

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



**Protipovodňová opatření pro ochranu průmyslových
areálů v oblasti města Bílina**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. František Křovák, CSc.

Diplomant: Bc. Kristýna Hrachová

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kristýna Hrachová

Voda v krajině

Název práce

Protipovodňová opatření pro ochranu průmyslových areálů v oblasti města Bílina

Název anglicky

Flood protection measures in Bílina township industrial zones

Cíle práce

Stanovit koncepci protipovodňové ochrany příbřežních průmyslových areálů podél řeky Bíliny

Metodika

1. přehled současných metod výpočtu hladinového režimu povrchových toků
2. terénní šetření a vyhodnocení současného stavu
3. příprava podkladů a sestavení hydraulického modelu pro vybraný úsek vodního toku ohroženého povodněmi
4. výpočet hladinového režimu pro průtoky velkých vod za současného stavu a po výstavbě protipovodňových opatření. Určení současné a možné míry ochrany zájmového území
5. zvážení variant technického řešení s ohledem na místní podmínky

Doporučený rozsah práce

30-50 stran normovaného textu. Dokumentace, přesahující tento rámec bude zařazena do příloh DP

Klíčová slova

protipovodňová opatření, řeka Bílina, hydraulický model, průmyslové areály

Doporučené zdroje informací

HAVLÍK, V., MAREŠOVÁ, I., (1994): Hydraulika I – příklady. ČVUT Praha, Praha, 355 s.

HEC-RAS River Analysis System, Applications' Guide, Version 4.1, January 2010

HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 4.1, January 2010

HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Version 4.1, January 2010

HYDROSOFT VELESLAVÍN s.r.o. (2008): Hydrocheck – uživatelská příručka (část 2 – objekty), verze 5.2.r185

HYDROSOFT VELESLAVÍN s.r.o. (2009): Hydrocheck – uživatelská příručka, verze 5.2.r251

HYDROSOFT VELESLAVÍN s.r.o. (2014): Digitální povodňový plán ORP Bílina

KOVÁŘ, Pavel, ŠTIBINGER, Jakub.(eds). Metodika návrhu a výstavby optimální varianty protipovodňových a protierozních opatření (PPPO) pro zmírnění extrémních hydrologických jevů-povodní a sucha v krajině.

KOVÁŘ P., 1988: Úpravy toků, skriptum. VŠZ Praha, Praha, 152 s.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) a související předpisy

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. František Křovák, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Konzultant

Ing. Zbyněk Novák

Elektronicky schváleno dne 14. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 14. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 11. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Františka Křováka, CSc. a že jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 10. 12. 2015

.....
Kristýna Hrachová

Poděkování

Děkuji Ing. Františkovi Křovákovi, CSc. za vedení, konzultace a odbornou pomoc při zpracování diplomové práce.

Dále děkuji: odboru vodohospodářského rozvoje s. p. POH v Chomutově za veškerá poskytnutá podkladová data, Ing. Tomášovi Pailovi z téhož odboru za čas a ochotu reagovat na dotazy a nejasnosti v průběhu zpracování práce, Mgr. Ondřeji Masákovi za podklady k povodňovým událostem na toku Bílina, říčnímu dozoru závodu Chomutov s. p. POH Ing. Rudolfovi Velvorskému za konzultaci k současnému stavu toku Bílina, vodohospodáři Dolů Bílina Ing. Romanovi Waniemu za konzultaci k vodohospodářským poměrům v zájmové lokalitě a za seznámení s činností areálu SD Bílina, odborům Městského úřadu v Bílině za konzultace nejen k vodohospodářské problematice v obci.

Abstrakt

Diplomová práce řeší posouzení stávající míry protipovodňové ochrany levobřežních průmyslových areálů AGC a.s. a Severočeské doly Bílina a.s. na řece Bílině v úseku ř. km 31,6342 až 35,1496. Vychází především z podrobného prošetření současného stavu řešeného území, z existujících geodetických podkladů a aktuálních hydrologických podkladů. Pro řešení problému autor využívá geografických informačních systémů (GIS) a softwaru HEC-RAS 4.1.0, který umožňuje jednorozměrné matematické modelování proudění v otevřených korytech.

