

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ
OBOR REGIONÁLNÍ ENVIRONMENTÁLNÍ SPRÁVA



Česká zemědělská univerzita v Praze
**Fakulta životního
prostředí**

HYDROTECHNICKÉ POSOUZENÍ VODNÍHO TOKU DRAHAŇSKÝ POTOK
A VODOHOSPODÁŘSKÝCH OBJEKTŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

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

Diplomant: Závodská Barbora

PRAHA, 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Závodská Barbora

Regionální environmentální správa

Název práce

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahanský potok a vodohospodářských objektů

Anglický název

The hydrotechnical analysis of Drahansky flow and water management structures

Cíle práce

Charakteristika povodí, vodního toku a vodohospodářských objektů

Odvození vstupních parametrů do hydraulického modelu

Sestavení hydraulického modelu

Určení a zakreslení záplavových čar pro průchod N-letých průtoků

Metodika

Úvod

Literární rešerše - problematika povodní, matematických modelů, legislativa

Charakteristika vodního toku a objektů

Odvození hydraulických a hydrologických charakteristik pro sestavení matematického modelu

Sestavení matematického modelu

Výsledky - určení a zakreslení záplavových území na vybrané části vodního toku

Diskuse a závěr

Harmonogram zpracování

Zadání: duben 2012

Odevzdání: duben 2014

Rozsah textové části

Cca 60 stran

Klíčová slova

Průtok, hydraulický model, povodeň, N-letý průtok

Doporučené zdroje informací

BRUNNER W. G.: HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual, 2008.
BALVÍN P. & kol.: Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích, 2009.
BROŽA V., SATRAPA L.: Hydrotechnické stavby, 1992.
KEMEL M., KOLÁŘ V.: Hydrologie, 1980.
KŘOVÁK F.: HEC-RAS stručný manuál, 2004.

Vedoucí práce

Roub Rašek, Ing., Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 7.4.2014

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8.4.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Radka Rouba Ph.D., uvedla jsem všechny literární a ostatní zdroje, ze kterých jsem čerpala a tyto zdroje jsou uvedeny v seznamu literatury a metodice.

V Praze dne 23.4. 2014

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Radku Roubovi Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a za poradenství modelování v programu Hec - Ras.

Dále bych chtěla poděkovat Paní Růženě Chalupkové z ČÚZK v Praze za poskytnutí potřebných mapových podkladů.

Abstrakt

Práce se zabývá hydrotechnickým posouzením vodního toku a objektů, které zasahují do průtočného profilu toku. Ke zpracování hydrotechnického posouzení byl použit program HEC – RAS, verze 4.0. Práce je založena na terénním průzkumu a na získaných informacích poskytnutých Správcem toku Lesy Hl. m. Prahy. Po zadání vstupních údajů byla provedena simulace N-letých průtoků, ze kterých je možné zjistit rozsah potenciálně ohroženého území na vybrané lokalitě.

Práce je rozdělená na více částí. Rešerše obsahuje problematiku povodní a druhy matematických modelů a jejich použití. V další části práce je podrobně popsáno zájmové území a jeho charakteristika přírodních a hydrologických poměrů. V rámci popisu toku jsou detailněji popsány objekty na toku, zasahující do průtočného profilu toku. Další částí je samotné hydrotechnické posouzení toku. Součástí práce jsou mapové výstupy z analytického programu ArcGIS 10 a z programu HEC-RAS. Závěrečnou částí je zhodnocení výsledků.

Klíčová slova: Průtok, povodí, hydraulický model, N- letý průtok, povodeň, N-letý průtok

Abstract

This thesis concerns a hydrotechnical review of the course of water and objects which impact the profile of the watercourse. For the processing of the hydrotechnical review an HEC – RAS version 4.0 program was used. The thesis is based on terrain research and on the information gained which the Administrator of the Prague watercourse provided. After entering the data an N-year flow was performed and the range of the potentially endangered territory in the selected locality was possible to determine.

The thesis is divided into more sections. The research focuses on river basin and issues mathematical models and their use. In the next section the area of interest and the characteristic nature and hydrological ratios are described in detail.

In the framework the watercourse is described in details including the objects which are included in the flow of the watercourse. The next section features hydrotechnical flow research. The part of this thesis maps outputs from the ArcGIS 10 and HEC-RAS analytics program. The last section is an evaluation of the results.

Key words: discharge ,basin, mathematical model, N-year discharge , digital terrain model, maximum

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. CÍLE	10
3. REŠERŠE.....	11
3.1 Povodně	11
3.1.1 Druhy povodní	12
3.1.2 Faktory ovlivňující vznik a průběh povodní	14
3.1.3 Stupně povodňové aktivity.....	15
3.1.4 Povodňové plány	16
3.1.5 Záplavová území	17
3.2 Protipovodňová opatření	17
3.2.1. Technická opatření	18
3.2.2. Přírodě blízká opatření	19
3.3 Matematické modelování	20
3.3.1 Charakteristika vybraných modelů	22
3.4 Obecná charakteristika povodí	29
3.4.1 Klimatické poměry	29
3.4.2 Geometrické charakteristiky povodí	30
3.4.3 Orografické charakteristiky povodí	30
3.4.3 Geologické charakteristiky povodí	31
3.4.4 Vegetační kryt povodí.....	31
3.4.5 Říční síť	32
3.5 Charakteristika objektů na vodním toku	33
3.5.1 Lávky, mostky	33
3.5.2 Propustek	34
3.5.3 Stupeň ve dně.....	34
3.5.4 Zatrubnění	35
4. LEGISLATIVA.....	36
4.1 Související legislativa a normy	36

4.1.2	Zákony a vyhlášky	36
5.	METODIKA	38
5.1	Charakteristika vodního toku a povodí	38
5.2	Odvození vstupních parametrů.....	38
5.3	Sestavení modelu Hec-Ras	42
6.	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	43
6.1	Popis povodí a Drahaňského potoka	43
6.2	Hydrologické charakteristiky	45
6.3.1	Geometrické charakteristiky povodí.....	45
6.3.2	Orografické charakteristiky povodí	45
6.3.3	Geologické charakteristiky povodí	46
6.3.4	Vegetační kryt povodí.....	46
6.3.5	Říční síť	46
7.	HYDROTECHNICKÉ POSOUZENÍ VODNÍHO TOKU – DRAHAŇSKÝ POTOK	47
7.1	Podklady a vstupní veličiny	47
7.2	Základní nastavení.....	47
7.2.1	Schematizace říční sítě.....	49
7.2.2	Zadávání příčných profilů.....	50
7.2.3	Zadávání objektů.....	52
7.2.4	Stanovení okrajových podmínek	53
7.3	Výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění	54
7.4	Prezentace výsledků programu Hec-Ras	54
7.5	Export dat programu Hec - Ras do ArcGIS.....	55
7.6	Výsledky hydrotechnického posouzení	58
8.	DISKUZE.....	60
9.	ZÁVĚR	61
10.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	62
11.	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

1. ÚVOD

Proč je stále téma povodně aktuální? Lidé byli ovlivněni koloběhu vody po tisíce let. V minulosti, hlavním cílem lidského vývoje bylo získání kontroly vody, zajištění spolehlivé dodávky vody a metod pro zvýšení zemědělské výroby. Schopnost, jak dosáhnout těchto cílů rapidně vzrostl a vznikly tak významné změny v koloběhu vody. Dosažením těchto cílů působí převážně na fungování přírodního ekosystému. Rozvoj lidských zdrojů mění přirozené vlastnosti vodních toků po celém světě. Vznikají klimatické a hydrologické změny (Homa a kol. 2013).

Faktor, který výrazně zvyšuje intenzitu výskytu povodní, je právě krajinný ráz a jeho změny. Z důvodu nárůstu počtu obyvatel je zastavováno čím dál tím více přírodní plochy, vznikají městské drenážní systémy, které odvádí povrchové vody z městských oblastí (např. dlážděné ulice, parkoviště, chodníky) během bouřkových událostí. Nadměrné dešťové překročení drenážní kapacity právě způsobuje záplavy, které mohou vést k problémům jako je přerušování provozu, hospodářské ztráty, ale i dopad na lidské zdraví. Zvýšením nepropustného pokryvu půdy vede k většímu plošnému odtoku, k rychlejšímu odtoku a vyššímu maximálnímu průtoku. Stálou problematikou je zlepšit odvodňovací schopnosti a snížit záplavy v rychle urbanizující oblasti. Zlepšení drenážní kapacity závisí na rozšíření a modernizaci stávající dešťové kanalizace. Nicméně, toto bylo prokázáno, jako stále více neudržitelné, nákladné a dokonce nepraktické, zejména v hustě osídlených oblastech (Qin a kol. 2013).

Řízení povodňových rizik je složitý proces, který vyžaduje současně pozornost z hydrologického, hydraulického, geotechnického, environmentálního a ekonomického chování. Ke snížení povodňových škod jsou často využívány právě hydrologické modely (Ahmad, Simonovic 2006).

Hydrologické modely se staly nepostradatelným nástrojem pro studium hydrologických procesů a dopadu moderních antropogenních faktorů na hydrologický systém. Matematické modely, které se řídí zákony pro snahu o zachování hmotnosti a hybnosti, se používají k popisu časových a prostorových změn hydrologického systému v oblasti na základě informací o klimatu, využívání půdy a pokrytí vegetace a hydrologie. Modelování hydrologických procesů na různé přírodní a antropogenní působení má potenciál přispět k pochopení těchto fyzikálních procesů, jako je odtok vody na povrchu a pod povrchem (Yu 2003).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

2. CÍLE

Cílem diplomové práce je zpracování hydrotechnického posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů. Je rozdělena do tří dílčích částí.

V první řadě byla zpracována literární rešerše, zaměřená na povodně, protipovodňová opatření, matematické modelování, obecnou charakteristiku povodí a charakteristiku objektů na vodním toku.

V druhé části jsou stanoveny hydrologické charakteristiky daného povodí a jeho popis. Dále byl vytvořen digitální model terénu a model TIN, který nám podrobně popisuje orografické poměry povodí.

V další části byly stanoveny za pomoci použití programu HEC – RAS průběhy vodních stavů při průchodu jednotlivých průtoků Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} a Q_{100} po celé délce toku. Pomocí vykreslení záplavových čar do mapových podkladů, tato práce nastíní, jak velké území může být zasaženo velkou vodou, které může nastat v období přívalových dešťů, které jsou v současné době mnohem častější než dříve. Součástí práce je také vybraná legislativa.

3. REŠERŠE

3.1 Povodně

Dle § 74 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (dále jen z. č. 254/2001 Sb.), se rozumí povodeň jako fáze hydrologického režimu vodního toku nebo jiné povrchové vody, vyznačující se náhlým a přechodným výrazným zvýšením hladiny, při kterém voda zaplaví území mimo koryto vodního toku a způsobí materiální škody. Povodně jsou také příčinou mimořádných událostí a krizových situací, zapříčiňují i ztráty na životech a rozsáhlé devastace krajiny (z. č. 254/2001 Sb.).

Povodně nazýváme i stavem, kdy voda způsobuje škody tím, že z určitého území dočasně voda neodtéká přirozeným způsobem, dále mohou nastat, pakliže odtok není dostatečný, nebo také při soustředěném odtoku srážkových vod, kdy dochází k zaplavení území (Drbal a kol. 2009).

Povodně jsou nejčastěji způsobeny přírodními jevy, jsou to například dešťové srážky nebo tání sněhu, ale mohou být způsobeny i poruchou vodního díla, které slouží ke vzdouvání a akumulaci povrchových vod, a to pak může vyústit v havárii. Povodně jsou považovány za přírodní procesy, které utvářejí Zemi, i přestože mají velké negativní vlivy na lidské zdraví. Mezi nejúrodnější oblasti patří záplavová území podél potoků a řek (Doswel 2011).

Jejich průběh charakterizuje tvar a objem povodňové vlny, hodnota kulminačního průtoku a také doba trvání povodně. Při jednotlivých povodních a z hodnot kulminačního průtoku se stanoví N -letý průtok Q_N , který je v daném profilu dosažen nebo překročen průměrně jednou za N -let (ČSN 1975).

Doba trvání povodně a její velikost, ale nezávisí pouze na jednom faktoru, ovlivňují ji tvar a velikost povodí, které ovlivňují specifický odtok, kde u většího povodí je specifický odtok nižší a tím je povodeň na hlavním toku menší. Dalším faktorem je intenzita a doba trvání deště, které charakterizují velikost povodňové vlny. Tyto faktory člověk neovlivňuje, ale existuje mnoho faktorů, které právě člověk ovlivnit může a to velmi zásadně, jedná se například o kapacitu, stav a odolnost koryt vodních toků a také velmi důležitým faktorem je způsob a využívání záplavového území (Daňhelová 2004).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

3.1.1 Druhy povodní

Povodně rozlišujeme na několik typů, dle doby výskytu v ročním období, způsobu jejich vzniku a původu.

Podle působení dělíme povodeň na:

- *Přirozená*
- *Zvláštní*

Vznik a vývoj přirozených povodní je vždy vyvolán určitými poměry v atmosféře. Jejich příčinou jsou přírodní vlivy, mezi které patří v zimním a jarním období tání sněhové pokrývky. Společně s dešťovými srážkami způsobují zaplavení území. Nejčastěji se setkáváme s dlouhotrvajícím deštěm menší intenzity a s vysokými srážkovými úhrny. K těmto povodním dochází většinou v letních měsících. V letních měsících také může docházet ke krátkodobým srážkám velké intenzity (z. č. 254/2001 Sb.).

Tyto povodně se také nazývají jako bleskové nebo přívalové povodně, kdy během několika krátkého času, zpravidla několik málo hodin, spadne na území velký objem srážek (Doswel 2011). Přívalové, nebo - li bleskové záplavy se v minulosti objevovaly pouze zřídka, v dnešní době se ale vyskytují častěji. Tyto povodně jsou nejvíce zapříčiněné lidskou činností, která má dopad na pokles lesních ploch, častou urbanizací a na nevhodná zemědělská opatření (Ristič a kol. 2012).

Přirozená povodeň vzniká přírodními jevy a dále se dělí na:

- *Dešťové*
- *Sněhové*
- *Ledové*
- *Smíšené*

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

Dešťová povodeň vzniká z dešťových srážek, sněhová povodeň je zapříčiněna táním sněhu, smíšená povodeň se tvoří vznikem kombinací dešťových srážek a tání sněhu. Ledové povodně jsou zvláštním případem, které jsou způsobeny dočasným zmenšením průtočnosti koryta z důvodu ledových jevů, např. vznikem ledové zácpy. Do tohoto dělení v poslední době byly zařazeny povodně, které vznikají ze specifických příčin, které způsobují rychlé stoupnutí hladiny nebo přímou záplavu, z důvodu neočekávaného zmenšení průtočnosti koryta (Brázdil 2005).

Za povodně zvláštní považujeme povodeň způsobenou umělými vlivy, jsou to situace, které mohou nastat při stavbě nebo provozu vodních děl, zejména při narušení tělesa vzdouvacího vodního díla, poruše hradicích konstrukcí výpustných zařízení vodního díla, nebo vznikají při nouzovém řešení kritických situací z hlediska bezpečnosti vodního díla (Brázdil a kol. 2005), vznikají při porušení především protržením přehrad nebo nefunkčností jezů. Tyto povodně se nevyskytují tak často s porovnáním s povodněmi přirozenými (Patera a kol. 2002).

Povodně dle dob výskytu v ročním období rozdělujeme na:

- *Povodně zimního typu*
- *Povodně letního typu*

Povodně zimního typu

Zimní povodně jsou povodně vyvolané táním sněhu, popřípadě vznikají kombinací tání sněhu s dešťovými srážkami, vyskytují se nejčastěji na podhorských tocích a postupují dále do níže položených úseků větších toků (Vandasová2011).

Povodně letního typu

Letní povodně jsou způsobené několik dní trvajícimi letními srážkami, často se vyskytují v horských oblastech, kde se postupně půda nasatí vodou a není schopna už vodu zadržovat a tím právě vznikají povodně. Tento typ povodně postihuje velké plochy. V letním období se setkáváme i s přívalovými dešti, což

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

jsou deště s krátkodobými srážkami velké intenzity, tyto povodně postihují častěji malá území (Vandasová 2011).

