod	Cutisin, a. s. Jilemnice /SVAK	Zatopení nádrží
Úpravna vody v Hrabačově	VHS Turnov	Zatopení areálu

Příl. č. 11: Ohrožené firemní objekty

Místo	Popis místa	Vlastník - správce
Mosty, mostky a lávky na Jilemce	6x mostky v Jilmu 1x ulice Do žlábků 1x lávka u čp. 125 1x lávka u Normy 1x most u Gentiany	Město Jilemnice
Mosty, mostky a lávky na Jizerce	1x most „U Jarmarý“ 1x most u čp. 347 1x mostek u kruhového objezdu v Hrabačově	

Příl. č. 12: Místa vzniku možného zátarasu toku

Ulice (pravý - levý břeh)	Počet osob v zatopené části ulice	Předpokládaný počet osob k evakuování	Přijímací středisko
Na Račanech 535 (levý)	1	1	Ubytovna T.J. Sokol
Na Račanech 557 (pravý)	2	1	Ubytovna T.J. Sokol
Na Račanech 951 (pravý)	4	1	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 520 (pravý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 567 (pravý)	4	1	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 562 (pravý)	4	1	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 517 (pravý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 52 (pravý)	4	1	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 53 (pravý)	3	1	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 572 - rekreační objekt (pravý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 515 (pravý)	2	1	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 559 - rekreační objekt (pravý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 547 - rekreační objekt (levý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 546 (levý)	5	1	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 544 (levý)	1	1	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 545 - rekreační objekt (levý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 548 - rekreační objekt (levý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 565 (pravý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 571 - rekreační objekt (pravý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
V Jilmu 570 (pravý)	2	1	Ubytovna T.J. Sokol
Hanče a Vrbaty 772 (pravý)	4	1	Ubytovna T.J. Sokol
Hanče a Vrbaty 751 (levý)	4	1	Ubytovna T.J. Sokol
Hanče a Vrbaty 822 (levý)	2	1	Ubytovna T.J. Sokol
Hanče a Vrbaty 787 (levý)	1	1	Ubytovna T.J. Sokol
Krkonošská 784 (pravý)	6	2	Ubytovna T.J. Sokol
Krkonošská 754 (levý)			Ubytovna T.J. Sokol
Krkonošská 753 (levý)			Ubytovna T.J. Sokol

Příl. č. 13: Ohrožené objekty Jilemka

Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n pro různé profily

Druh koryta a jeho popis	drsnostní součinitel n		
	minimální	střední	maximální
Uzavřené profily částečně plněné			
1. Kovové materiály			
Mosaz, měď, hliník, olovo - hladký povrch	0,009	0,010	0,013
Ocelová potrubí:			
svařovaná	0,010	0,012	0,014
nýtovaná	0,013	0,016	0,017
Litínové potrubí	0,010	0,014	0,016
Potrubí ze svářkové oceli:			
černé	0,012	0,014	0,015
pozinkované	0,013	0,016	0,017
2. Nekovové materiály			
Plastické hmoty	0,008	0,009	0,010
Sklo	0,009	0,010	0,013
Cementový povrch:			
z čistého cementu	-	0,010	-
z 1/3 písku	0,010	0,011	0,013
hlázená malta	0,011	0,013	0,015
Beton:			
do kovové formy	0,012	0,013	0,014
do hladké dřevěné formy	0,012	0,014	0,016
do hrubé dřevěné formy	0,015	0,017	0,020
rovné propustky, bez nánosů ve dně	0,010	0,011	0,013
propustky s oblouky, spoji a slabými nánosy	0,011	0,013	0,014
propustky s vyhlazenými stěnami	0,011	0,012	0,014
rovný kanál, odpad s revizními šachtami, vpustěmi a pod.	0,013	0,015	0,017
Dřevo:			
dužiny	0,010	0,012	0,014
plátované, napuštěné	0,015	0,017	0,020
Kamenina			
odpadní potrubí	0,011	0,013	0,017
odpadní potrubí s revizními šachtami, vtoky	0,013	0,015	0,017
drenážní trubky	0,011	0,013	0,017
Zdivo			
zvonivky	0,011	0,013	0,015
obyčejné cihly do cementové malty	0,012	0,015	0,017
vyzděná odpadní štola s hladkým dnem	0,016	0,019	0,020
z lomového kamene do malty	0,018	0,025	0,030
Otevřené s částečně nebo zcela umělým povrchem			
1. Kovové materiály			
Hladký kovový povrch:			
nenatřený	0,012	0,013	0,017
natřený	0,011	0,012	0,014
Vlnitý plech	0,021	0,025	0,030
2. Nekovové materiály			
Cementový povrch			
vyhlazený	0,010	0,011	0,013
běžná omítka	0,011	0,013	0,015
Dřevo			
hoblované nenapuštěné	0,010	0,012	0,014
hoblované napuštěné	0,011	0,012	0,015
nehoblované	0,011	0,013	0,015