Na základě výsledků matematického modelování a dle místních podmínek řešeného území dále zvažuje možná vhodná protipovodňová opatření. Zohledňuje při tom umístění objektů se škodlivými látkami pro životní prostředí i zdraví člověka uvnitř areálů a míru jejich ohrožení zaplavením. Podává informace o průmyslovém využití obou areálů a předkládá výčet používaných škodlivých látek pro životní prostředí i zdraví člověka.

Klíčová slova

AGC, Doly Bílina, GIS, HEC-RAS, povodně, protipovodňová opatření, průmysl, řeka Bílina

Abstract

This diploma thesis deals with current flood protection ratio assessment of left-bank industrial zone AGC a.s. and Severočeské doly Bílina a.s. within river km range 31,6342 - 35,1496 on the river Bílina. The thesis appears mostly from detailed present state description of the study area, from existing geodetic data and actual hydrological data. Author uses geographical information systems (GIS) and HEC-RAS 4.1.0 software for solving the task. HEC-RAS enables solve mathematical modelling of one-dimensional open channel flow.

Based on mathematical modelling results and local specifications of study area author considers an appropriate flood protection measures. In the line with this author takes into account location of objects with harmful chemicals for the environment and the human health inside the zones and the ratio of their flood risk. Author provides information about industrial usage of both zones and presents list of using harmful chemicals for the environment and the human health.

Keywords

AGC, The Bílina Mines, GIS, HEC-RAS, floods, flood protection measures, industry, river Bílina

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	9
1. ÚVOD.....	10
2. CÍLE.....	11
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1 Hydraulické řešení proudění v otevřených korytech.....	12
3.1.1 1D matematické modely	14
3.1.2 2D matematické modely	20
3.1.3 3D matematické modely	22
3.1.4 Nejistoty hydraulického výpočtu	24
3.2 Protipovodňová opatření	25
3.2.1 Technická opatření proti účinkům vody v ploše povodí	26
3.2.2 Technická opatření proti účinkům na vodních tocích	26
4. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	31
4.1 Vymezení zájmového území	31
4.2 Přírodní poměry	32
4.2.1 Geomorfologické a geologické poměry	32
4.2.2 Hydrogeologické a pedologické poměry.....	33
4.2.3 Klimatické poměry.....	34
4.2.4 Hydrologické poměry	34
4.3 Charakter ploch a zástavby v podrobně řešeném úseku řeky Bíliny	37
4.4 Historické údaje o velkých vodách	40
5. SOUČASNÝ STAV VODNÍHO TOKU BÍLINA V ŘEŠENÉM ÚSEKU.....	44
5.1 ř. km 31,6342 až 32,0770.....	45
5.2 ř. km 32,0770 až 33,0643.....	45
5.3 ř. km 33,0643 až 35,1496.....	47
6. LEVOBŘEŽNÍ PRŮMYSLOVÉ AREÁLY	48
6.1 Průmyslový areál AGC Automotive Czech a.s.	48
6.1.1 AGC Automotive Czech a.s.	50
6.2 Průmyslový areál SD Bílina	52
7. METODIKA VÝPOČTU PRŮBĚHU HLADINY PŘI POVODNÍCH	55
7.1 Formulace úlohy a potřebné podklady.....	55
7.2 Sestavení hydrodynamického modelu	60
7.2.1 Schematizace říční sítě	60
7.2.2 Příčné profily	62
7.2.3 Objekty v korytě	65

7.2.4	<i>Okrajové podmínky a výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění</i>	68
8.	VÝSLEDKY VÝPOČTU	69
8.1	Průmyslový areál SD Bílina a.s.	69
8.2	Průmyslový areál AGC a.s.	70
8.3	Kapacita koryta	73
8.4	Kapacita objektů	75
9.	PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ	77
10.	DISKUSE	80
11.	ZÁVĚRY	83
12.	LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE	84
13.	SEZNAM PŘÍLOH	89