3.1.2 Faktory ovlivňující vznik a průběh povodní

Vznik a průběh povodně je ovlivňován několika faktory. Mezi ty nejdůležitější faktory můžeme zařadit tzv. faktory předběžné a příčinné, ty se dále řadí mezi meteorologické a hydrologické. Povodně jsou dále také podmíněny fyzicko - geografickými a antropogenními faktory v povodí. Jejich komplexním působením jsou povodně výsledkem.

Mezi fyzicko-geografické faktory patří některé charakteristiky povodí, jako je nadmořská výška a délka toku, plocha a tvar povodí nebo sklon terénu. Některé faktory působí během roku proměnlivě, jako příklad můžeme uvést vegetační pokryv. Ve vodním toku je důležitá průtočnost koryta, která je daná morfometrickými charakteristikami (sklon, hloubka, šířka, zakřivení, břehová a doprovodná vegetace), ale i o průtočnost inundačního území (Brázdil a kol. 2005).

Před vznikem povodně předběžné meteorologické faktory působí několik dnů až měsíců. Patří sem především výška sněhové pokrývky, nenasycenost povodí, promrznutí půdy apod.

Před vznikem povodně příčinné tyto meteorologické faktory působí pouze několik hodin, mezi ně zařadíme např. vysoké teploty vzduchu, přívalové nebo trvalé srážky nebo rychlost větru, která ovlivňuje rychlost tání sněhové pokrývky. Před začátkem povodně na působení hydrologických faktorů má velký vliv nasyčenost koryta vodního toku. Mezi hydrologické faktory patří retenční schopnost prostředí, odtokové poměry a koncentrace odtoku (Brázdil a kol. 2005).

Mezi důležitým faktorem ovlivňující povodně, jsou faktory antropogenní. Jsou způsobeny hospodařením a přístupem člověka ke krajině, jedná se například o napřimování řek neboli o zkrácení říční sítě. Díky napřimování koryt toků se zrychluje průtok vody a nárůst působení povodňové vlny. Povrchová voda z krajiny rychleji odtéká a v nižších polohách způsobuje ničivou povodeň. Změny ve funkčním využití krajiny ovlivňují odtokový proces v jeho různých fázích, dále také mohou ovlivňovat i průběh extrémních událostí. Zejména vlastní funkční využití území, charakter, intenzita a dynamika změn ve využití území a prostorová

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

struktura krajinného krytu hraje důležitou roli na odtokový proces z hlediska vlivu (Langhammer 2012).

Nejvýznamnější faktory, ovlivňující odtokový proces z pohledu krajinných změn, představují:

- *intenzivní zemědělství*
- *urbanizaci a industrializaci*
- *odlesnění krajiny*
- *změny kvality vegetačního krytu*
- *změny ve struktuře krajinných prvků*

(Langhammer 2012).

3.1.3 Stupně povodňové aktivity

Povodeň se vyhlásí v době, kdy nastane druhý nebo třetí stupeň povodňové aktivity a nastává konec třetího stupně povodňové aktivity.

Stupeň povodňové aktivity dle § 70 zákona č. 254/2001 Sb. představuje míru povodňového nebezpečí, která je vázaná na směrodatné limity, kterými jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích, dále to mohou být také kritické nebo mezní hodnoty jiného jevu uvedené v příslušném povodňovém plánu (z. č. 254/2001 Sb.).

Jednotlivé stupně povodňové aktivity (SPA) rozlišujeme na:

- **1.SPA** – stav bdělosti

Tento stupeň je vyhlášen, v době nebezpečí přirozené povodně a zaniká ve chvíli, kdy pomínou příčiny tohoto nebezpečí. Nastává i v momentě, kdy je vydána výstražná informace povodňové služby. Při stavu bdělosti se aktivuje hlásná služba a větší pozornosti se věnuje vodnímu toku nebo jinému zdroji nebezpečí.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

- **2.SPA – stav pohotovosti**

V době, kdy nebezpečí přeroste v povodeň, se vyhláší stav pohotovosti. Dochází k rozliti koryt, které ale ještě nezpůsobí velkou škodu na majetku a neohrožují na lidských životech. K rozliti koryt dochází především v údolní nivě, škody nebývají tak rozsáhlé, poškozeno je jen koryto toku nebo těsné okolí. Provádí se opatření taková, která by zmírnila průběh povodňové vlny.

- **3.SPA – stav ohrožení**

Stav ohrožení se hlásí při nebezpečí vzniku velkého rozsahu škod, ohrožení lidských životů nebo majetku v záplavovém území. Při této aktivitě nastává bezprostřední nebezpečí. Jsou zaplavována města a obce a zřizují se protipovodňová opatření. Povodňové orgány jsou povinni informovat subjekty, které jsou uvedeny v povodňovém plánu a vyšší stupně povodňových orgánů.

(Novák, Novák 2011).

3.1.4 Povodňové plány

Povodňové plány jsou důležité dokumenty, které zahrnují prostředek zajištění včasné a spolehlivé informace o vývoji povodní, možnosti, jak ovlivnit odtokový režim, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací. Dále obsahují jak zajistit včasné aktivizace povodňových orgánů, zabezpečení hlášené a hlídkové služby a ochrany objektů. Mají na starost organizace záchranných prací a jejich přípravy, stanovení limitu stupně povodňové aktivity a také zajištění povodní narušených základních funkcí v objektech a v území. Povodňové plány zhotovují orgány obcí, v jejichž územních obvodech může dojít k povodni (z. č. 254/2001 Sb.).

Obsah povodňových plánů se dělí na:

a) *věcnou část* - která zahrnuje údaje potřebné pro zajištění ochrany před povodněmi územního celku, obce, povodí nebo jiného určitého objektu, směrodatné limity pro vyhlášení stupňů povodňové aktivity,

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

b) *organizační část*- která obsahuje jmenné seznamy, adresy a způsob spojení účastníků ochrany před povodněmi, ochrany před povodněmi včetně organizace hlásné, hlídkové služby a úkoly pro jednotlivé účastníky,

c) *grafickou část* - která obsahuje zpravidla plány nebo mapy, na kterých jsou zakresleny zejména evakuační trasy, záplavová území a místa soustředění hlásné profily, informační místa

(z. č. 254/2001 Sb.).

3.1.5 Záplavová území

Dle §71 vodního zákona se záplavová území rozumí jako administrativně určená území, která při výskytu přirozené povodně mohou být zaplavená vodou. Na základě návrhu správce vodního toku jejich rozsah stanoví vodoprávní úřad. Vodoprávní úřad zadává správci vodního toku povinnost zpracovat a předložit takový návrh v souladu s plány oblasti povodí a s plány hlavních povodí.

Podle územně plánovací dokumentace v zastavěných územích, případně podle potřeby v dalších územích, podle nebezpečnosti povodňových průtoků vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku stanoví aktivní zónu záplavového území. Rozsah a způsob zpracovávání návrhu záplavových území a jejich stanovení je dáno vyhláškou Ministerstva životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí zajišťuje podle podkladů správců vodních toků vedení dokumentace o stanovených záplavových územích na území České republiky, dále zabezpečuje jejich evidenci v informačním systému veřejné správy. Záplavová území jsou nejčastěji stanovena pro průtoky s periodicitou opakování 5, 20 a 100let (z. č. 254/2001 Sb.).

3.2 Protipovodňová opatření

Protipovodňová opatření na území je velmi důležitou součástí komplexních ochranných opatření. Hlavními cíli jsou retence v krajině a zvyšování akumulace, protipovodňová ochrana ohroženého území také a protierozní ochrana půdního

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

fondů. Jmenovaná opatření jsou navzájem provázána a vedou k zachování ekologické stability krajiny (Hrádek, Kuřík 2003).

Protipovodňová opatření rozdělujeme na opatření přírodě blízká a technická. Za neoptimálnější protipovodňové opatření, jak ukázaly zkušenosti nejen v České republice, se považuje kombinace těchto dvou opatření (MMR 2011).

Jedno z nejdůležitějších opatření se považuje prevence, kde její realizaci obstarává stát, regiony, okresy, obce, ale také i vlastníci nemovitostí. Při realizaci se klade důraz na její propojení v celém území nebo- li v celém povodí. Ochrana by měla být kombinací opatření, která zvyšují akumulaci, změnu rychlosti vody, jde o retardaci vody a technických zásahů, které právě mohou průtoky ovlivnit. Při návrhu těchto opatření se doporučuje použití matematických modelů (MŽP 2000).

Díky úpravám na toku se zajišťuje zvyšování retence, dále se zlepšují podmínky pro život vodních organismů, zvyšuje se samočisticí schopnost toku a zkvalitňuje se protipovodňová ochrana (Slavíková a kol. 2007).

3.2.1. Technická opatření

Technická opatření mají za hlavní funkci zmírnit účinky povodně snížením kulminačních průtoků a zachycením částečného objemu. Ke zpomalení odtoku a akumulaci vody v území slouží systémová opatření, která také kladně ovlivňují míru ochrany na určitém úseku toku a nezhoršují situaci v níže situovaných částech. Jejich realizaci má na starost stát. S výstavbou těchto vodohospodářských opatření jsou vázány na následné provozní náklady sloužící k jejich udržování k bezpečnému provozu (Mana a kol. 2008).

Mezi preventivní technická opatření zařazujeme pozemkové úpravy s návrhem vodohospodářských opatření, údržba stávajícího odvodnění, vodních toků, břehových porostů, budování protierozních vsakovacích a odlehčovacích nádrží, regulace odtoku vody z povodí, vhodné trasování liniových staveb, zajištění a minimalizace výskytu odplavitelných materiálů, budování údolních nádrží se stanoveným manipulačním řádem, výstavba a obnova malých vodních nádrží a rybníků, výstavba a následná údržba poldrů a regulace a stabilizace toků v inundačním území. Především se jedná o poldry, retenční přehrážky, o malé vodní nádrže s retenčním objemem a ochranné hráze. Malé vodní nádrže mají menší

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

významnou retenční schopnost a především sloužit k zachycení malých povodňových průtoků, transformaci povodňové vlny a tím k získání času k přípravě ochrany lidí a majetku (MMR 2011).

Dalším a velmi důležitým technickým opatřením je úprava koryta vodního toku, zvláště zajištění stability a zvyšování jejich průtočné kapacity. Úkolem úprav v rámci protipovodňové ochrany je zajištění odvedení vody při zvýšených průtocích a tím zabezpečení okolních pozemků a staveb. U drobných vodních toků v zemědělské krajině je kapacita koryta navrhována na průtoky Q_2 v městské zástavbě a při ochraně důležitých objektů se navrhuje kapacita koryta až po největší stupeň ochrany při Q_{100} . V zastavěných plochách menších obcí jsou úpravy toků navrhována na průtok Q_{20} až Q_{50} (Sobota 2007).

V zastavěných plochách se používají jako protipovodňová ochrana mobilní stěny. Výhodou je snadná a rychlá instalace, mají dlouhou životnost a nenarušují vzhled obce. Tyto stěny se vyrábějí ze slitin hliníku, či ocele. Jsou sestaveny z hradidel, vzpěr a mobilních sloupků (MMR 2011).

3.2.2. Přírodě blízká opatření

Velmi důležitou podstatou je snaha o vytvoření prostorové rovnováhy mezi urbanizací území a hospodářským rozvojem a na druhé straně potřebou využít toto území ke zpomalení odtoku a akumulaci vody. Při budování protipovodňových opatření je nezbytné sledovat dopad na životní prostředí. Mezi tyto opatření, blízké přírodě, řadíme změny ve strukturách krajiny prováděné za účelem zachycení vody v povodí a zpomalení jejího odtoku, využívání pozemků, změny rostlinného pokryvu, zatravnování a zalesňování břehů a přirozených inundací a také tvorbu protierozních mezí a vegetačních pásů (MŽP 2000).

Jako příklad k akumulaci vody v krajině a ke zvýšení retence můžeme uvést vhodnou druhovou skladbu lesů s vyšším procentem listnatých dřevin, širší věkovou skladbu lesů, usměrňování zemědělské činnosti v krajině a omezení zemědělské činnosti v aktivní zóně záplavového území (MMR, 2011).

Především na malých až středních tocích lze kulminační průtoky alespoň částečně omezit za pomoci opatření, sloužící k akumulační schopnosti krajiny a zachování a obnově retence. Je důležité udržovat a vhodně využívat přirozená

inundační území, která umožní rozlítí vody do okolí při povodňových situacích. Voda, která se zachycuje a poté infiltruje do půdního profilu je přínosem pro hospodaření v přírodě, což pro nás znamená snížení nebezpečí povodňových situací (Mana a kol. 2008).

Způsob zemědělského hospodaření a osevního postupu jsou účelné, ale především záleží na zemědělcích a otázkou je dodržování těchto prevencí. Mezi nejúčinnější protierozním opatřeními patří zatravnění a zalesnění. Přírodě blízká protipovodňová opatření se často řeší až po komplexních pozemkových úpravách, při kterých jsou vyčleněny pozemky na opatření, která odtok snižují (Čamrová, Hromádka 2007).

3.3 Matematické modelování

Účelem matematického modelování hydrologických procesů je vyjádření časové a někdy i prostorové závislosti daných veličin, charakterizující hydrologický režim modelovaného povodí, nebo jeho částí. Matematický model srážko-odtokového procesu si můžeme představit jako zjednodušenou představu složitějšího hydrologického systému se vzájemně navazujícími vazbami mezi proměnnými veličinami. Hydrologický systém je určen jako systém fyzikálních, biologických a chemických procesů, které působí na vstupní proměnné za účelem jejich transformace ve výstupní proměnné. Charakterizující pro hydrologické procesy jsou okamžité hodnoty výstupu, což jsou například průtoky a změny vlhkostí půdy, závislé na okamžitých hodnotách vstupů, ale také i na okamžitém stavu systému, který je výsledkem předchozích hydrologických procesů. Proměnné veličiny třídíme na vstupní, výstupní a vnitřní a jsou vzájemně závislé (Kovář 1990).

Hydrodynamické modelování a ekonomická analýza nástroje hrají důležitou roli ve fázi ke snížení povodňových škod. Budoucnost obyvatel a ekonomické aktivity jsou také důležité při analýze dlouhodobých dopadů a rozhodující pro řízení povodňových rizik. Druhá fáze řízení povodňových rizik, tzv. povodňové řízení, zahrnuje předvídaní povodní a pravidelnou aktualizaci prognóz. Časté hodnocení současné povodňové situace a provoz protipovodňové ochrany jsou v této fázi důležité. Řízení povodňových rizik je složitý proces, který vyžaduje současně

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

pozornost z hydrologického, hydraulického, geotechnického, environmentálního a ekonomického chování (Ahmad, Simonovic 2006).

Matematické modelování fyzikálních procesů je cenným nástrojem pro pochopení jejich systémového chování a interakce mezi jednotlivých složek. Praktické řešení pro matematické modely je požadovat zjednodušené zavedení souboru. Přírodní jevy, mají velikou rozmanitost, proto obecně není jednoduché model sestavit. V závislosti na příslušnou hypotézu, může jeden daný model být vhodný pro určité situace, ale v jiných podmínkách být vhodný nemusí. S ohledem na rozdílnost městského odvodnění, je důležité, aby model byl schopen simulovat různé hydraulické struktury, jako jezu, otvory, čerpadla, lamelové brány, atd. (Yu 2003).

Při návrhu protipovodňového opatření se používá modelování různé techniky. Na modelu se dají vytvořit různé povodňové situace, které ještě nenastaly. Mezi základní modelování řadíme numerické a technické. U modelování můžeme protipovodňová opatření navrhnout v různých situacích a podle potřeby návrh upravit (Valenta 2002).

K detailnímu popisu průchodu povodňové vlny a jejímu předvídání se v dnešní době používají různé typy matematických modelů (Valentová, Valenta 2006). Matematický model reprezentuje vyčíslitelné převedení sledovaných vstupů na hledané výstupy prostřednictvím soustavy rovnic (Clarke 1973). Z důvodu řešení parciálních diferenciálních rovnic, jimiž jsou popsány hydrologické a hydraulické děje, založený na analýze, bylo matematické modelování v hydrologii a hydraulice vázáno převážně na teoretickou rovinu až do roku 1950. Po roce 1950 nastává obrat v matematickém modelování a objevuje se nový vědní obor - hydroinformatika, která především podporuje využití metod numerické matematiky (Abbott 1991).