Příl. č. 15: Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n

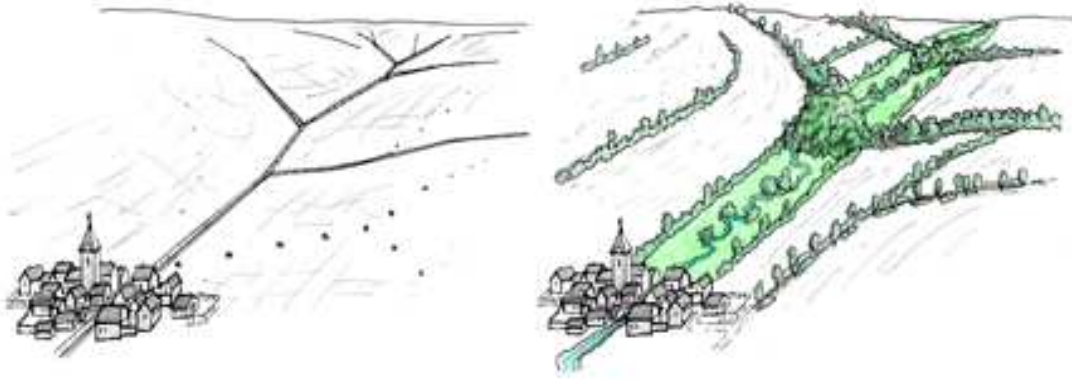
Druh koryta a jeho popis	drsnostní součinitel n		
	minimální	střední	maximální
desky s latěmi	0,012	0,015	0,018
potážené lepenkou	0,010	0,014	0,017
Beton			
hlazený ocelovým hladítkem	0,011	0,013	0,015
zatřený dřevěným hladítkem	0,013	0,015	0,016
zatřený, na dně slabé nánosy	0,015	0,017	0,020
nazatřený	0,014	0,017	0,020
torkretovaný, rovný povrch	0,016	0,019	0,023
torkretovaný, vlnitý povrch	0,018	0,022	0,025
na dobře vyhloubené skále	0,017	0,020	-
na nepravidelně vyhloubené skále	0,022	0,027	-
Betonové dno se stěnami			
z opracovaného kamene do betonu	0,015	0,017	0,020
ze smíšeného kamene do betonu	0,017	0,020	0,024
ze zdiva z lomového kamene - omítnutého	0,016	0,020	0,024
ze zdiva z lomového kamene - neomítnutého	0,020	0,025	0,030
z lomového kamene na sucho	0,020	0,030	0,035
Štěrkové dno se stěnami			
z betonu hlazeného	0,015	0,017	0,020
z betonu hrubého	0,017	0,020	0,025
ze smíšeného kamene do betonu	0,020	0,023	0,026
z lomového kamene na sucho, nebo s pohozem	0,023	0,033	0,036
Zdivo			
zvonivky	0,011	0,013	0,015
obyčejné cihly do cementové malty	0,012	0,015	0,018
Kamenné opevnění			
dlažby s vylitím spar cementovou maltou	0,017	0,025	0,030
dlažby na sucho	0,023	0,032	0,035
Asfaltové opevnění			
hladké	0,013	0,013	-
drsné	0,016	0,016	-
Vegetační opevnění	0,030	-	0,500
Koryta vzhroubená dozery a bagry			
1. Přímé zemní kanály, stejnoznrný materiál			
čisté, nedávno dokončené, pravidelný profil	0,016	0,018	0,020
čisté, starší, s pravidelným profilem	0,018	0,022	0,025
štěrkové koryto s pravidelným profilem	0,022	0,025	0,030
zarostlé krátkou travou, málo plevele	0,022	0,027	0,033
2. Zemní kanály křivočaré s malými rychlostmi			
bez vegetace	0,023	0,025	0,030
s travou a s menším množstvím plevel	0,025	0,030	0,033
s hustou plevel. travou nebo vod. rostlinami v hlub. korytech	0,030	0,035	0,040
hlinité dno a štěrkové svahy	0,028	0,030	0,035
kamenité dno a zaplevelené břehy	0,025	0,035	0,040
na dně valouny, čisté břehy	0,030	0,040	0,050
3. Kanály vyhloubené rypadlem s vlečným koračkem nebo sacím bagrem			
bez vegetace	0,025	0,028	0,033
se slabým keřovým porostem na březích	0,035	0,050	0,060
4. Kanály ve skalních horninách			
hladké s jednotným profilem	0,025	0,035	0,040
drsné a nepravidelné	0,035	0,040	0,050
5. Kanály při nedostatečné technické údržbě, plevelné trávy a křoviny			
hustý plevel stejné výšky jako hloubka	0,050	0,080	0,120
čisté dno, na březích křoviny	0,040	0,050	0,080
totéž za nejvyššího vodního stavu	0,045	0,070	0,110
husté křoviny, vysoký vodní stav	0,080	0,100	0,140
Přirozené vodní toky			
1. Malé toky se šířkou hladiny při velké vodě < 30 m			