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Bpv	výškový systém Baltský – po vyrovnání
ČD	České dráhy
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	čistírna odpadních vod
ČSN	Česká státní norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMR 5G	digitální model reliéfu 5. generace
DMT	digitální model terénu
GIS	geografické informační systémy
JPG	Joint Photographic (Experts) Group – grafický rastrový formát
LG Bílina	limnigraf Bílina
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
ORP	obec s rozšířenou působností
PCB	polychlorované bifenyly
PVC	polyvinylchlorid
Q ₅₋₁₀₀	n-leté průtoky pro doby opakování 5 až 100 let
ř. km	říční kilometr
SčVK a.s.	Severočeské vodovody a kanalizace a.s.
SD a.s. (SD Bílina a.s.)	Severočeské doly a.s.
shp	shapefile – datový formát pro ukládání vektorových prostorových dat
S-JTSK	systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (pravoúhlá souřadnicová síť používaná na území ČR)
SM5	Státní mapa 1:5 000
s. p. POh	státní podnik Povodí Ohře
TFW	textový soubor ASCII obsahující polohopisné informace o obrázku
TIFF	Tag Image File Format – souborový formát pro ukládání rastrové počítačové grafiky
TIN	trojúhelníková nepravidelná síť
TPE	termoplastický elastomer
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
1D, 2D, 3D	one-, two-, three-dimensional (jedno, dvou, třírozměrný)
atp.	a tak podobně
např.	například
resp.	respektive
tj.	to je
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaný

1. ÚVOD

Nedostatečná nebo žádná protipovodňová ochrana průmyslových podniků může představovat vážný problém. Dojde-li totiž v jejím důsledku k částečnému nebo úplnému zaplavení areálu, dochází často k velmi rozsáhlým škodám na technologických zařízeních, důsledkem čehož může být provozní činnost podniku dlouhodobě omezena, případně úplně zastavena. Povodňové škody, v závislosti na jejich rozsahu, a ušlý provozní zisk se pak pohybují i v řádech miliard korun.

Nejedná se však o jediné a nejvážnější následky povodní v průmyslových areálech, neboť řada průmyslových podniků při svém provozu používá nebo produkuje závadné látky pro životní prostředí i zdraví člověka. Jejich vyplavením a dalším šířením, byť v minimálním množství, do životního prostředí mohou být způsobeny značné ekologické škody, a to i nevratné. Zdraví člověka a všech živých organismů je ohrožováno unikajícími jedovatými látkami do vod, půdy a ovzduší. Ekosystémy bývají ještě dlouho po povodni nepříznivě ovlivňovány škodlivými látkami usazenými v naplaveninách.

Důležitost dostatečné ochrany před povodněmi v průmyslových oblastech je dobře patrná na nepříznivých dopadech úniku škodlivých látek do životního prostředí ze zaplavené chemické továrny Spolana Neratovice. Zde došlo v roce 2002 přelitím protipovodňové stěny areálu dimenzované na stoletou vodu, vodou pětisetletou k vyplavení zásobníků s jedovatým chlórem a dalších skladů jedovatých chemikálií. Kromě více než miliardových povodňových škod, byla později chemickými rozbory v blízkosti Spolany prokázána vysoká koncentrace dioxinů¹ a PCB v půdě a v potravinách. Testovaná skupina obyvatel Neratovic měla v krvi zhruba dvojnásobnou hladinu dioxinů než testovaná skupina obyvatel jiné obce, což vedlo k okamžitému zákazu konzumace potravin z vlastních zdrojů (Benešová et al. 2012; Šuta, 2012).