Dalším výrazným pokrokem ve vývoji matematického modelování přichází s rozvojem informačních technologií a výpočetní techniky (Jeníček 2005).

V dnešní době se hydrologické a hydraulické modely velmi využívají. Velkou výhodou je souhrnný popis daného hydrologického či hydraulického jevu, jehož pozorování by bylo velmi obtížné až nemožné. Díky hydrologických a hydraulických modelů dostáváme informace o chování předpokládaného srážko-odtokového, hydrologického, či hydraulického procesu (Daňhelka a kol. 2003).

3.3.1 Charakteristika vybraných modelů

Hydrologické modely se liší podle zadávání vstupních parametrů, které jsou dány vlastnostmi povodí, jedná se o svah, drsnost povrchu, srážky, délku a šířku erodovatelnosti, orné půdy a infiltrace (Krajewski a kol. 1991).

Pro zadávání vstupních parametrů jsou důležité hydrologické aspekty, které jsou nezbytné pro stanovení maximálních průtoků nebo návrhu hydrogramu, dále to závisí na typu studie, která bude provedena. Zaměření hydrologického modelování povodní je zastupován srážko-odtokovou transformací. Často je také nutné určit návrh srážky, jako základní vstupní parametr, který se v tomto procesu požaduje. Výběr vhodného postupu závisí na fyzikálních vlastnostech povodí a také na dostupné údaje a studijní cíle. Zastoupení hydrologického cyklu nebo jeho části, je základem technických hydrologických metod, některé součásti tohoto cyklu jsou zanedbané, například odpařování, což je pomalý proces a nemá zásadní vliv na povodňové hydrogramy, nebo - li čáry průtoků a nejdůležitějšími jevy jsou právě srážky, infiltrace a povrchový odtok (Miguez, Canedo de Magalhaes 2010).

DesQ-MaxQ

Tento model se používá pro výpočet maximálního průtoku z povodí, které můžeme schematizovat jednou odtokovou plochou, což je svah, nebo modelovaným povodí ve tvaru “otevřené knihy”, bez zohlednění rozvinuté hydrografické sítě povodí. Model umožňuje:

- výpočet maximálních N -letých průtoků a objemu povodňových vln, vyvolaných přívalovým deštěm “kritické” doby trvání
- výpočet maximálních průtoků a objemu povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání, příslušné náhradní intenzity
- výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání a intenzity
- odvození tvaru povodňových vln (časové řady)

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

- *výpočet charakteristik hydrogramů ovlivněných antropogenní činností v povodí*

(Hrádek, Kuřík 2001).

HEC- HMS

Hydrologický model HEC-HMS byl vyvinut americkým armádním sborem inženýrů U. S. Army Corps of Engineers, je používán pro simulaci srážko-odtokových procesů dendritických povodí systémů. Je navržen pro použití v širokém rozsahu zeměpisných oblastí, k řešení co nejširší škály problémů. Hydrogramy, vyrobené v rámci programu, se používají přímo nebo ve spojení s jiným software pro studium dostupnosti vody, předpovědi průtoku, městské kanalizace, budoucích dopadů urbanizace, snížení povodňových škod a provozních systémů (Mazzoli, Pistocchi 2002).

Projekt srážko-odtokového modelu se skládá z kontrolních specifikací simulace a z meteorologického modelu povodí (distribuce hydrometeorologických dat na schematizovaném povodí). Pro stanovení maximálních odtoků z povodí model užívá několik metod. Nejpoužívanější metodou je určení odtoku podle čísel odtokových CN křivek a další metodou jednotkový hydrogram. Výhody tohoto modelu je možnost kombinace těchto metod v rámci jednoho povodí a je volně dostupný na internetu (Hejduk 2010).

Tato metoda není vhodná pro modelování delší srážkové události, například podzim, tento typ dešťové události je charakterizován delší dobu a nižší intenzitou, než letní typ srážkové události (Cunderlik, Simonovic 2004).

HEC-RAS

HEC-RAS je výkonný nástroj pro provádění jedno-dimenzionální hydraulické výpočty pro plné sítě přírodních a umělých kanálů, poskytuje vstupní a výstupní informace v tabulkové a grafické formáty (DALY, VUYOVICH 2003).

HEC-RAS je integrovaný systém software, který modeluje hydrauliku proudění vody pomocí přírodních řek a dalších kanálů. Systém je tvořen z grafického uživatelského rozhraní (GUI), samostatných hydraulických složek, ukládání dat a schopnosti řízení. Systém obsahuje tři jednorozměrné hydraulické analýzy součásti pro:

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

- *stabilní průtok vody, výpočty plochy profilu,*
- *nestacionární proudění, simulace,*
- *pohyblivé hranice, výpočty transport sedimentů.*

(HEC 2003)

Klíčovým prvkem je vlastnost všech tří složek, které používají společná geometrická data a společné geometrické a hydraulické výpočtové postupy. Kromě těchto tří hydraulických analyzovaných složek, dále systém obsahuje několik hydraulických konstrukčních prvků. Hydraulické výpočty pro průřezy mostů, propustků a další hydraulické struktury, které byly vyvinuty pro stabilní součást toku, a byly začleněny do neustáleného proudění (Brunner 2008).

Další funkcí systému HEC-RAS je umožnění simulovat kanály s ledovci o známé tloušťce a drsnosti. Dokáže také simulovat uvíznutí ledu v řece úpravou tloušťky a drsnosti (Daly, Vuyovich 2003).

Podstatnou výhodou modelu HEC-RAS je umožnění přístupu k navázání spojení s ArcView GIS, která zprostředkovává lepší vizualizaci a analýzu vstupních údajů (Tate, Maidment 1999).

HYDROCHECK

Program Hydrocheck řeší základní úlohy ustáleného nerovnoměrného proudění v otevřených korytech, včetně objektů, dále se zabývá, například stanovením aktivní zóny nebo průběhy svislicových rychlostí.

Program je ve spolupráci s podnikem Povodí Ohře, byl vyvinut od roku 1990 a od roku 1991 je v komerčním prodeji. Program je zaměřen na českou legislativu, především při hodnocení aktivních zón, nebo při zpracování výkresové dokumentace. Program umožňuje práci s tratí v situaci, do které je možné připojit rastrový i vektorový mapový podklad. Při importu je možné například načíst všechny zaměřené body do mapy a teprve v programu z nich výběrem vytvářet příčné profily.

Dále zpracovává importovaná data z libovolných formátů textových a databázových podkladů, je možné načtení více souborů najednou průběžné doplnění informací, např.: přidat staničení k dříve načteným profilům. U výstupních dat lze uživatelsky plně modifikovat a vytvářet různé tabulkové sestavy (Hydrosoft 2014).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

MIKE 11

MIKE 11 prezentuje plně dynamický, jednorozměrný matematický model, který slouží k napodobování dějů a procesů jako jsou proudění a kvalita vody, pohyb splavenin v otevřených korytech a inundačních územích, dále k modelování srážko-odtokových jevů. Nástroj se používá v oblastech vývoje kvality vody, protipovodňové ochrany a řízení vodohospodářských objektů (DHI 2003). Hlavní charakteristikou modelovacího systému MIKE 11 je integrovaná modulární struktura s různými přídavnými moduly, které simulují jednotlivé procesy spojené s říčním systémem. MIKE 11 obsahuje přídavné moduly pro:

- *HD*
- *hydrologii*
- *advekci-disperzi*
- *modely pro různé aspekty kvality vody*
- *transport zpevněných sedimentů*
- *transport nezpevněných sedimentů*

(DHI, 2003).

Hlavní jednotkou modelovacího systému MIKE 11 je hydrodynamický modul HD, který tvoří základy pro další modelování. MIKE 11 HD modul řeší zachování hybnosti a vertikálně integrované rovnice kontinuity nebo-li Saint Venantovy rovnice (DHI, 2003).

MIKE 11 poskytuje velké množství výstupů, animované prezentace výsledků v různých typech, grafy v podobě časových řad, synchronizované animace výsledků a prezentace externích časových řad, dále jsou to barevné grafiky pro systémová data a výsledky. Software umožňuje export výsledných tabulek či prezentačních grafik do jiných aplikací, ať už tabulkových nebo textových. MIKE 11 je pouze komerčně šířitelný (DHI, 2003).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

MIKE-SHE

Srážko-odtokový model MIKE-SHE je hydrodynamický koncepční distribuovaný model, případně semi-distribuovaný model navržený dánskou firmou DHI (Danish Hydraulic Institute). Jedná se o vypracovaný model, který dokáže s vazbou na GIS řešit velké množství hydrologických úkolů (Jeníček 2005).

Užívá se pro různé analýzy, plánování a řízení, posuzování vzájemných interakcí mezi povrchovou a podzemní vodou, řešení zásadních technických zásahů v povodí a řešení environmentálních a ekologických problémů spojených s povrchovou i podzemní vodou, jako jsou ekologická hodnocení, posuzování dopadů na životní prostředí, kontaminace z odstraňování odpadů, vliv využití území a klimatické změny, zavlažování a odvodňování, řízení a obnova mokřadů a také analýzy v oblasti vodních zdrojů (Graham, Butts 2005).

Model se skládá z několika komponent, které počítají objem a distribuci vody v jednotlivých fázích odtokového procesu. Hlavními komponenty modelu jsou:

- *srážky (dešťové i sněhové)*
- *evaporace včetně intercepce*
- *povrchový odtok z povodí*
- *odtok v korytě*
- *podpovrchový odtok v nenasycené zóně půdního profilu*
- *podzemní odtok*

(Jeníček 2005).

Výhodou tohoto modelu je také vazba na další softwarové prostředky, jedná se především o nadstavby softwaru ArcView 3.x a ArcGIS 9.1, které byly pro model vyvinuty ve spolupráci se společností zabývající se vývojem softwaru určeného pro práci s geografickými informačními systémy - ESRI. DaisyGIS je koncepční

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

jednorozměrným modelem fungujícím jako nadstavba ArcView 3.x., umožňuje popisovat všechny důležité procesy, které se vážou na zemědělský ekosystém, např. transport vody, tepla či živin. Geomodel je nadstavbou softwaru ArcGIS 9.1, který slouží pro interpretaci geologických podkladů a tvorbu geologických modelů. MIKE-SHE je pouze komerčně šiřitelný (Jeníček, 2005).

NASIM

NASIM (Niederschlag-Abfluss Simulation Modell) patří mezi srážko-odtokové modely, byl vyvinut od počátku 80. let jako nástroj pro podporu hydrologů a ekologů při plánování nejrůznějších vodohospodářských systémů a také jako součást, která je využívána pro hydrologickou předpověď německou firmou Hydrotec GmbH. Řadí se do skupiny koncepčních deterministických modelů, využívající semi-distribuovaný přístup proměnných veličin a dělení parametrů. Dále umožňuje zařadit i náhodnou složku, pomocí produktu Kludon, která se především používá při dlouhodobých předpovědích nebo při plánování vodohospodářských staveb.

NASIM je v současné době nejvíce využíván ministerstvem životního prostředí ve spolkové zemi Nordrhein-Westfalen, také se používá v celém Německu pro projekty aplikovaného výzkumu v různých institucích a univerzitách. V České republice se modelu věnoval např. RNDr. Michal Jeníček, Ph.D. (Jeníček 2005).

Hlavní komponenty srážko-odtokového modelu představují:

- *generování srážek*
- *prostorová distribuce srážek*
- *separace složek odtokového procesu*
- *koncentrace odtoku*
- *pohyb a transformace vlny v korytě*

(Jeníček 2005).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

V tomto modelu je také možné zpracovat některé podklady v programech pracujících s prostorovými daty. I zde se využívá produkt firmy ESRI – ArcView 3.x, ve kterém vzniklo několik nadstaveb. Jedno z nejdůležitějších rozšíření je umožnění vytvořit na podkladech DMT- digitálního modelu terénu časoprostorovou funkci. Jejím výsledkem jsou mimo jiné směry odtoku, akumulace vody a rychlosti proudění, spočítané pro každé pole, jehož velikost vychází z použitého modelu terénu. Dalšími nadstavbami jsou „NASIM-Verschneidung“, které zpracovávají základní charakteristiky povodí, jako je např. hranice povodí. K modelu byl dále vytvořen program Time-View, ten pracuje se vstupními i výslednými časovými řadami (Jeníček 2005).

SAC – SMA (SACRAMENTO)

Sacramento - Soil Moisture Accounting představuje srážko-odtokový model, který je součástí knihovny modelovacích technik systému NWSRFS (National Weather Service River Forecast System), vznikl v 70. letech národní meteorologickou službou (NWS) v USA. Je založen na vlastnostech půdní vlhkosti. V České republice je tento model součástí knihovny modelovacích technik předpovědního systému Aqualog (Jeníček 2005).

Tento systému obsahuje řadu vzájemně zastupitelných modelovacích technik, jedná se například o modely znečištění v toku, modely transformace průtoku v říční síti modely tání a vytváření sněhové pokrývky a modely srážko-odtokových vztahů. Hydrologické předpovědi v ČR zajišťuje Český hydrometeorologický ústav - ČHMÚ ve spolupráci se správami povodí. Současná předpovědní verze tohoto modelu se užívá v rozčleněné říční síti Berounky, Labe, Ohře, Vltavy, Sázavy a Jizery ve 20 úsecích. Pro povodí Orlice se podařilo parametry modelu určovat a předpovídat s předstihem 24–48 hodin. Předpovědní modely po ověření v jednotlivých povodích se v blízké budoucnosti budou postupně vyčleňovány do širšího systému AQUALOG pro střední a dolní Labe. Systém AQUALOG byl odvozen ve spolupráci ČZÚ, ČHMÚ a AquaLogic Consulting Praha (Fošumpaur a kol. 2002).

Hlavními komponenty modelu jsou:

- *Evapotranspirace*
- *Vázaná (kapilárně vázaná) voda*

- *Volná voda*
- *Povrchový odtok*
- *Horizontální odtok*
- *Vertikální odtok – perkolace*

Srážko-odtokový model běžně bývá součástí větších předpovědních systémů. Celý systém pracuje společně s celou řadou programových prostředků od napojení na systémy automatického sběru dat, přes jejich databázové zpracování, v Aqualogu k tomu slouží databáze Aquabase, až po varovné systémy protipovodňové ochrany (Jeníček 2005).

3.4 Obecná charakteristika povodí

3.4.1 Klimatické poměry

Klimatické poměry konkrétního území jsou charakterizovány režimem počasí, které vyhrazuje cirkulace atmosféry, energetická bilance, charakter aktivního povrchu a v dnešní době také vliv antropogenní činnosti, která se svojí činností podílí přímo či nepřímo především na změnách energetické bilance celého klimatického systému. Nemluvíme pouze o emise skleníkových plynů do atmosféry, ale i o působení na další složky systému – biosféru, kryosféru, litosféru a oceán. Právě teplota, která je se změnami energetické bilance systému velmi úzce spjata, je nejvýznamnějším indikátorem probíhajících změn.

Pražské území se nachází mezi oblastí mírně teplou, suchou s mírnou zimou a oblastí mírně teplou, suchou, převážně s mírnou zimou. Klima v Praze je dále ovlivněno takzvaným tepelným ostrovem velkoměsta, například v centru města je průměrná teplota vzduchu při stejné nadmořské výšce o 1 °C vyšší než ve volné krajině. Způsobují to menší ztráty při výparu v důsledku urbanizace aktivního povrchu, kde se výrazně vyskytují zpevněné plochy nad přirozeným povrchem s vegetací a kde převážná část dešťových srážek ihned odtéká do kanalizace a dále

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

velkou koncentrací tepelných zdrojů. Dlouhodobý roční průměr teploty vzduchu naměřený v letech 1951–1990, se v centru Prahy pohybuje od 9,9 °C a v nejvyšších polohách na okrajích města, v Ruzyni do 7,9 °C (UAP 2012).

3.4.2 Geometrické charakteristiky povodí

Plocha povodí F

Je jedna ze základních charakteristik povodí. Jedná se o plochu půdorysného řezu povodí do vodorovné roviny. Nejčastěji se vyjadřuje v [km²]. Dříve se plocha povodí stanovovala planimetrováním z map, v dnešní době je tento způsob nahrazen určením pomocí GIS softwarů. V některých případech se doporučuje, převážně u malých povodí, testování vykreslené rozvodnice vlastní terénní pochůzkou, rozvodnice zjištěná z mapových podkladů je často nepřesná od skutečnosti, z příčiny umělých zásahů do povodí (Hrádek, Kuřík 2008).