Příl. č. 16: Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n

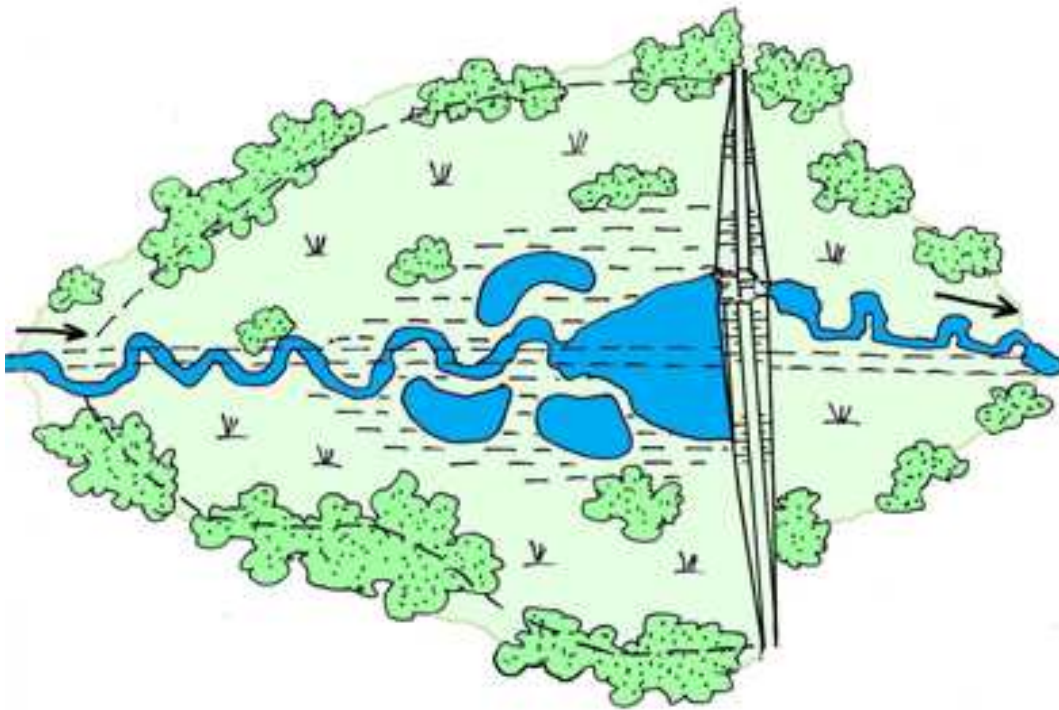
Druh koryta a jeho popis	drsnostní součinitel n		
	minimální	střední	maximální
Rovinné toky			
čistě, přímé, zaplněný profil, bez peřejí a tůní	0,025	0,030	0,033
totéž, ale s přítomností kamenů a plevele	0,030	0,035	0,040
zakřivená trasa, čistě koryto s tůněmi a peřejemi (brody)	0,033	0,040	0,045
totéž, ale s kameny a plevelem	0,035	0,045	0,050
totéž při nižším vodním stavu, s výraznými brody (peřejemi)	0,040	0,048	0,055
se zákruty, tůněmi a brody, větší množství kamenů	0,045	0,050	0,060
bahnité úseky, hluboké tůně,			
zarostlé plevelem, při malých rychlostech vody	0,050	0,070	0,080
velmi zaplevelené úseky s hlubokými tůněmi,			
občasná inundační koryta se stromy a křovinami	0,075	0,100	0,150
Horské toky, bez vegetace v korytě, břehy obvykle strmé,			
stromy a keře na březích zaplavené při vysokém vodním stavu			
dno tvořené štěrky, valouny a ojedinelými balvany	0,030	0,040	0,050
dno tvořené valouny a balvany	0,040	0,050	0,070
2. Velké vodní toky, šířka hladiny při povodni > 30 m			
pravidelný profil bez balvanů a keřů	0,025	-	0,060
nepravidelný a drsný profil	0,035	-	0,100
3. Inundační území			
Pastviny bez křovin			
s nízkou travou	0,025	0,030	0,035
s vysokou travou	0,030	0,035	0,050
Zemědělsky obhospodařované plochy			
neoseté, bez vegetace	0,020	0,030	0,040
dozrálé řadové osevy (brambory, kukuřice)	0,025	0,035	0,045
dozrálé plošné osevy	0,030	0,040	0,050
Křoviny			
jednotlivé keře, hustý plevel	0,035	0,050	0,070
řidké keře a stromy v zimě	0,035	0,050	0,060
řidké keře a stromy létě	0,040	0,060	0,080
křoviny střední a velké hustoty v zimě	0,045	0,070	0,110
střední až velká hustota křovin v létě	0,070	0,100	0,160
Stromy			
hustý vrbový porost v létě	0,110	0,150	0,200
vykácené území s pařezy, bez zmlazení	0,030	0,040	0,050
totéž, ale se silným zmlazením pařezů	0,050	0,060	0,080
hustší porost z větších stromů,	0,080	0,100	0,120
málo malých stromů a podrostu, hladina nedosahuje větví			
totéž, hladina dosahuje větví	0,100	0,120	0,160