Ochranou průmyslových areálů před povodněmi se vzhledem k její důležitosti zabývá také tato diplomová práce. V rámci zpracování práce byl pro průmyslové areály AGC a.s. a SD Bílina a.s. vytvořen povodňový model a vyhodnocena stávající míra protipovodňové ochrany. Na základě výsledků a dle místních podmínek pak byly zváženy možnosti vhodných protipovodňových opatření. Při zpracování byla

¹ Dioxiny patří spolu s PCB do skupiny perzistentních organických látek (POPs), které již ve velmi malých dávkách způsobují hormonální poruchy, poškozují imunitní systém, způsobují rakovinu a mají nepříznivý vliv na reprodukci živočichů i člověka (Arnika, 2014).

zohledněna také ohroženost a situování objektů se závadnými látkami pro životní prostředí a zdraví člověka.

Nutno poznamenat, že na řece Bílině byla již v roce 2010 zpracována studie záplavového území, avšak uvedeným průmyslovým areálům se blíže nevěnovala. Autorovi diplomové práce v době jejího zpracování nebyl znám žádný dokument, který by protipovodňovou ochranu konkrétně těchto průmyslových areálů v minulosti řešil, natož pak společně s jejich rekognoskací a uvedením závadných látek se kterými je zde nakládáno. V tomto ohledu se pravděpodobně jedná o první dokument.

2. CÍLE

Hlavním cílem diplomové práce bylo stanovit koncepci protipovodňové ochrany levobřežních průmyslových areálů podél řeky Bíliny v úseku ř. km 31,6342 až 35,1496.

K úspěšnému stanovení:

- (1) provést podrobné terénní šetření v zájmové lokalitě a vyhodnotit současný stav,
- (2) získat potřebné podklady, sestavit hydraulický povodňový model a provést výpočet hladinového režimu pro průtoky velkých vod (Q_5 , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100}),
- (3) na základě výsledků výpočtu vyhodnotit současnou míru protipovodňové ochrany zájmového území se zaměřením na levobřežní průmyslové areály,
- (4) na základě výsledků výpočtu zvážit s ohledem na místní podmínky varianty technického řešení protipovodňové ochrany,
- (5) provést výpočet hladinového režimu pro průtoky velkých vod po realizaci případně vhodných protipovodňových opatření.

Vedlejším cílem bylo rozšířit obsah koncepce o:

- (1) informace o průmyslovém využití areálů,
- (2) výčet v areálech používaných škodlivých látek pro životní prostředí i zdraví člověka, včetně jejich situování uvnitř,
- (3) informace o historických povodňových událostech v zájmovém úseku toku a případném povodňovém ohrožení levobřežních průmyslových areálů,
- (4) přehled současných metod výpočtu hladinového režimu povrchových toků,
- (5) obecný přehled technických i netechnických opatření v protipovodňové ochraně.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Hydraulické řešení proudění v otevřených korytech

Pro hydraulické výpočty proudění v otevřených korytech a inundačních územích jsou vzhledem k rozvoji vysoce výkonné výpočetní techniky a široké dostupnosti výkonných osobních počítačů využívány matematické simulační modely. S postupujícím rozvojem numerických metod je možné hydraulické jevy a procesy modelovat komplexněji. V tomto ohledu zaznamenalo pokrok numerické modelování proudění v otevřených korytech, neboť je v současné době možné kromě základního jednorozměrného charakteru proudění (1D) modelovat také jeho prostorový průběh (3D), (Liu, 2014).