3.4.3 Orografické charakteristiky povodí

Zeměpisná poloha

Je stanovena zeměpisnými souřadnicemi, kde se povodí vyskytuje. Poloha povodí bývá určena vzhledem k významným geomorfologickým útvarům, mezi které patří např. horské masívy. Klimatické poměry na povodí vyplývají ze zeměpisné polohy, které mají vliv na hydrologické poměry (Kemel 2000).

Orografické poměry

Výškové a sklonové poměry povodí tvoří právě orografické poměry. Mají vliv na klimatické a meteorologické vlastnosti (např. teplota vzduchu, srážky, vlhkost vzduchu). Sklonové poměry povodí mají také vliv na rychlost vody stékající do hlavního toku a dále stékající do uzavírajícího profilu povodí. Stanovují se za pomoci topografických map. Do orografických poměrů patří nejvyšší kóty v povodí, nadmožská výška nebo uzavírající profilu povodí (Hrádek, Kuřík 2008).

3.4.3 Geologické charakteristiky povodí

Výrazně ovlivňující rozdělení odtoků ze srážek na odtok podpovrchový a odtok povrchový. To jsou právě geologické a půdní poměry povodí. V oblastech, kde jsou dobře propustné horniny, povodňové průtoky v tocích se snižují, kdy voda při vydatných deštích se více vsakuje do spodních horizontů. Geologické charakteristiky povodí mají vliv též na vlastnosti půd, které se tvoří zvětráváním povrchových hornin. Kromě propustnosti hornin je z hlediska rychlosti pronikání vody do spodních vrstev významný též způsob uložení těchto vrstev. O množství prosakující vody horninami jsou důležité i půdní vlastnosti (propustnost a vlhkost půdy, půdní druh nebo struktura vrchního horizontu). Rychlejší vsakování srážkové vody umožňují půdy s drobtovitou strukturou. Geologické poměry povodí jsou důležité především z úrovně hladiny podzemní vody a z hlediska celkové zásoby vody. Tyto poměry jsou nejčastěji zkoumány na velkých povodích, kde má odtok podzemní vody především význam při hydrologické bilanci. Stanovují se průzkumem nebo z podrobných geologických map. Půdní charakteristiky mají největší význam na intenzitu a velikost infiltrace. Půdní poměry stanoví rozdělení odtoku na odtok povrchový a podpovrchový (Hrádek, Kuřík 2008).

3.4.4 Vegetační kryt povodí

Vegetace povodí zachytí určité množství srážek, ovlivňuje evapotranspiraci, což je výpar z půdy a rostlin a svým charakterem má vliv i jakou rychlostí voda stéká po svazích povodí, jedná se o plošný odtok. Zastoupení a umístění zalesněných ploch, plochy polí a luk, zastavěné území se zjišťují z topografických, fenologických a lesnických map. Zastoupení vegetačního krytu na celou plochu povodí se nejčastěji vyjadřuje v %. Lesní porost v povodí reguluje zpravidla příznivě povrchový odtok, především však záleží na druhové skladbě lesa a jak je les situován. Les se správným zastoupením dřevin podporuje zadržení značného množství vody ze srážek, což způsobuje dostatečně silná vrstva hrabanky a humusu. Zadržovaná voda se infiltuje a do toku se dostává později, tím způsobuje snížení kulminačních povodňových průtoků. Hydrologicky nejúčinnější situování lesa v povodí je les v horní části povodí, protože v dolním povodí může zejména v období jarního tání nepříznivě ovlivnit kulminační průtoky v uzavíracím profilu povodí.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

Intercepce, množství zadržené vody na rostlinách a předmětech v povodí, je část srážek, která nepronikne na povrch půdy, to je způsobeno povrchovým napětím listové plochy a předmětů. Velikost intercepce závisí především na formě a charakteru srážky. Velikost zadržené vody se vyjadřuje v mm. Potenciální intercepce je maximální množství vody, které může vegetační kryt zadržet a bývá dosažena krátce po začátku deště. Vegetační kryt povodí taktéž ovlivňuje rychlost proudění vody při plošném odtoku (Hrádek, Kuřík 2008).

3.4.5 Říční síť

Říční síť

Kombinací horotvorných procesů, erozní činností vzniká členitý terén s hlavními podélnými a podružnými šikmými sníženinami, kterými proudí voda. Toto je dlouhodobý proces, při němž vzniká říční síť. Nejjednodušší říční soustavou je soustava typická pro malá povodí, s jedním tokem, tvořícím podélnou osu povodí. Složitější říční soustava s hlavním tokem a mnohými přítoky vzniká na povodích větších (Kemel 1996).

Uspořádání říční sítě

Uspořádání říční sítě má značný vliv na tvorbu povodňového hydrogramu a jeho kulminačního průtoku.

- soustava stromkovitá – jednotlivé přítoky protékají podružnými údolími, svírajícími s hlavním tokem ostrý úhel. Rozdělují se na:
 - symetrické stromkovité uspořádání – přítoky se střídají z obou stran pravidelně podél recipientu
 - nesymetrické stromkovité uspořádání – opačný případ symetrického stromkovitého uspořádání
- soustava pérovitá – přítoky protékají paralelními údolími, orientovanými v podstatě kolmo na hlavní tok.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

- soustava vějířovitá – charakteristická soutokem několika přibližně stejně dlouhých toků téhož řádu, prakticky v jednom místě (Kemel 1996).

Hustota říční sítě

Na hustotu říční sítě mají vliv srážkové úhrny, intenzity dešťů, spádové poměry na povodí, propustnost půdy, druh a plocha rostlinného pokryvu apod., právě to ovlivňuje povrchový odtok. Při menší hustotě říční sítě se zvyšuje propustnost půdního pokryvu (Kemel, 1996).

3.5 Charakteristika objektů na vodním toku

3.5.1 Lávky, mostky

Nejvíce se používají na komunikacích pro pěší a cyklisty. Budují se v lesích a lesoparcích, přes silnice a dálnice, přes vodní toky a jezera. Mohou být například dřevěné, betonové, z prefabrikovaných panelů a ocelové.

Jsou to jedny z nejdůležitějších objektů z hlediska návrhových průtoků. Jejich ucpané profily bývají při povodňových průtocích zdrojem havárií, proto by svými konstrukčními částmi neměly zasahovat do průtočného profilu (Kovář, Křovák 2002).

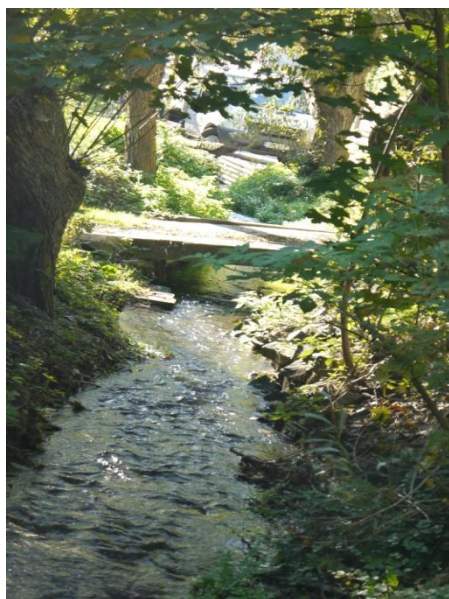


Foto č. 1,2: Dřevěná lávka a betonový mostek Drahaňského potoka (Vachatová, Závodská 2013).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

3.5.2 Propustek

Slouží k vedení vody pod násypem, je to stavba tunelového typu o průměru 2 metry a menší, je-li průměr větší než 2 metry, jedná se o most. Nejčastěji se používají pro vedení malého toku, pro migraci drobných živočichů pod železniční tratí, silnicí nebo jinou stavbou.

Propustky se dělí podle konstrukce na deskové, rámové, kruhové, tlamové nebo klenbové. Pro výstavbu propustku lze použít materiál například beton, kámen, ocel, dřevo či plast. Velikost propustku nebo-li průměr se vyjadřuje v milimetrech označuje se zkratkou DN. Propustky dosahují délky až 100m (Krajčovič 1998).



Foto č. 3: Ocelový propustek Drahaňského potoka (Vachatová, Závodská 2013).

3.5.3 Stupeň ve dně

Patří mezi spádové objekty upravující podélný sklon dna. Jsou to příčné přelivné objekty vyšší než 0,3 m. Místo jednoho vysokého stupně se doporučuje postavit více stupňů funkčně spojených v soustavu. Zajišťují lepší udržení hladiny podzemní vody, jsou ekologicky vhodnější a technologicky jednodušší. Funkce těchto objektů je vyrovnání sklonu dna. Těleso stupně je zavázáno do rostlé zeminy nebo na skalní podloží se správnou únosností. Rozdělujeme stupně na zděné, betonové, prefabrikované, kamenné, dřevěné, kombinované a drátokamenné (Kovář, Křovák 2002).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská



Foto č. 4: Dřevěný stupeň Drahaňského potoka (Vachatová, Závodská 2013).

3.5.4 Zatrubnění

Na výstavbu stok se velmi klade důraz na použitý materiál, musí odolávat obrušování pískem, který voda unáší, dále odolávat látkám s agresivními účinky, musí mít požadovanou pevnost, nepropustnost a hladký povrch vnitřních stěn, kvůli odporu proti průtoku. Potrubí se staví jako prefabrikovaná, monolitická a zděná (Hasenöhrl 1990).

4. LEGISLATIVA

4.1 Související legislativa a normy

Problematika vodních toků a jejich základních pojmů je formulována následujícími normami a právními předpisy. V textu jsou popsány nejdůležitější ustanovení těchto norem a předpisů, kterou jsou související pro danou problematiku.

4.1.1 Vybrané normy ČSN a TNV

ČSN 752120 Kilometráž vodních toků a nádrží

ČSN 752410 Malé vodní nádrže

TNV 752102 Úprava potoků

TNV 752103 Úpravy řek

TNV 752131 Odběrné a vypustné objekty na vodních tocích

TNV 752303 Jezy a stupně

TNV 752915 Provoz a údržba vodních toků

TNV 752931 Povodňové plány z června 2006

TNV 752932 Navrhování záplavových území

4.1.2 Zákony a vyhlášky

Zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon

„Účelem vodního zákona je chránit povrchové a podzemní vody, přispívat k ochraně vodních ekosystémů a upravovat právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám.“

„Záplavová území jsou administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Jejich rozsah je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad. Vodoprávní úřad může uložit správci vodního toku povinnost zpracovat a předložit takový návrh v souladu s plány hlavních povodí a s plány oblastí povodí“.

Vyhláška MŽP č. 236/2002 Sb.

„Tato vyhláška stanoví způsob a rozsah zpracovávání návrhu záplavového území správcem vodního toku a způsob a rozsah stanovování tohoto záplavového

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

území vodoprávním úřadem“. Aktivní zóna záplavového území je definována jako „území v zastavěných území obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů, jež při povodni odvádí rozhodující část celkového průtoku, a tak bezprostředně ohrožuje život, zdraví a majetek lidí“.

Vyhláška Mze a MŽP č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik.

„Tato vyhláška zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje obsah plánů povodí a plánů pro zvládání povodňových rizik, obsah základních a doplňkových opatření pro ochranu vod, způsob a formu zpracování předběžného vyhodnocení povodňových rizik, způsob stanovení oblastí s významným povodňovým rizikem,..“.

Vyhláška Mze č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.

„Tato vyhláška stanoví seznam významných vodních toků, způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků a obsah žádosti a její náležitosti nezbytné k rozhodnutí o určení správcem nebo zrušení správcem nebo zrušení správcem drobného vodního toku“.

Vyhláška Mze č. 393/2010 Sb., o oblastech povodí.

Metodický pokyn MŽP č. 7/2000, stanovení zvláštních účinků za povodní a jejich začlenění do povodňových plánů.

„Účelem tohoto pokynu je upřesnění postupu kvantifikace zvláštních povodní a způsobů stanovení směrodatných limitů pro hodnocení míry vyplývajícího nebezpečí pro vodohospodářská díla, na nichž může dojít ke vzniku zvláštních povodní a určení účinků zvláštních povodní v přilehlém území pod těmito díly“.

Metodický pokyn MŽP odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot animálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích.

5. METODIKA

5.1 Charakteristika vodního toku a povodí

Vlastní charakteristiky povodí byly zjištěny vlastním terénním průzkumem a pomocí analytického programu ArcGIS 10, kde byly zjištěny plocha povodí, klimatické poměry v zájmovém území, geologické charakteristiky nebo vegetační kryt v zájmovém území. Nejdříve se musela stanovit rozvodnice povodí. Tato povodí IV. řádu byla stažena ze stránek VÚV TGM z Oddělení geografických informačních systémů a kartografie. V tomto oddělení byly získány i další vrstvy. Dále byly použity vrstvy z Národního portálu INSPIRE. A protože tato vrstva byla pro celou ČR, bylo nutné ji oříznout podle rozvodnice daného území pomocí nástroje *clip*, tímto způsobem byly oříznuty i další vrstvy. K vytvoření této vrstvy byla spuštěna funkce *Editor*. Nezbytnou částí charakteristiky povodí jsou charakteristiky orografické. Pro toto stanovení byl použit digitální model terénu. Tento model je vhodný pro výpočet průměrného sklonu svahů a průměrné nadmořské výšky. Pro jeho tvorbu byl potřeba výškopis ZABAGED, který byl poskytnut pro zájmové území Českým zeměměřickým a katastrálním úřadem v Praze. Rastr digitálního modelu terénu se vytváří z vrstevnic pomocí funkcí *Topo to Raster*, tato funkce je získána zaktivováním nadstavby *Spatial Analyst* a spuštěním *Toolboxu*. Pro výpočet průměrného sklonu svahů byl nejdříve vytvořen rastr sklonitosti terénu pomocí funkcí *Slope*. Tento rastr byl potom použit jako vstupní do *Zonal Statistic as Table*. Dále byl sestaven model TIN - nepravidelná trojúhelníková síť, kde byly vkládány příčné profily toku pomocí funkce *Customize – ToolBars – 3D Analyst*. Pro vykreslení použijeme *Create Line of Sight*. Z aktivovaných funkcí zjistíme grafické vykreslení příčného profilu, který můžeme vyexportovat do obrázkových či textových formátů.

5.2 Odvození vstupních parametrů

Podkladová data pro sestavení modelu, konkrétně nadmořské výšky a staničení byla získána z vytvořeného modelu TIN a od správce toku, čímž jsou Lesy hl.m. Prahy. Objekty, které se vyskytují na vodním toku, jsou přehledně znázorněny v tabulce č. 1.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

OBJEKTY	DN / m, mm	STANIČENÍ km
Propustek	450	0.00500
Lávka	1	0.08450
Propustek	700	0.20950
Lávka	1	0.30250
Propustek	550.400	1.17650
Mostek	3	1.21750
Propustek	500	1.24490
Lávka	0.5	1.26675
Propustek	800	1.27200
Propustek	600.200	1.28775
Propustek	600	1.30100
Propustek	600	1.30875
Propustek	600	1.31375
Lávka	3	1.32450
Lávka	0.7	1.34165
Lávka	2.7	1.35665
Lávka	1.9	1.36605
Lávka	7.2	1.37840
Lávka	4.2	1.39990
Lávka	3.1	1.42245
Propustek	600	1.43950
Lávka	4	1.45100
Lávka	4.8	1.46460
Mostek	3.5	1.47725
Mostek	7.8	1.49010
Mostek	7	1.50100
Mostek	6.4	1.52280
Mostek	1.5	1.53525
Mostek	2	1.55300
Mostek	1.5	1.57225
Mostek	2	1.59000
Propustek	1000	1.61200
Lávka	1	1.66250
Mostek	2.2	1.67090
Propustek	500	1.90450
Propustek	500.600	2.12820
Propustek	1400	2.29350
Propustek	1400	2.35850
Propustek	6000x1000	3.05550

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

Propustek	3030x1000	3.18050
Propustek	1650x1045	3.48150
Propustek	1620x1050	3.55700
Propustek	800	3.99550

Tabulka č. 1: Objekty na vodním toku

Drsnost koryta toku byla stanovena na základě fotografií pořízených při terénním průzkumu. Bylo zjištěno, že pro opevnění koryta bylo použito více materiálů opevnění. Na toku se vyskytuje druh opevnění kamenná dlažba na cementovou maltu a šterkové dno a zaplevelené břehy, na toku se vyskytuje velké množství propustků, na základě tohoto zjištění, zde musel být také zvolen součinitel drsnosti. V inundační území za břehovými hranami se ve skoro celé délce toku vyskytuje střední až velká hustota keřů a vysoké trávy, údolní louky, rákosiny, břehové porosty a lesní společenstva, tok pramení z obce Dolní Chabry, kde inundační území tvoří městská zástavba. Drsnosti materiálů, opevnění koryta i inundačního prostoru byla vyjádřena pomocí Manningova součinitele drsnosti n . Konkrétní hodnoty Manningova součinitele drsnosti byly zvoleny na základě tabulek a katalogů drsností. Tabulky drsností jsou uvedeny v pracovním manuálu k programu HEC-RAS (Brunner 2010). Průtoky na toku byly zjištěny od ČHMÚ.