Zdroj: Havlík & Marešová 1994

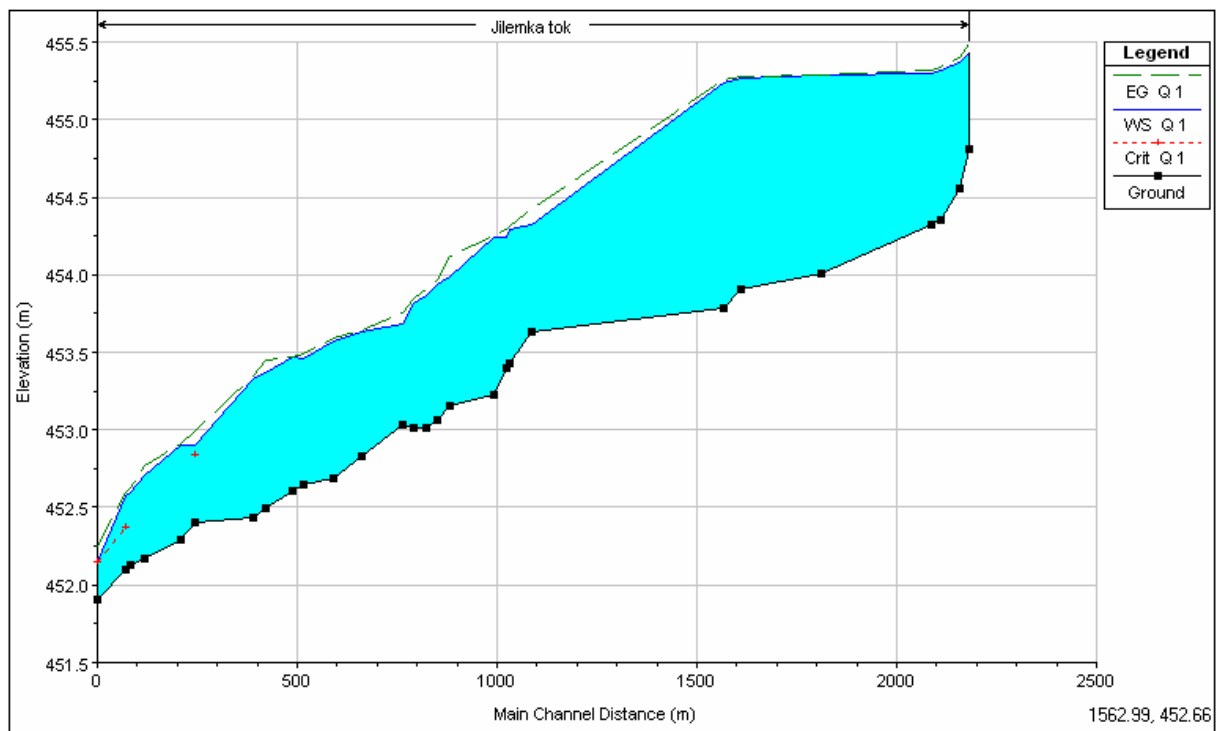
Příl. č. 17: Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n