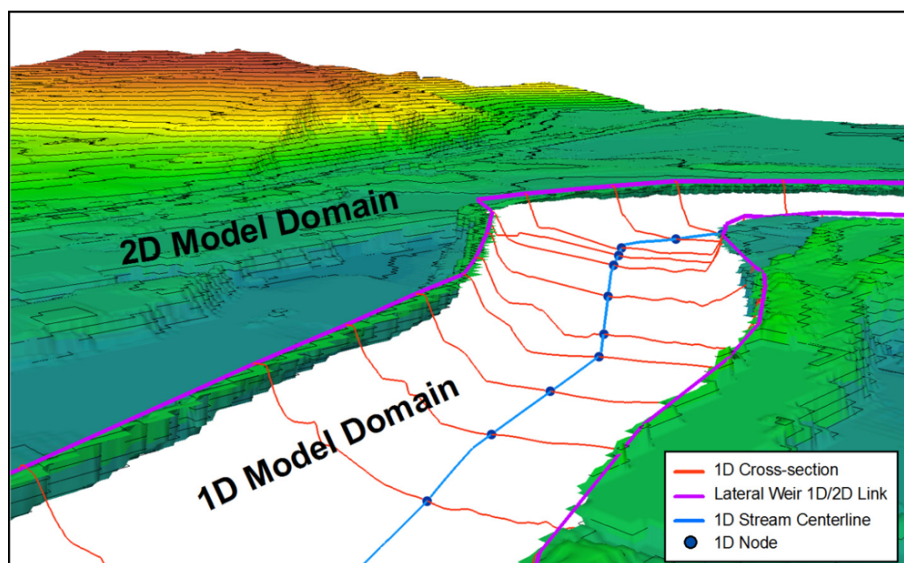
Na základě dimenzionality je tak možné matematické modely pro proudění v otevřených korytech zjednodušeně rozdělit na jednorozměrné (1D), dvourozměrné (2D) a třírozměrné (3D). Dále existují ještě modely pseudodvourozměrné (1,5D) a kvazitřírozměrné (2,5D). Vícerozměrné modely poskytují kromě *základních informací o poloze hladiny* i další výstupy, které jednorozměrné modely v potřebné kvalitě a spolehlivosti neposkytují. Těmi jsou např. informace o způsobu obtékání překážek, o celkovém charakteru proudového pole, o hloubkách vody a o směrech a velikostech rychlostí v celé modelované oblasti (Valentová et al. 2006).

Poznamenejme však, že vícerozměrné modely jsou náročnější na vstupní data, vlastní výpočet i na dobu zpracování. Volba dimenze modelu je tedy kompromisem mezi požadavky na výstupy použité metody, možnostmi jednotlivých metod modelování, úrovní dostupných dat a časovými a finančními možnostmi zpracovatele, resp. zadavatele.

Schematizace koryta a inundace, řídicí rovnice a jejich numerické řešení

Jednorozměrné a vícerozměrné modely se mimo jiné liší schematizací skutečného povrchu koryta a inundačního území. Zatímco u 1D modelů je povrch koryta a inundačního území schematizován příčnými nebo údolními profily, u vícerozměrných modelů je geometrie zadávána digitálním modelem terénu a schematizace je provedena pomocí sítě výpočetních bodů. Výpočetní síť se liší v závislosti na použité metodě numerického řešení řídicích rovnic. Nutno poznamenat, že základní rovnice pro proudění vody v tocích byly odvozeny s využitím zákona o zachování hmotnosti, hybnosti a energie. Úlohy jedno i

vícerozměrného proudění vody v otevřených korytech lze tak matematicky popsat soustavou řídicích rovnic (vždy v příslušném tvaru) – rovnicí kontinuity a pohybovou rovnicí. 1D matematické modely vychází ze soustavy parciálních diferenciálních řídicích rovnic Saint Venanta, 2D matematické modely z rovnic Reynoldsových a 3D matematické modely z rovnic Navier-Stokesových. Řídicí rovnice mohou být při numerickém modelování řešeny metodou konečných diferencí, metodou konečných objemů nebo metodou konečných prvků.