Stanovení součinitele drsnosti



$n = 0.022$

Foto č.5: Betonové dno se stěnami ze zdiva z lomového kamene – omítnutého (Vachatová, Závodská 2013).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská



$n = 0.035$

Foto č.6: Kamenné dno a zaplevelené břehy (Vachatová, Závodská 2013)..



$n = 0.014$



$n = 0.055$

Foto č.7, 8: Ocelový propustek, řídké stromy (Vachatová, Závodská 2013).



n = 0.110

Foto č.9: Vrbový porost (Vachatová, Závodská 2013).

5.3 Sestavení modelu Hec-Ras

Sestavení modelu Hec-Ras je podrobně popsáno v 7. části této práce - Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok. Souřadnice toku jsem získala za pomoci systému ArcGis a AutoCad, kde získané souřadnice byly vkládány do Excelu a poté zkopírovány do Hec-Rasu. Geometrie Drahaňského potoka byla vyšetřena z podkladních vrstev shp. podporované v programu ArcGis, které jsou, jako podklad, vloženy do softwarového programu AutoCAD. Následně byla vrstva z ArcGisu s informacemi o zeměpisné poloze (trase) Drahaňského potoka v souřadném systému JTSK překreslena pomocí geometrických nástrojů dostupných v programu AutoCAD. Pro samotnou extrakci dat z AutoCadu je použito příkazu "Extrakce dat". Z nabízené řady extrahovatelných dat o geometrických objektech je zvolena sada geometrických dat a z nich pak informace o souřadnicích v ose "X" a ose "Y". Data jsou pak uložena ve formátu ".xlsx". Následně jsou data jednoduše použita v programu HEC- RAS pro vykreslení trasy toku. V nabídce *GIS Tools* je zvolen příkaz *Reach Invert Lines Table*, do zobrazené tabulky jsou vloženy již dříve vyšetřené souřadnice toku. Trasa toku (*reach*) v modelu HEC-RAS kopíruje reálnou trasu toku, tak jak je zanesena ve vrstvách GIS. Výhodou tohoto postupu je bezesporu reálná a věrnější představa o trase toku. Výstupem programu HEC-RAS jsou mapové podklady, kde jsou vykresleny

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

při jednotlivých průtocích průběhy hladin pomocí záplavových čar. Výsledky budou porovnány se zpracovaným zátopovým územím od Správce toku. K doplnění informací k zájmovému území byla použita vlastní fotodokumentace.

6. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

6.1 Popis povodí a Drahaňského potoka

Povodí se nalézá v severní části Prahy. Drahaňský potok pramení v obci Dolní Chabry, přesněji řečeno požární nádrž v horní části obce. Celková délka toku je 4,0 km, plocha toku je o celkové výměře 6, 593 km² a do Vltavy se vlévá pravostranným přítokem. Posuzované území je tvořeno přirozeným povodím Drahaňského potoka, které má směr východ – západ při severním okraji Prahy. Údolí potoka můžeme rozdělit na tři části: horní oblast Dolních Chaber, střední širší údolí a dolní rokli. V horní části se potok proplétá zástavbou včetně barokního statku a významného románského kostela Jan Křtitele. Vlastní přírodní údolí začíná u konečné zastávky autobusu Dolní Chabry pod výrazným skalním ostrohem. Silnice končí u čistírny odpadních vod a vodní nádrže, údolí pod ní je zarostlé rákosinami s vrbami a zvolna se zužuje. V místě, kde cesta přechází na pravý břeh potoka je blízko můstku Prdlavá studánka. Pod cestou se nachází Drahaňský mlýn a oblast domků a chat, které jsou místní komunikací propojeny s Brnkou. V této nejdelší, dolní části je údolí úzké a nazývá se také Drahaňská rokli.

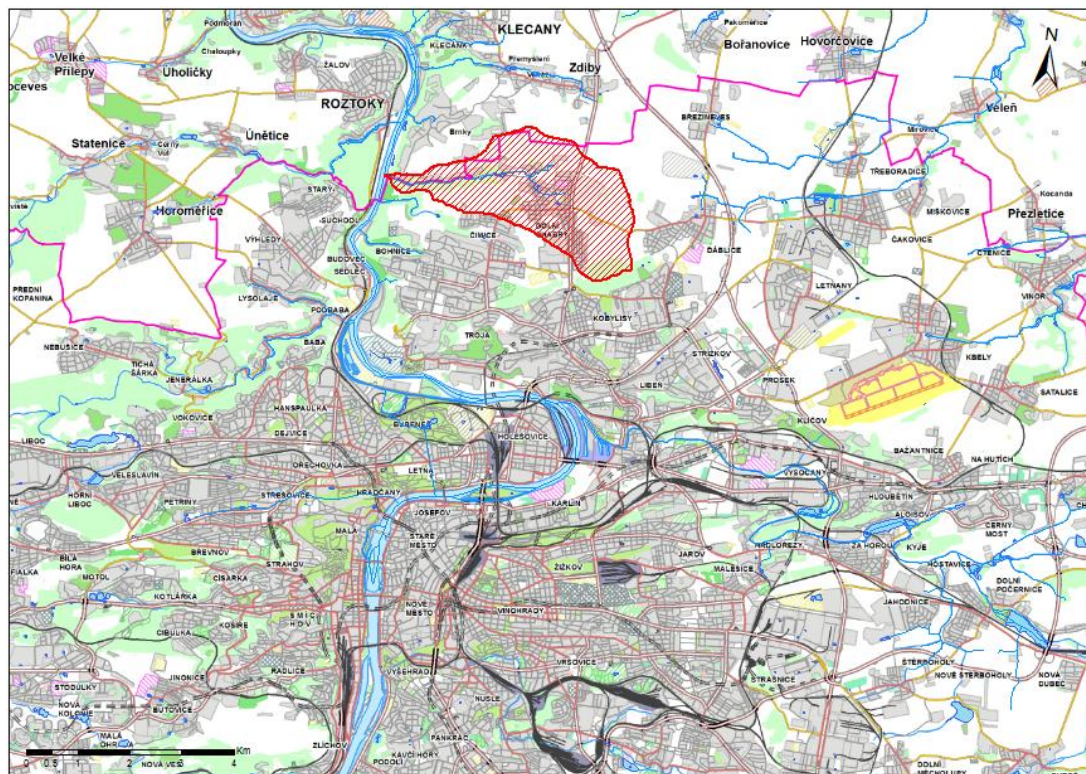
Drahaňskou rokli, pro kterou je charakteristické prolínání divoké přírody s místy hůře schůdnou stezkou a produkty lidské činnosti související s chatkami roztroušenými v údolí. Podél této části potoka také probíhá hranice města Prahy. Údolí s potokem ústí do Vltavy, hrubými kameny se zpevněným břehem, s pobřežní cestou Ta končí po 1,5 km zaústěním do hlavní údolnice Vltavy. Vegetace celé horní části toku Drahaňského potoka, až po čistírnu odpadních vod představuje náhradní, druhotnou vegetaci, tvořenou převážně ruderalními, zvláště nitrofilními druhy, popř. druhy se širokou ekologickou amplitudou, které mohou rovněž osídlovat ruderalní stanoviště. V území převažují rozsáhlé porosty dominantní kopřivy dvoudomé. Na celém toku Drahaňského potoka vstupují do bylinných a keřových pater břehových společenstev druhy neofytní, ruderalní, nitrofilní. (Lesy hl.m. Prahy 2014).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

Správce povodí jsou Lesy hl. m. Prahy.



Obrázek č.1: Poloha zájmového území 1: 50 000

Drahaňský potok

Délka toku: 4 km

Plocha povodí: 6,7 km²

Hydrologické pořadí toku: 1-12-02-008

Přítoky: Luční potok, bezejmenný přítok DRP3P, bezejmenný přítok DRP1L

Správce toku: Odbor rozvoje veřejného prostoru Magistrátu hl. m. Prahy

Údržba toku ve správě MZO MHMP: Lesy hl.m. Prahy

Průtoky na toku

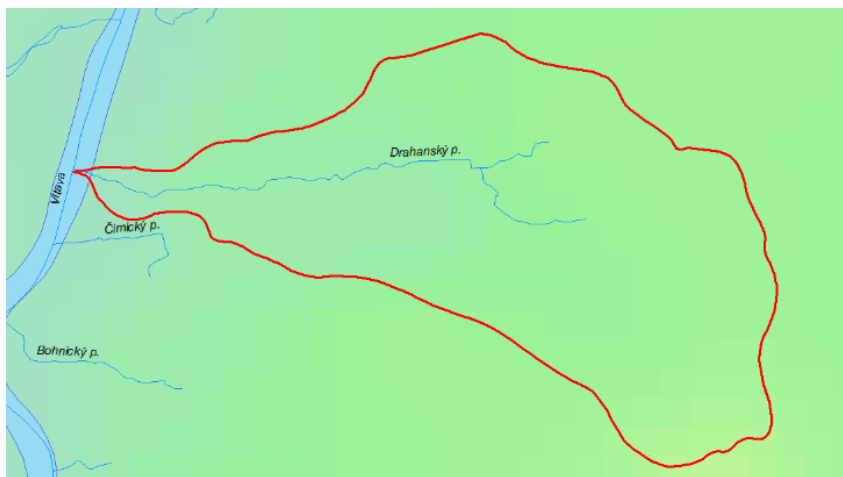
N-leté průtoky (m ³ /s)						
1	2	5	10	20	50	100
1	1.6	2.5	3.8	6.3	8.8	11.9

Tabulka č.2: N-leté průtoky převzata od ČHMÚ

6.2 Hydrologické charakteristiky

6.3.1 Geometrické charakteristiky povodí

Celková plocha povodí je 6,72 km² a rozvodnice je dlouhá 12,6 km. Z obrázku č. 2 si můžeme všimnout plochy pravého a levého svahu a je patrné, že levý svah je mnohem větší než svah pravý, z toho vyplývá, že povodí není symetrické.



Obrázek č.2: Zájmového území 1: 20 000

6.3.2 Orografické charakteristiky povodí

Nejvyšší nadmořská výška povodí je 357,68 m.n.m., která se vyskytuje na rozvodnici v jižní části povodí a nejnižší nadmořská výška činí 168 m.n.m. Od Ďáblického háje terén směrem k severu až severozápadu postupně klesá z nadmořské výšky 330 – 320 m. n. m. do centrální části Dolních Chaber a dále do údolí, které pokračuje do Drahaňského údolí. Na okraji zájmového území terén od údolních poloh stoupá k hranici rozvodí do nadmořské výšky 300 – 305 m. n. m. Nejstrmější svahy území se vyskytují na vtoku potoka do Vltavy. Sklony povodí se pohybují v rozmezí 0 – 66 % a průměrný sklon činí 5,23 %.

Přehled sklonitosti a výškových poměrů v povodí je znázorněno v **příloze č. A. 7** a **č. A. 9**.

6.3.3 Geologické charakteristiky povodí

Geologický vývoj v oblasti hl. m. Prahy probíhá téměř tři čtvrtě miliardy let, od starohor až po současnost, a tomu odpovídá i pestrost horninového podloží. Území bylo třikrát zaplaveno mořem, na jehož dně se ukládaly bohaté vrstvy sedimentů, mezitím zase vystupovalo, když horotvornými procesy vznikala pohoří. Nejstarší geologický podklad území Prahy tvoří na severozápadě a jihozápadě svrchní proterozoikum. Mladší paleozoikum je zastoupeno ordovikem, silurem a devonem. Paleozoické uložení byly zvrásněny do úzkého brachysynklinoria protaženého ve směru JZ – SV, kde nejstarší horniny vystupují na okrajích a nejmladší uprostřed struktury. Pravidelnost uložení je porušena příčnými a podélnými poruchami (pražský zlom, šárecký zlom, závistský přesmyk). Křída – dnešní rozšíření křídových sedimentů na území Prahy je výsledkem terciérní a kvartérní denudace. Proto se zde zachovaly jen horniny mořského a sladkovodního (příp. brakického) cenomanu a spodního a středního turonu. Značný význam, co do rozsahu i mocnosti, mají na území Prahy antropogenní uložení. Jejich ukládání je spojeno zejména se stavební a těžební činností (UAP 2012).

Přehled geologických vrstev povodí je znázorněno v **příloze č. A. 4**.

6.3.4 Vegetační kryt povodí

Povodí je nejvíce tvořeno nezavlažovanou ornou půdou, dále nesouvislou městskou zástavbou, což znamená, že území je pokryto jak zástavbou, tak vegetací. Stavby se střídají se zahradami, parky, trávníky a holou půdou. A třetí největší pokrytí povodí tvoří smíšené lesy.

Detailní přehled krajinného pokryvu je znázorněno v **příloze č. A. 5**.

6.3.5 Říční síť

Hlavní tok povodí je Drahaňský potok, je to tok IV. řádu a jeho hydrologické pořadí je 1-12-02-008. Délka toku je 4 km. Přítoky Drahaňského potoka je potok Luční a dva bezejmenné přítoky s identifikačním označením DRP3P a DRP1L. Zobrazení říční sítě je v **příloze č. A. 6**. Uspořádání je nesouměrné a hustota je malá.

7. HYDROTECHNICKÉ POSOUZENÍ VODNÍHO TOKU – DRAHAŇSKÝ POTOK

7.1 Podklady a vstupní veličiny

Hydrotechnické posouzení bylo zpracováno na celou délku toku. Jako vstupní data do modelu byly použity data, která popisují geometrii toku. Jsou to příčné řezy, hloubky toku a parametry objektů na toku. Profily jsou tvořeny hodnotou staničení a příslušnou nadmořskou výškou. Staničení příčného profilu se zadává z levé strany řeky a inundace ve směru toku. Hodnoty byly získány od správce toku.

Po zadání všech údajů pro charakteristiku toku je třeba zadat součinitel drsnosti n , který charakterizuje drsnost povrchu. Jednotlivé povrchy vodních koryt i jejich zaplavených niv se liší od jiných typů koryt (např. kamenné koryto s proměnlivým profilem i spádem až po silně zarostlé a meandrující koryto nebo rovné koryto s rovnoměrným spádem). Tato vlastnost koryta charakterizuje rychlosti proudění v toku a povrchový odtok v nivě, je dán Manningovým součinitelem drsnosti n . Drsnost dna se určuje z charakteristiky toku. Závisí na velikosti kamenů, zanesení koryta, případně výskytu trávy. Břehová drsnost se odhaduje podle výskytu vegetace v nivě.

Další nezbytnou veličinou – okrajovou podmínkou jsou informace o průtoku vody v korytě. N-leté průtoky byly získané od ČHMÚ.

Model HEC-RAS na základě výše uvedených vstupních dat pomocí výpočtových algoritmů po zadání okrajových podmínek spočítá data výstupní.