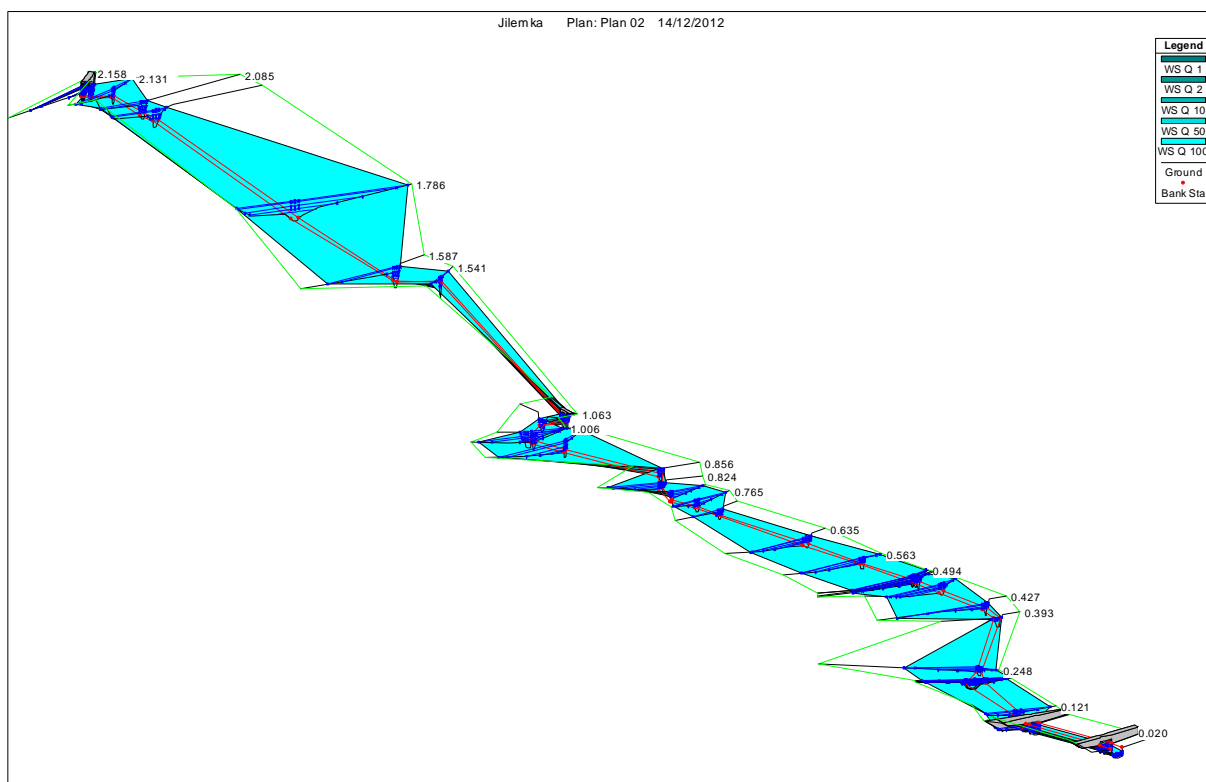
Příl. č. 18: Revitalizace povodí nad obcí za účelem zmenšení její ohroženosti povodněmi.