Obr. č. 1: Rozdíl 1D a 2D schematizace. Zdroj: URL1

1. **metoda konečných diferencí (metoda sítí)** – Výhody této metody spočívají ve snadném sestavení výpočetní sítě, relativně stabilním výpočtu a jeho kratší době trvání. Výpočetní síť bývá u 2D modelů nejčastěji obdélníková se stranami obdélníků rovnoběžnými s osami kartézského souřadného systému. Takovou výpočetní síť však není možné přizpůsobit korytu vodního toku v zakřivených tratích a nelze ji přizpůsobit ani překážkám a objektům na toku a v jeho okolí. Metoda sítí se používá pro výpočet ustáleného a především pro výpočet neustáleného proudění (Havlík, 2014).
2. **metoda konečných prvků** – Výpočetní síť je u 2D modelů tvořena kombinací trojúhelníkových a čtyřúhelníkových elementů (buněk). Proto je možné ji snadno přizpůsobit i velmi složitým prostorovým podmínkám. Díky tomu lze přesně modelovat překážky a objekty jako mosty, jezy, podélné ochranné hráze atp. Nevýhodou je však nestabilní výpočet a jeho dlouhá doba trvání. Metoda konečných prvků se používá pro výpočet ustáleného proudění ve velmi

komplikovaných záplavových územích nebo také pro podrobné modelování proudění objekty a obtékání překážek (Havlík, 2014).

3. **metoda konečných objemů** – Je kompromisem mezi výše zmíněnými metodami. Výpočetní síť tvoří u 2D modelů čtyřúhelníkové elementy, lze však měnit jejich rozměry i úhly. Využívá tedy křivočaré výpočetní sítě, jejíž tvar je možné přizpůsobit kromě tvaru koryta a inundačního území také tvaru překážek proudění (hráze, násypy, komunikace atp). Je nejpoužívanější metodou řešení řídicích rovnic u 3D matematických modelů, využívá ji zhruba 80 % komerčně dostupných programů (Havlík, 2014; Valenta, 2005).

Přesnost výsledků vícerozměrného modelování je závislá nejen na přesnosti vstupních podkladů, ale také na hustotě bodů ve výpočetní síti, případně na její vhodné volbě. Poznamenejme ještě, že čím je hustší výpočetní síť, tím je větší časová náročnost výpočtu. Stabilitu výpočtu zase podstatně ovlivňuje tvar elementů ve výpočetní síti. Obecně platí, že výpočetní síť se čtyřúhelníkovými elementy poskytuje stabilnější výpočet než síť s elementy trojúhelníkovými (Havlík, 2014).

3.1.1 1D matematické modely

1D matematické modely se uplatňují při simulaci průběhu hladin povodňových průtoků, při hydraulickém posouzení kapacit koryta a objektů, při stanovení postupu simulované povodňové vlny modelovaným úsekem toku. Pracují i s rozsáhlými, složitými říčními systémy a různými hydraulickými objekty (Lin et al. 2006; Valenta, 2005). Vzhledem k formě schematizace koryta a inundace, tj. příčnými a údolními profily je však využití jednorozměrných modelů omezené. Lze je využít pro oblasti převážně jednorozměrného charakteru proudění, např. při řešení proudění v korytě řeky s ne příliš širokým inundačním územím pravidelného tvaru (Valentová et al. 2006). V případě proudění v širokém inundačním území jsou většinou hloubky vody a rychlosti v průtočném profilu rozdílné natolik, že je pro výpočet potřebné použít 2D model (Říha et al. 2005).

Na rozdíl od 2D modelů, které poskytují informace o plošném rozdělení hloubek v záplavovém území, 1D modely poskytují informace o rozdělení rychlostí v průtočném profilu a s tím související poloze hladiny v jednotlivých jeho částech. Výsledky obsahují konstantní průřezovou rychlost a konstantní polohu hladiny vody

v celém průtočném profilu, avšak *průběh hladiny mezi profily není přesně znám* (Havlík, 2014; Říha et al. 2005).