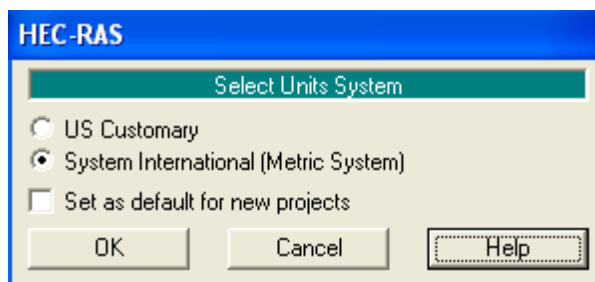
7.2 Základní nastavení

V první řadě pro správnou práci v programu v rámci Místního nastavení v Ovládacích panelech se musí zvolit jako oddělovač desetinných míst čárka tečka. Program je vyvinutý ve Spojených státech amerických, musíme tedy nastavit jednotky a to na jednotky soustavy SI. Postup provedení: *Options/ Unit system/ Systém International (Metric System)*.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská



Obrázek č.3: Okno pro zadání Nastavení jednotek

Pro funkci neustáleného modelu HEC-RAS 4.0 je nutno změnit Národní prostředí následovně:

Obecné: Angličtina (Spojené státy)

Čas: h:mm:ss tt

Datum: Krátký formát MM/dd/rr

Dlouhý formát Dd MMMM, rrrr

Oddělovač /

Práce se soubory v rámci programu HEC-RAS se uskutečňují v takzvaných projektech. Základní charakteristiky projektu jsou všechny soubory, které byly v rámci něj vytvořeny, mají automaticky shodné jméno před příslušnou příponou jako sám projekt. Informace o projektu jsou uchovány v souboru jméno.prj, jedná se soubor textového typu, který lze editovat i mimo vlastní program. Dále program vytváří celou soustavu dalších souborů (Kti & Aqualogic 2004).

Projekt je tak tvořen:

- | | |
|---|-------------|
| 1. souborem pro projekt | .prj |
| 2. souborem pro každý plán | .P01 - .P99 |
| 3. souborem pro každou variantu geometrických dat | .G01 - .G99 |
| 4. souborem pro každou variantu okrajových podmínek | .F01 - .F99 |
| 5. souborem pro každý průběh výpočtu | .R01 - .R99 |
| 6. souborem obsahující výsledky pro každý plán | .O01 - .O99 |

Všechny uvedené soubory se postupně vytvářejí programem použitím funkcí *Save As*. Čísla od 1 do 99 v označení, se souborům automaticky přiřadí podle pořadí vzniku. V případě vymazání některého ze souborů, zůstává číslo tohoto souboru neobsazené. Kromě vlastního jména souboru, dále program HEC-RAS dovoluje

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

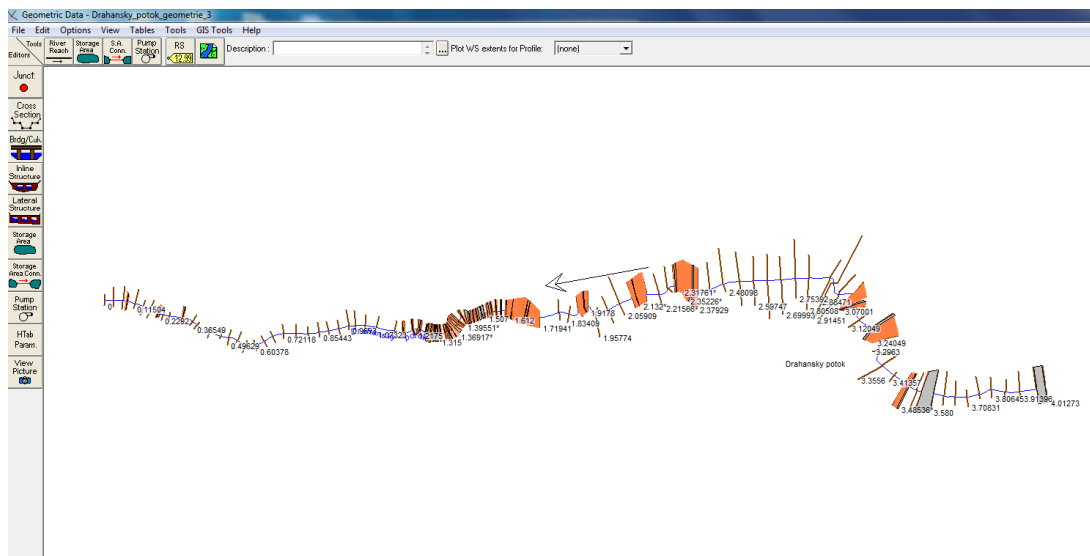
pro soubory vytvářet delší označení, které je možné na rozdíl od jména souboru v průběhu prací editovat, příkazy *Rename File*) (Kti & Aqualogic 2004).

Vytvoření modelu toku probíhá v těchto základních částech:

- Vytvoření nového projektu
- Schematizace vodního toku
- Zadání vstupních dat charakterizující geometrii toku
- Zadání příčných objektů na toku
- Zadání okrajových podmínek – N letých průtoků
- Výpočet, zobrazení a zpracování výsledků

7.2.1 Schematizace říční sítě

Základním prvkem tvorby geometrického modelu řešené části koryta včetně inundace je vytvoření schematizace říční sítě. Zadávání schematizace říční sítě provedeme pomocí ikony *River Reach*. Po jejím vyvolání, v připraveném okně pomocí myši, postupně vykreslujeme vedení trasy koryta v jednom úseku. Každé zmáčknutí tlačítka myši znamená jeden bod polygonu trasy, dvě zmáčknutí těsně za sebou ukončují náčrt jedné větve a objeví se okno, do kterého se zapíše do kolonky *River Name* název řeky a do kolonky *Reach Name* jméno úseku. V případě, kdy chceme vložit reálné souřadnice, tato metoda byla použita v tomto projektu, použijeme příkazy *Reach Schematic Lines* respektive *XS Schematic Lines* (*Gis Tools* → *Reach Invert Lines Table* → ..) a vložíme do programu data z předem připravených souborů. Další možností je zakreslení schematizace říční sítě na předem naskenovaný mapový podklad, který se vkládá do okna ve formě mapy příkazem *Background Picture* (Kti & Aqualogic 2004).



Obrázek č.4: Schematizace říční sítě s příčnými profily

7.2.2 Zadávání příčných profilů

Příčné profily se zadávají pomocí ikony *Cross Sections*. Otevře se dialogové okno, do něhož se vkládá nový profil *Option - Add a New Cross Section*. V kolonce *River Station* zadáváme postupné staničení profilů, poté program nově vložený profil umístí do databáze příčných profilů a vykreslí je do zobrazení schematizace říčního toku. U mého posuzovaného toku jde přibližně o 80 příčných profilů. Při zadávání příčných profilů bylo použito skutečné staničení toku v ř.km, z důvodu jednoznačného určení příčného profilu. Slovní popis se zadává v okně *Description* po zadání staničení profilu. V místě výrazné změně šířky nebo nějakého objektu na toku je třeba vložit profil. V případě objektu je třeba vložit profil při každé jeho změně – před objektem, v místě objektu a za ním. Každý příčný řez je veden zleva doprava po směru toku a příčné řezy jsou vedeny v pravém úhlu k tečně vodního toku. Profily jsou tvořeny hodnotou staničení a příslušnou nadmořskou výškou. Staničení bodů příčného profilu (sloupec *Station*) a jejich nadmořské výšky (sloupec *Elevation*) se zadává pomocí *Cross Section XY Coordinates*, v programu je nastaveno maximálně 100 řádků, ale v rámci položky *Option* můžeme tuto hodnotu přenastavit. Ve směru toku se zadávají vzdálenosti k profilu v okně *Down Stream Reach Lengths*, a to samostatně pro pravou část inundace,

Diplomová práce:

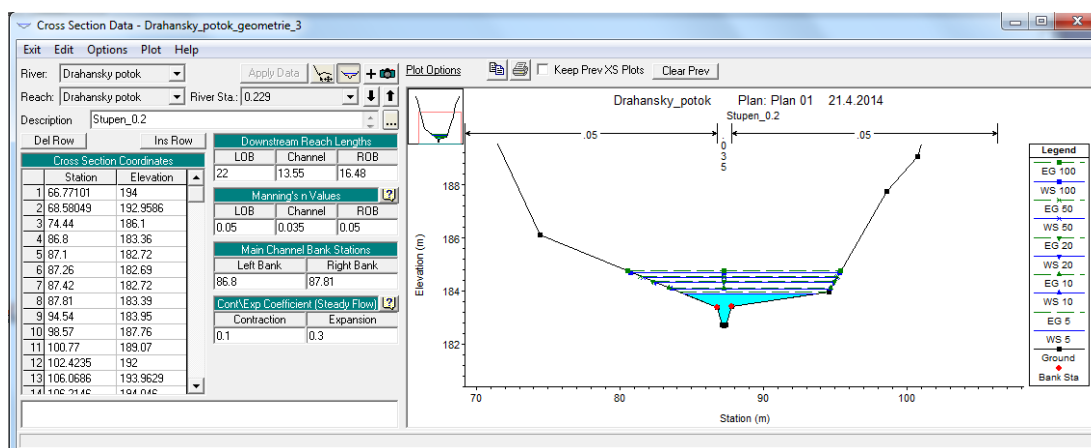
Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

vlastní koryto a levou část inundace, dále zadáváme pro stejné části koryta hodnoty součinitele drsnosti podle Manninga v okně *Manning's n Values*. V okně *Main Channel Bank Stations* zadáváme vodorovné souřadnice bodů oddělujících hlavní koryto od břehové hrany. Po zmáčknutí tlačítka *Apply Data* program data zpracuje a pokud hodnota souřadnice neodpovídá některému z vlevo zadaných bodů, program na to upozorní. Po zadání hodnot do tabulky je musíme pomocí tohoto tlačítka data odeslat, jinak je program nebude brát na vědomí a bude pracovat s daty původními. V poslední řádce máme volbu změnit hodnoty součinitele místních ztrát, jedná se o náhlé rozšíření a zúžení, ale tuto hodnotu ponecháváme již z nastavení programu.

Program umožňuje i další postupy pro zadávání příčného profilu. V každém profilu pomocí *Options Ineffective flow area* nebo *Levees* můžeme zadat pasivní průtočnou oblast. Ta se zadává, **když** je výška hladiny menší než úroveň pasivní průtočné oblasti, program tuto pasivní oblast vyloučí z průtočné plochy. Pokud hladina překročí zadanou mez, je zadaná oblast uvažována jako průtočná, (Kti & Aqualogic 2004).

Vykreslení zadaných příčných profilů v HEC-RAS



Obrázek č.5: Vykreslení příčného profilu s vypočtenými úrovněmi hladin pro N – leté průtoky

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

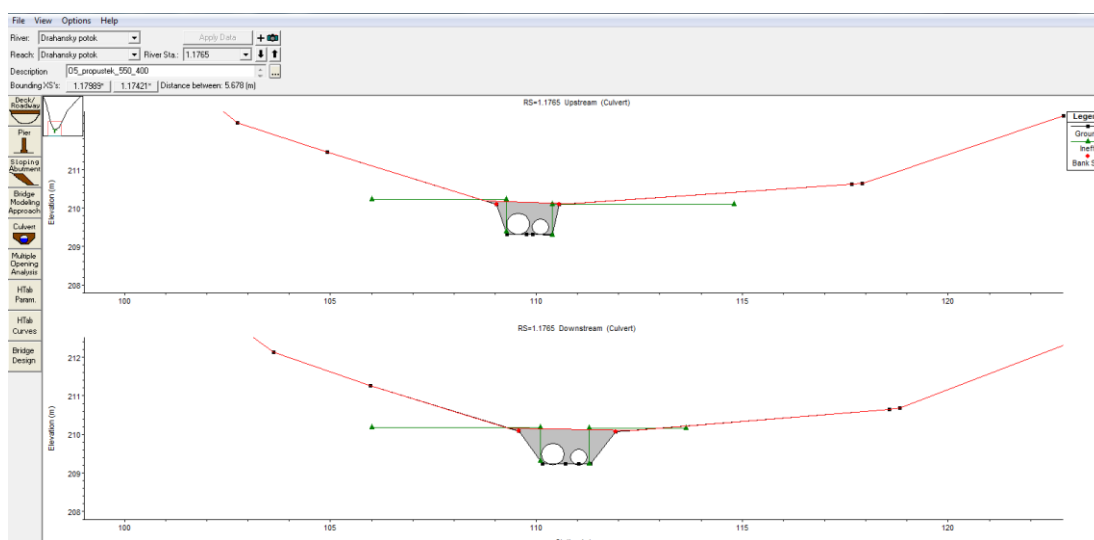
7.2.3 Zadávání objektů

Program HEC-RAS řeší proudění řadou objektů, jako jsou propustky, mosty a jezy. Zadávání propustek a mostů se aktivuje pomocí ikony *Brdg/Culvs* v okně *Geometric Data*.

Podmínkou vložení nového objektu, ať už se jedná o most nebo propustek, je existence profilu nad i pod objektem, přičemž tyto profily musí být umístěny bezprostředně u obou okrajů objektu.

Nový objekt vložíme příkazem *Options Add a new Bridge/Culvert* a následujícím vložení staničení objektu, podle kterého je objekt umístěn mezi příčné profily. Konstrukce mostu se zadává pomocí ikony *Deck/Roadway*.

V rámci okna se do pole *Distance* musí postupně zadat vzdálenost mezi horním okrajem objektu a horním příčným profilem, hodnota součinitele přepadu *Weir Coef* a šířka objektu *Width*. Geometrické rozměry objektu jsou dány vodorovným staničením *Station*, horní úrovní mostovky *High* a spodní úrovní mostovky *Low Cord*. Pomocí ikony *Bridge Modelling Approach* je možné nastavit způsob proudění mostním objektem. Pro všechny mostní objekty v této práci byla vybrána varianta *Energy (Standart Step)*. Tato varianta je nastavena automaticky a znamená výpočet energetickou rovnicí. Při navrhování mostů a jeho vykreslení vzhledu mostů, byla použita funkce *Bridge Design* s potvrzením výběru stisknutím *Make Deck/Roadway*. Na obrázku č. 6 je již vymodelovaná konstrukce vybraného objektu vyskytující se na toku (Kti & Aqualogic 2004).



Obrázek č.6: Vykreslení objektu – propustek s troubami DN500 a DN400

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

7.2.4 Stanovení okrajových podmínek

Okrajové podmínky jsou nezbytnou součástí k vytvoření simulace proudění. Vymezení okrajových podmínek závisí na volbě režimu výpočtu. Při ustáleném proudění je volena jediná hodnota v obou uzávěrových profilech říčního úseku a to průtok nebo hladina, případně jiná hydraulická podmínka. Okrajové podmínky zadáváme ze základního okna *Edit* a poté vybereme příkaz *Steady Flow Data*.

Pro tento příkaz můžeme použít i ikonu .

V první řadě zadáváme počet simulací, které pro dané průtoky řešíme. Tento příkaz zadáváme v poli *Enter/Edit Number of Profiles*. U posuzovaného území bylo zadáno pět n-letých průtoků – Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} . Po zadání výše uvedeného příkazu se zobrazí počet požadovaných polí, kam jednotlivé průtoky zadáváme. V menu *Options/Edit Profile Names* změníme název polí pro n-leté průtoky.

Před zadáním výpočtu je potřeba zadání typu okrajových podmínek. V programu je na výběr několik možností, v dialogovém okně pod odkazem *Reach Boundary Conditions*.

Možnosti řešení:

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 (konsumpční křivka).

Pro každý profil v různých místech pomocí *Set boundary for one profile at a time* stanovujeme různé typy okrajových podmínek. Ukončení zadávání dolní okrajové podmínky se provede pomocí OK, přerušení Cancel. Po zadání okrajových podmínek musíme data uložit, používáme funkci *Apply* (Kti & Aqualogic 2004).

7.3 Výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění

V základním okně se nejprve objeví jméno plánu v poli *Plan*, a jeho krátké označení v kolonce *Short ID*. V rámci programu HEC-RAS má slovo *PLAN* význam kombinace, některého z vytvořených souborů s geometrickými daty a s daty s okrajovými podmínkami. Tak jsou uchovány v každém plánu potřebné údaje ke spuštění výpočtu nerovnoměrného proudění. Různé kombinace z nabídky již vytvořených souborů spouštíme ikonou *Geometry File* a *Steady Flow File*. V okně *Plan Description* je možný podrobný popis plánu.