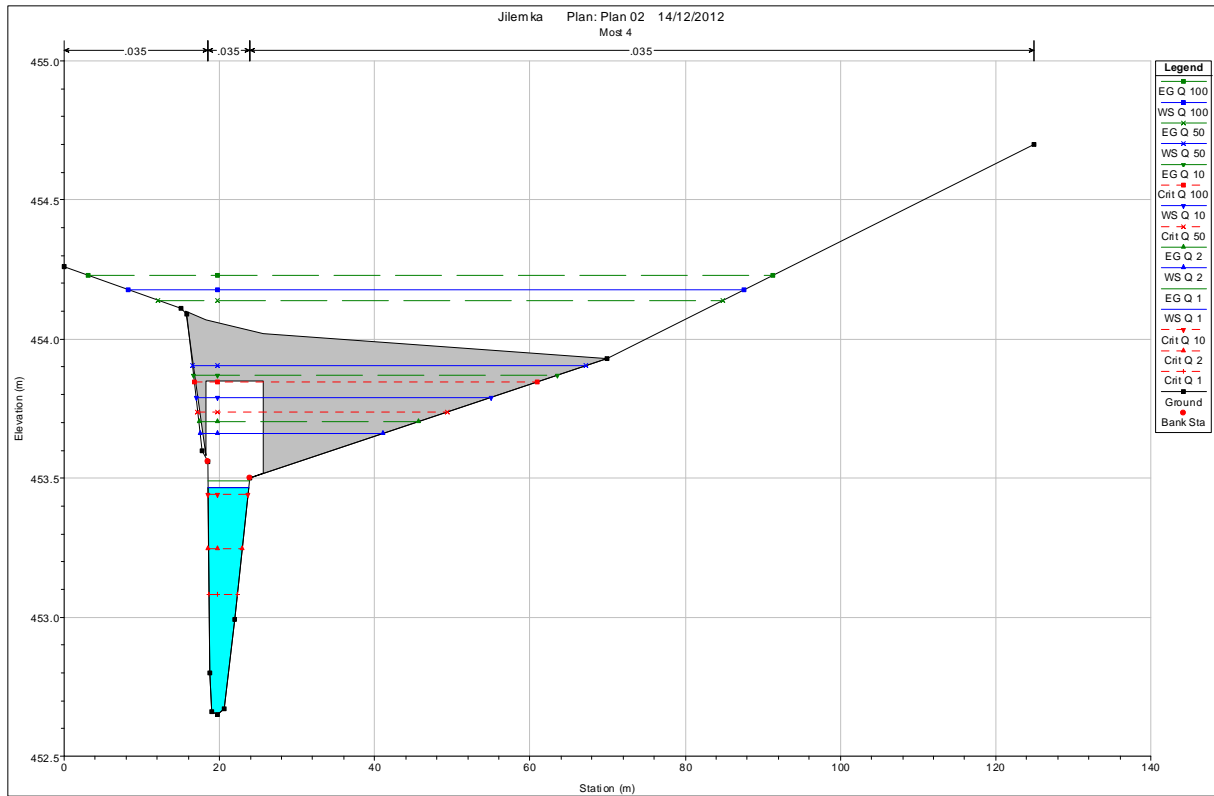
Příl. č. 19: Víceúčelový poldr s přírodě blízkou zátopovou plochou



Příl. č. 20: Podélný profil



Příl. č. 21: Rozliv 100- leté vody v zájmovém území



Příl. č. 22: Příčný profil s vizualizací mostu