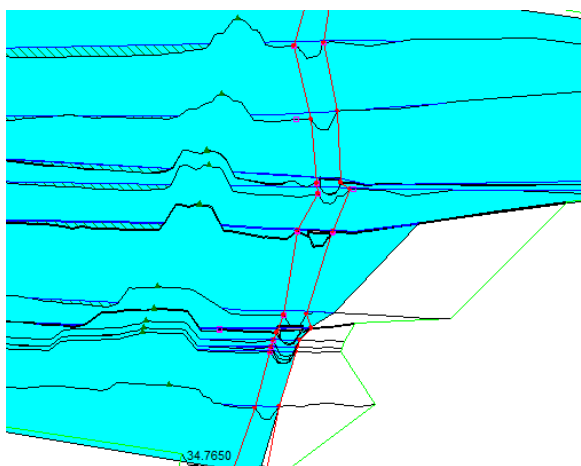
Výhoda 1D modelů spočívá v jejich jednoduchosti, snadné dostupnosti a ve schopnosti provést výpočet i značně dlouhých úseků vodních toků v krátkém čase (Havlík, 2014).

Vstupními daty potřebnými pro sestavení 1D matematického modelu jsou (Balvín et al. 2009):

- zaměřené příčné profily umístěné tak, aby mezi sousedními profily byl splněn předpoklad lineárního průběhu geometrických a hydraulických parametrů,
- okrajové podmínky, tj. návrhový průtok (ustálené proudění) nebo hydrogram N-leté povodně (neustálené proudění) jako horní okrajová podmínka a vhodně zvolená dolní okrajová podmínka – kritická hloubka, sklon hladiny, konzumní křivka,
- drsnosti koryta a inundačního území, resp. jejich rozložení v příčném profilu.

Pro 1D modelování se v současné době využívají např. programy – HEC-RAS, HYDROCHECK, MIKE 11.

Jednorozměrné matematické modely umožňují řešit ustálené i neustálené proudění, přičemž ustáleného proudění se používá pro výpočet průběhu hladin v podélném a příčných profilech a ke stanovení záplavového území. Neustálené proudění je vhodné pro výpočet transformace povodňových vln v podélném profilu vodního toku (Havlík, 2014).



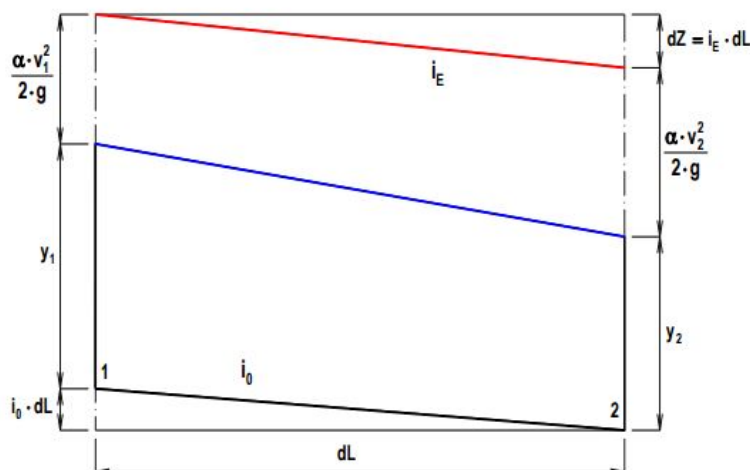
Obr. č. 2: 1D matematické modelování proudění v otevřených korytech. Zdroj: autor DP

V případě ustáleného proudění je průtok v daném profilu v čase konstantní, v případě neustáleného proudění je v čase proměnný. Ustálené proudění může být rovnoměrné, kdy je konstantní jak průtok, tak i další charakteristiky proudění a koryta (rychlost proudění, hloubka, drsnost, tvar a sklon koryta). Nebo nerovnoměrné, kdy je průtok konstantní v čase i v prostoru, ovšem všechny ostatní parametry koryta i proudění jsou po délce koryta proměnné. U přírodních toků se tvar, rozměry a sklon koryta po jeho délce mění, proto se s rovnoměrným prouděním setkáváme výjimečně – např. umělé kanály (Bedient et al. 1988). Nerovnoměrné proudění je řešeno obecnou metodou po úsecích.