Charakter proudění se nastavuje ve *Flow Regime*. V programu HEC-RAS řešíme proudění říční (Subcritical), bystrinné (Supercritical) i smíšené (Mixed). Po výběru proudění spustíme výpočet příkazem *Compute* (Kti & Aqualogic 2004).

U tohoto posouzení toku bylo vybráno proudění říční.

7.4 Prezentace výsledků programu Hec-Ras

Program Hec-Ras zpracované výsledky prezentuje jak v grafické, tak tabelární formě. Grafické výstupy se aktivují příkazem v hlavním menu úvodního okna programu HEC-RAS. Příkazem *File* zadáváme kopírování a tisk do programů typu Excel, MS Word apod.

Prezentace výsledků byla provedena příkazem *View* v hlavním menu, kde je možné otevřít více grafických výstupů.

Činnosti *View*:

- *Cross section* – vykreslení jednotlivých příčných profilů
- *Water Surface Profiles* – vykreslení podélného profilu
- *General Profile Plot* – průběh jednotlivých veličin v podélném profilu
- *Rating Curves* – konsumpční křivky profilů
- *X-Y-Z perspective Plots* – prostorové vykreslení koryta

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

Podobně jako u grafických výstupů tabulkové výstupy se také aktivují příkazem View v hlavním menu, ale můžeme použít i obrázkových ikon v druhém příkazovém řádku programu.

Zde je možné zobrazit:

- *Detailed Output Tables* – pro jednotlivé profily podrobné výsledkové tabulky
- *Profile Summary Table* – výsledková tabulka souhrnná
- *Summary Err, Warn, Notes* – zpráva o průběhu výpočtu a chybách

Program HEC-RAS je schopen spouštět modelové situace záplavového území jednotlivě pro různé průtoky. Za pomoci příkazu *View 3D multiple cross section plot* byla spuštěna simulace pro stoletý průtok, který je znázorněn v příloze č. C. 1. Pro lepší přehlednost simulace rozlivu vody bylo vykreslení záplavového území pomocí programu ArcGIS přeneseno na podkladovou mapu a je vytvořen mapový výstup v měřítku 1: 10 000. Hydrotechnické posouzení bylo provedeno pro 5 různých průtoků (Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} a Q_{100}), ale pro porovnání s již zhotoveným záplavovým územím stačilo vykreslení do podkladové mapy pouze průtoky pro pětiletou, dvacetiletou a stoletou povodeň.

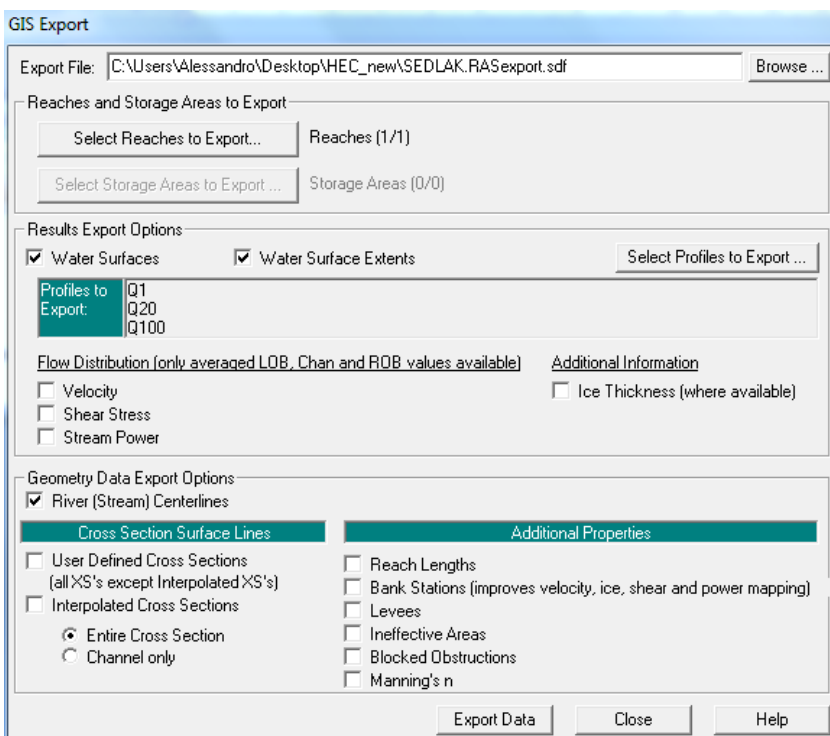
7.5 Export dat programu Hec - Ras do ArcGIS

V práci jsem použila export dat z Hec – Ras do ArcGis pro přehlednější znázornění aktivní zóny záplavového území. Prvotním krokem k exportu dat z jednoho programu do druhého, je nutné otevření položky *File*, kde po kliknutí na *Export data* vyvoláme tuto tabulku (Obr.č.7).

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská



Obrázek č.7: Tabulka GIS Export data

V *Reaches and Storage Areas to Export* vybíráme tok, který chceme exportovat. Pod políčkem *Results Export Options* se nachází poměrně široký výběr, jaká data mohou být exportována. Je zde možnost výběru pouze některého průtoku, v mém případě byly tedy vybrány průtoky pětileté, dvacetileté a stoleté vody. Zaškrtnutím políčka *Water Surface Extents* zajistíme exportování nejen souřadnic bodů, ale i jejich nadmořskou výšku nepostradatelnou v případě určení hloubek na vodním toku. Vznikne soubor s příponou *sdf*. Tento formát jde otevřít v *Excelu*. Otevře se tabulka průvodce importu. Zde je potřeba zaškrtnout oddělovač. Ve druhém okně se označí pouze čárka a opět další. Ve třetím okně spustíme příkaz dokončit. Data se otevřou v *Excelu*. Je to blok souřadnic a nad nimi je vždy napsáno o jaký profil (průtok) se jedná. Data byla přepokopována do nového sešitu v *Excelu* a uložena do formátu *.txt* (text oddělený tabulátory), který podporuje *ArcCatalog*. První řádek byl popsán jako X a druhý řádek jako Y a vložím přepokopované souřadnice. Tabulka s vybranými souřadnicemi příčných profilů je zobrazena na obrázku č. 8

Diplomová práce:

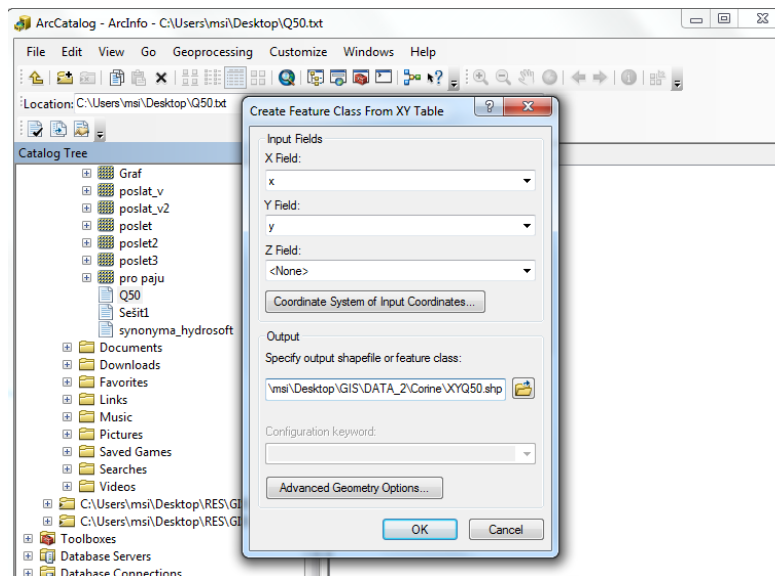
Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

465	PROFILE LIMITS:	
466	PROFILE ID:100	
467	POLYGON:	
468	-739969 -1036382	273.269
469	-739958 -1036457	273.269
470	-739956 -1036465	273.269
471	-739955 -1036473	273.269
472	-739948 -1036520	273.269
473	-739982 -1036524	273.188
474	-740050 -1036504	269.829
475	-740110 -1036513	269.735
476	-740156 -1036504	264.519
477	-740201 -1036506	263.398
478	-740247 -1036537	263.394
479	-740296 -1036530	261.254
480	-740341 -1036528	261.27
481	-740389 -1036557	261.118
482	-740451 -1036560	259.29
483	-740465 -1036542	258.256
484	-740509 -1036547	256.882
485	-740516 -1036542	256.973
486	-740530 -1036533	256.431
487	-740542 -1036445	254.676
488	-740658 -1036431	253.77
489	-740604 -1036328	252.767
490	-740599 -1036292	251.352
491	-740634 -1036289	250.603
492	-740641 -1036284	250.727
493	-740698 -1036271	250.462

Obrázek č.8: Tabulka s vybranými souřadnicemi PF

V *ArcCatalogu* se tento soubor s příponou *.txt* otevře a po kliknutí pravého tlačítka vybereme možnost *Create feature class*, kde vyplníme tabulku dle obrázku č. 9. Nezbytným úkolem je vybrat souřadnicový systém pro správné umístění.



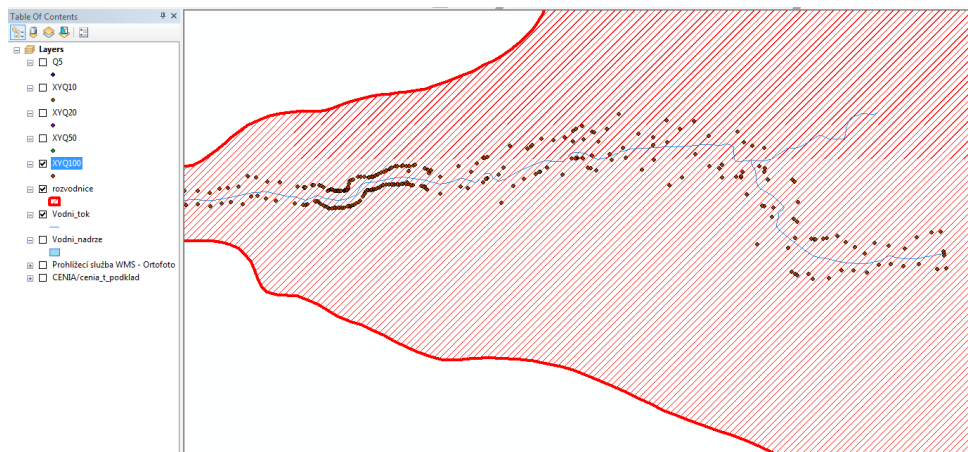
Obrázek č.9: Tabulka pro vytvoření vrstvy ze souřadnic (ArcCatalog)

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

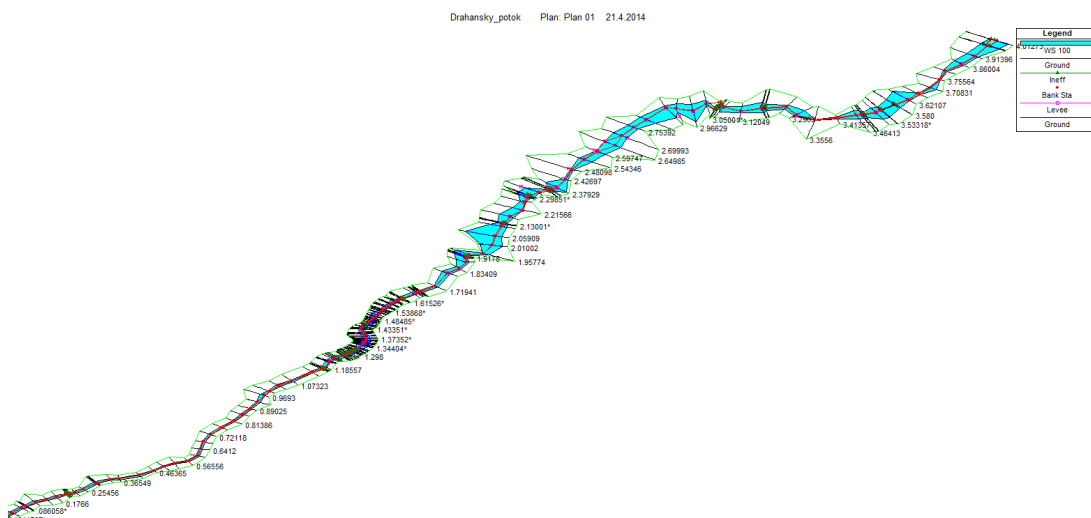
Po jejím vložení se již v programu ArcGis zobrazí bodová vrstva. Jednotlivé body je vhodné propojit, aby vznikla polygonová vrstva.



Obrázek č.10: Zobrazení bodové vrstvy (ArcMap)

7.6 Výsledky hydrotechnického posouzení

V programu HEC-RAS byly provedeny simulace, které vytvářejí vizuální znázornění záplavového území jednotlivých N – letých průtoků. Příkazem *View 3D Multiple Cross Section Plot* byla spuštěna simulace pro Q_{100} (Obr.č.11). V příloze č. C.1 je zobrazení 3D vykreslení rozlivu vody při průchodu 100 - letého průtoku v celé délce toku.



Obrázek č.11: Vykreslení rozlivu vody celého toku - Q_{100} (Hec - Ras)

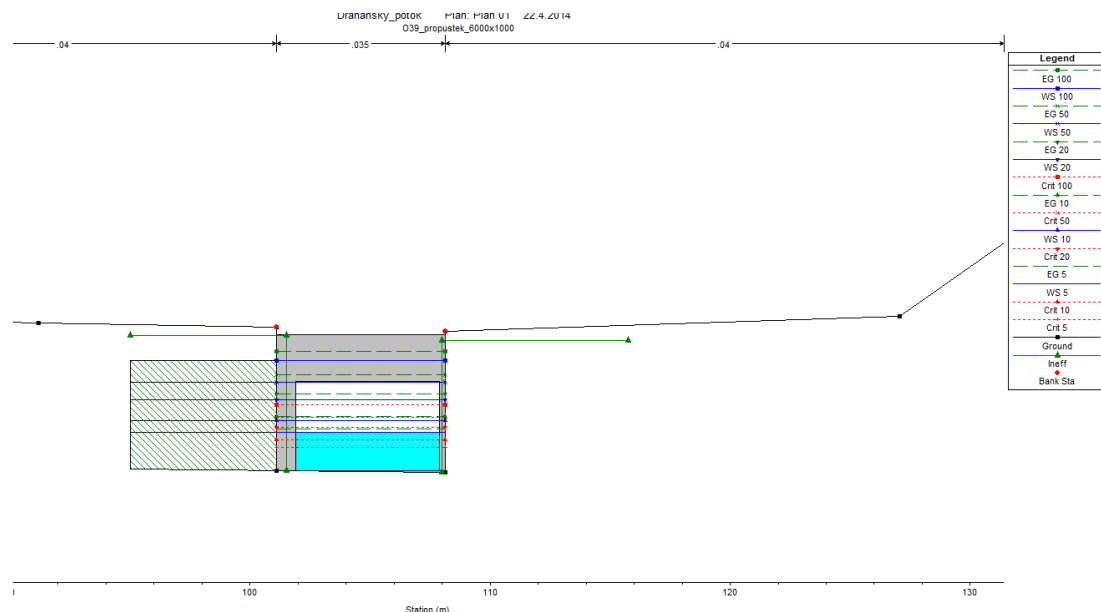
Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

Výsledkem posouzení Drahaňského potoka jsou zaplavovaná území při jednotlivých N – letých průtocích. Hydrotechnické posouzení bylo prováděno pro pět různých průtoků - Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} a Q_{100} . Hranice záplavového území při průtoku Q_5 , Q_{20} a Q_{100} byly vykresleny pomocí ArcGis softwaru do mapy v měřítku 1: 10 000 a orotofotomapy v měřítku 1: 10 000. Záplavová území jsou zobrazeny v příloze č. D.1a č. D. 2 V zastavěné části zájmového území při průtoku Q_5 a Q_{10} nedochází k výraznějšímu rozlivu vody, které by mohly způsobit škodu na majetku či vyvolat ohrožení na lidských životech. Při vyšším průtoku Q_{20} a Q_{50} dochází k zaplavování zahrad a některých objektů, které se nacházejí v obci Dolní Chabry a chatové oblasti Drahaňského údolí. Záplavové území při průtoku 100- leté vody je výrazně rozsáhlejší a dochází jak k ohrožení budov, tak k ohrožení lidských životů. V příloze č. D. 1 a č. D. 2 záplavového území můžeme vyčíst, které oblasti mohou být zasaženy při jednotlivých průtocích.

Na obrázku č. 12 jsou znázorněny jednotlivé hladiny při průtoku obdélníkovým propustkem v zastavěné části v Dolních Chabrech. Vykreslené jsou jednotlivé hladiny N-letých průtoků, tím zjistíme jaký průtok je objekt schopen odvézt bez rozlité vody z koryta. Zatopení průtočného profilu lávky dojde při průtoku Q_{20} a při průtoku Q_{50} a Q_{100} bude voda zasahovat do území.



Obrázek č.12: Vykreslení jednotlivých hladin při průtoku obdélníkovým propustkem (Hec - Ras)

8. DISKUZE

Život v blízkosti vodních toků mnohdy nese určité riziko povodní. V dřívějších dobách se údolní nivy často neosídlovaly, proto se nebudovala protipovodňová opatření, ale nárůst počtu obyvatel rapidně vzrostl a situace se změnila. Naše území nebylo až do roku 1997 vystaveno účinkům velkých povodní, na rozdíl od jiných zemí a začalo docházet k podceňování nebezpečí povodní a následovalo osídlování poblíž toku. Nепropustné plochy rostou a zásoba podzemní vody rapidně klesá, tím se podporuje povrchový odtok a dochází ke zrychlení odtoku vody. V dnešní době nejsou stále stanoveny všechny záplavové plochy, především se jedná o řešení v malých povodích okolo menší toků. Nezbytnost zlepšení ochrany před povodněmi a stanovení záplavových ploch nám ukazují povodně, které se od 20. století čím dál tím častěji vyskytují.

Povodí Drahaňského potoka má záplavová území již stanovená pro 5 – leté, 20 – leté a 100 – leté průtoky, přehledná situace záplavového území je dostupná na internetových stránkách správce toku, ale není uvedeno, jak záplavová území toku byla stanovená.

Pro toto hydrotechnické posouzení Drahaňského potoka a stanovení záplavových území pro různé N - leté průtoky, byl použit model HEC - RAS. Ve srovnání stanovení záplavového území od správce toku a stanovení záplavového území pomocí modelu se záplavové území pětiletého průtoky a záplavové území dvacetiletého průtoky v porovnání s již vytvořeným projektem tolik neliší. Větší rozdílnost stanovení záplavového území nastává při stoletém průtoky, kde pomocí modelu je vykreslení záplavové území podstatně větší, především v zastavěné části, v Dolních Chabrech. Právě v zastavěné části povodí vzniká velké ohrožení obyvatel při stoletém průtoky. Je to způsobeno především častým zatrubněním toku, které nedosahuje kapacity pro padesátiletý ani pro stoletý průtok. Dále k největšímu rozlivu vody dochází v horní části toku, kde se nachází zemědělské oblasti na pravém břehu a nezavlažovaná orná půda na břehu levém. V tomto okolí se nenalézá žádná osídlená oblast a nehrozí nebezpečí pro lidský život. Kde ale k nebezpečí může dojít, je chatová oblast v Drahaňském údolí, kde nedochází k tak velkému rozlivu vody, ale může zde hrozit při zvýšení hladiny eroze svahů.

Na toku se vyskytuje velké množství lávek a propustků a s čím model nepočítá je vliv různých překážek, které se mohou nacházet v okolí toku, vzniká menší průtočný profil, či může dojít přímo k zatarasení průtočného profilu a při vyšších průtocích dochází k obtékání těchto zasažených objektů.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

Sestavením modelu záplavového území, posouzení kapacity koryta vodního toku při vybraném průtoku a při posouzení technických staveb v korytě toku, může nastat nepřesnost vyplývající ze stanovení drsností koryta a inundace a na kvalitě geometrických dat, které se používají k sestavení koryta toku.

9. ZÁVĚR

Práce se zabývala hydrotechnickým posouzením vodního toku - Drahaňský potok, který pramení v obci Dolní Chabry. Celková délka posuzovaného toku činila 4 km a ústí do řeky Vltavy. Hlavními cíli této práce bylo vykreslení záplavového území pro pětiletou, dvacetiletou a stoletou povodeň v zájmové oblasti obce Dolní Chabry. Záplavová území byla přenesena do základních map přehledného měřítko, kde si reálněji představíme zasažené území. Poukázalo se na rizikové místo, které při zvýšení průtoku může způsobit rozsáhlé zaplavení v zastavěné části a může tak způsobit ohrožení na lidské zdraví.

Ne všechny faktory byly použity ve výstupech použitého modelu, jedná se především o překážky na břehu toku, které mohou zasahovat do průtočného profilu a tak snížit kapacitu profilu a může nastat povodňová situace v zájmovém území, která nebyla simulována. Aby se předcházelo těmto okolnostem, je nutná údržba toku. Údržbu a spravování stavu toku zajišťuje správce vodního toku s místní samosprávou. Dále práce přináší podrobný popis povodí Drahaňského potoka. Byly popsány hydrologické charakteristiky povodí – klimatické poměry, geometrické charakteristiky povodí, orografické charakteristiky, které nám určují nadmořské výšky a sklonitost, dále geologické poměry, krajinný pokryv a říční síť povodí.

Tato práce i přes malé odchylky může sloužit jako zdroj základního přehledu o daném území a může být využitelná pro obec při řešení protipovodňových opatření či pro další šetření nebo měření zájmového území.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

ABBOTT M. B., 1991: *Hydroinformatics: Information Technology and the Aquatic Environment*. Aldershot, Brookfield, USA : Avebury Technical, Aldershot, 158 s.

AHMAD S. a SIMONOVIC P., S., 2006: *An Intelligent Decision Support System for Management of Floods*. Water Resources Management, Vol 20, No 3, 391-410.

BRÁZDIL R., 2005: *Dějiny počasí a podnebí v českých zemích*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 379 s.

BRÁZDIL R. & kol., 2005: *Historické a současné povodně v České republice*. Masarykova Univerzita v Brně, Český hydrometeorologický ústav v Praze, Brno – Praha, 379 s.

BRUNNER W. G., 2008: HEC-RAS River Analysis System: *Hydraulic Reference Manual*. online:

http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documents/HEC-RAS_4.0_Reference_Manual.pdf, cit 13.1.2014

CLARKE R. T., 1973: *A review of some mathematical models used in hydrology, with observations on their calibration and use*. Journal of Hydrology, Vol 19, No 1 : 1 -20.

CUNDERLIK J. a SIMONOVIC S.P., 2004: *Calibration, verification, and sensitivity analysis of the HEC-HMS hydrologic model*. London: University of Western Ontario, 114 s.

ČAMROVÁ L., HROMÁDKA P., 2007: *Lokální bleskové povodně v ČR – možnost řešení z pozice samosprávných obcí*. In: Langhammer J. [ed]: *Změny v krajině a povodňové riziko*. PřF. UK, Praha, 251str.

DALY S. F., VUYOVICH C. M., 2003: *Modeling river ice with HEC-RAS*. CGU HS Committee on River Ice Processes and the Environment: 12th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers. s. 11.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

DAŇHELKA J., KREJČÍ J., ŠÁLEK M., ŠPERCL P., ZEZULÁK J., 2003: *Posouzení vhodnosti aplikace srážko-odtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území ČR*. ČZÚ, Praha. 214 s.

DAHŇELOVÁ L, 2004: *Život s povodněmi*. Arnika, Ostrava, 134 s.

DHI, 2003: MIKE 11 – *Modelling System for Rivers and Channels: Short Introduction Tutorial*. Danish Hydraulic Institute, Horsholm, Denmark, 88 s., online: <https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/geoekologie/mike-11-short-introduction-tutorial.pdf>, cit. 5. 11. 2011.

DOSWELL CH. A., 2011: *Encyclopedia of Atmospheric Sciences: Flooding*. 151 s.

DRBAL K., LEVITUS V., ŠTĚPÁNKOVÁ P., ŘÍHA J., DRÁB A., SATRAPA L., VALENTA P., VALENTOVÁ J., HORSKÝ M., 2009: *Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha, 87 s., online: http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/sber_sprava_vystupnich_dat, cit. 15. 2. 2012.

FOŠUMPAUR P., NACHÁZEL K., PATERA A., 2002: *Rozhodovací model operativního řízení povodňového odtoku z nádrže*. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 50 (1). 29-49.

GRAHAM D. N., BUTTS M. B., 2005: *Flexible Integrated Watershed Modeling with MIKE SHE*. In Singh V. P, Frevert D. K. [eds]: *Watershed Models*. CRC Press, Boca Raton, Florida: 245-272, online: http://www.dhigroup.com/upload/dhisoftwarearchive/papersanddocs/waterresources/MSHE_Book_Chapter/MIKE_SHE_Ch10_in_VPSinghDKFrevert.pdf, cit. 15. 2. 2014.

HEJDUK T., 2010: *Hydraulické a hydrologické modelování, Matematické modelování v povodí Litavky v rámci integrovaného systému*, disertační práce. Nepublikováno, Dep: Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

HOMAA E. S., [eds.]. Estimating hydrologic alteration from basin characteristics in Massachusetts. *Journal of hydrology*. Amsterdam: North-holland Publishing Company, 2013, č. 503, 196–208. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169413006537>

HRÁDEK F., KUŘÍK P., 2008: *Hydrologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

HRÁDEK F., KUŘÍK K. 2001: *Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ve vydavatelství Credit, 37 s.

HRÁDEK F., KUŘÍK P., 2003: *Protipovodňová opatření v povodích drobných vodních toků*. In Česká společnost krajinných inženýrů et al.: Protipovodňová prevence a krajinné plánování: sborník z mezinárodní konference. Česká společnost krajinných inženýrů, Pardubice, 323.

HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 2003, online: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>, cit. 14. 1. 2014

HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM VÚV TGM, 2012, online: <http://heis.vuv.cz/>, cit. 5. 4. 2012

HYDROSOFT VELESLAVÍN, 2014: Hydrocheck, Hydrosoft Veleslavín s. r. o., Praha, online: <http://www.hydrosoft.cz/produkty/hydrocheck/> cit. 14. 1. 2014.

JENÍČEK M., 2005: *Možnosti využití srážko-odtokových modelů na malých a středně velkých povodích*. In Langhammer J. [ed.]. Vliv změn přírodního prostředí povodí a údolní nivy na povodňové riziko. PřF UK, Praha. s. 112 - 126.

KEMEL M., 1996: *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Vydavatelství ČVUT, Praha.

KOVÁŘ P., 1990: *Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků na malých povodích*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

KOVÁŘ P., KŘOVÁK F. 2002 : *Učební text pro předmět Hrazení bystřin*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

KRAJEWSKI [eds.] 1991: *A Monte Carlo Study of Rainfall Sampling Effect on a Distributed Catchment Model*. Water Resources Research., Vol 27, No 1, s. 119-128.

LANGHAMMER, J., 2012: *Vliv antropogenních změn v krajině na povodňové riziko*. In: Koutský J., Raška P. [eds]: *Výzkum regionálního rozvoje - vybrané přístupy a témata*, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem, s. 133-153.

MAZZOLI P. a PISTOCCHI A. 2002: *Use of HEC-RAS and HEC-HMS models with ArcView for hydrologic risk management*. s. 305-310. Online: http://www.iemss.org/iemss2002/proceedings/pdf/volume%20uno/332_pistocchi.pdf cit. 12. 11. 2012.

MIGUEZ M. G. a CANEDO DE MAGALHÃES L. P., 2010: *Urban Flood Control, Simulation and Management - an Integrated Approach*., Vol 10, s. 132-160.

MMR, 2011: *Ochrana před povodněmi v územním plánování*. MMR ČR, Brno, online: http://eagri.cz/public/web/file/127015/Ochrana_pred_povodnemi_v_uzemnim_planovani.pdf, cit. 12.11.2012.

MŽP, Ministerstvo životního prostředí, 2000: *Strategie ochrany před povodněmi ČR*, on-line: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/strategie_ochrany_povodne/\\$FILE/OOV_strategie_povodne_20000419.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/strategie_ochrany_povodne/$FILE/OOV_strategie_povodne_20000419.pdf), cit: 23.12.2013.

NOVÁK L ST., NOVÁK L ML, 2011: *Protipovodňová opatření v České republice*. Český svaz vědeckotechnických společností, Praha, 74 s.

PATERA A. & kol., 2002: *Povodně: prognózy, vodní toky a krajina*. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha, 437s.

RISTIĆ R., KOSTADINOV S., ABOLMASOV B., DRAGIĆEVIĆ S., RADIĆ B., TRIFUNOVIĆ M. a RADOSAVLJEVIĆ Z.. 2012: *Torrential floods and town and*

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů

Barbora Závodská

country planning in Serbia. Natural Hazards and Earth System Science., Vol. 12, No 1, s. 23-35. Dostupné z: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/23/2012/>, cit: 21. 2. 2014.

QIN H., LI Z., FU G. 2013: *The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics*. Journal of Environmental Management. Vol 129,s.577-585.Online:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479713005495>, cit: 15. 2. 2014.

SLAVÍKOVÁ L., BAREŠ V., BENEŠ. R., JÍLKOVÁ J., STRÁNSKÝ D., VALENTOVÁ M. 2007: *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných území*. IREAS, Praha, 82 s.

SOBOTA J., 2007: *Vodní hospodářství*. ČZU, Praha.

TATE E., MAIDMENT D., 1999: *Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcView GIS*. Bureau of Engineering Research, s. 223. Online: <http://www.ce.utexas.edu/centers/crwr/reports/online.html>, cit: 11. 1. 2014.

INSTITUT PLÁNOVÁNÍ A ROZVOJE HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY, 2013: Územně analytické podklady: Přírodní podmínky krajina, online: http://www.uppraha.cz/uploads/assets/soubory/data/UAP/UAP2012/2_5_prirodni_podminky_krajina.pdf

VALENTA P., 2002: *Přístupy k řešení průchodu povodně širokou inundací*. In: Patera A, Váška J, Zezulák J, Eliáš V, [eds]: *Povodně: prognózy, vodní toky a krajina*. ČVUT, Ciceru Ostrava, 436 str.

VALENTOVÁ J., VALENTA P., 2006: *Vliv prostorové schematizace na kvalitu numerického modelování proudění vody při povodních*. Journal of Hydrologi and Hydromechanics Vol 54, No 1: 58 – 70.

VANDASOVÁ, K., 2011: *Vliv změn v zástavbě na povodně na území v oblasti Prahy*. Diplomová práce, ČVUT, Praha, 57 s.

Diplomová práce:

Hydrotechnické posouzení vodního toku Drahaňský potok a vodohospodářských objektů _____ Barbora Závodská

YU Z. 2003: *HYDROLOGY: Modeling and Prediction*. Elsevier Science Ltd. All Rights Reserved., Vol. 980, s. 1-2.

Zákon 254/2001 Sb. ze dne 28.června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

ZÁVODSKÁ BARBORA 2012: *Hydrologická studie a vodohospodářská opatření Motolského potoka*. Bakalářská práce, ČZU Praha, 51 s.

11. SEZNAM PŘÍLOH

11.A Hydrologické charakteristiky povodí

11.A.1 Klimatické poměry	1: 200 000
11.A.2 Zájmové území	1: 20 000
11.A.3 Zájmové území – ORTOFOTOMAPA	1: 20 000
11.A.4 Geologie	1: 15 000
11.A.5 Krajinný pokryv	1: 15 000
11.A.6 Říční síť	1: 20 000
11.A.7 Digitální model terénu	1: 30 000
11.A.8 Model TIN s příčnými profily	1: 15 000
11.A.9 Sklonitost	1: 20 000

11.B Příčné profily

11.B.1 Příčné profily - psané
11.B.2 Příčné profily - TIN

11.C Výstupy HEC - RAS

11.C.1 3D vykreslení rozliv vody – Q_{100}
11.C.2 Podélný profil vodního toku - Q_{100}
11.C.3 Vykreslení kapacity koryta na vybraných objektech - Q_{100}

11.D Vykreslení záplavového území - ZÚ

11.D.1 ZÚ - Q_5, Q_{20}, Q_{100}	1: 10 000
11.D.2 ZÚ - Q_5, Q_{20}, Q_{100} – ORTOFOTOMAPA	1: 10 000