Ustálené nerovnoměrné proudění

Výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění se provádí metodou po úsecích a vychází z řešení jednorozměrné *Bernoulliho energetické rovnice* a *rovnice kontinuity*. Délka toku je rozdělena na úseky, přičemž každý úsek je omezen horním a dolním profilem. Úseky jsou voleny podle charakteru proudění a podle jeho změn. Tzn., že se volí úseky s jednotným sklonem hladiny a s plynule se měnícím příčným průřezem. Hranice úseku je umístěna do míst náhlé změny (náhlá rozšíření nebo zúžení koryta) nebo do místa zaústění přítoku - mění se Q (Havlík et al. 1994).

Průběh hladiny mezi dvěma sousedními profily při nerovnoměrném proudění je znázorněn na následujícím obrázku:



Obr. č. 3: Nerovnoměrné proudění – průběh hladin. Zdroj: Havlík, 2010

Bernoulliho rovnici pro úsek mezi profilem 1 a 2 vyjádříme ve tvaru (Havlík, 2010):

$$i_0 \cdot \Delta L + y_1 + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = y_2 + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + i_E \cdot \Delta L + \zeta \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot g} \right) \quad (3.1.1.1)$$

kde: i_0 je průměrný podélný sklon koryta daného úseku [-], ΔL je délka úseku [m], y_1, y_2 je hloubka vody v daném profilu [m], α je Coriolisovo číslo [-], v_1, v_2 je průtočná rychlost v daném profilu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], $i_E \cdot \Delta L$ – ztráty třením na délce úseku [m] (i_E – průměrný sklon čáry energie [-]), ζ je součinitel místních ztrát [-], $\zeta(v_1^2 - v_2^2/2g)$ – ztráty místní [m].

Rozdíl hladin Δy je pak stanoven z rovnice (Havlík, 2010):

$$\Delta y = \frac{\alpha \cdot Q^2}{2 \cdot g} \left(\frac{1}{S_1^2} - \frac{1}{S_2^2} \right) + \frac{Q^2}{K_p^2} \cdot \Delta L + \zeta \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot g} \right) \quad (3.1.1.2)$$

kde: průměrný sklon čáry energie je vyjádřen z Chezyho rovnice jako $i_E = Q^2/K_p^2$, Q je průtok daným úsekem koryta [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], S_1, S_2 je průtočná plocha profilu [m^2].

Úrovně čar energie jsou dány vztahy (Havlík, 2010):

$$E_2 = y_2 + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} \quad (3.1.1.3)$$

$$E_1 = i_0 \cdot \Delta L + y_1 + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2 \cdot g} \quad (3.1.1.4)$$

Princip metody spočívá v rozdělení délky toku na úseky, přičemž se při výpočtu vychází ze známé polohy hladiny (y_2) a úrovně čáry energie (E_2) v dolním profilu úseku. Odhaduje se poloha hladiny (y_1) v horním profilu, pro kterou se získá úroveň čáry energie (E_1). Pro odhadnuté Δy se řeší rovnice (3.1.1.2), přičemž vyjde-li odlišná hodnota od hodnoty odhadnuté, provede se odhad znovu – až do požadované shody. Vypočtené Δy s požadovanou úrovní shody určuje úroveň hladiny v horním profilu, který je zároveň dolním profilem pro další úsek (Havlík et al. 1994).

Poznamenejme ještě, že při říčním proudění se postupuje směrem proti proudu, při bystřinném režimu proudění směrem po proudu.

Při správném odhadu musí platit rovnovážný stav (Havlík, 2010):

$$\frac{E_1 - E_2}{\Delta L} = i_E = \frac{Q^2}{C_p^2 \cdot S_p^2 \cdot R_p} \quad (3.1.1.5)$$

Kde: C_p - průměrná hodnota Chézyho rychlostního součinitele mezi sousedními profily, S_p - průměrná hodnota průtočné plochy mezi sousedními profily [m^2], R_p - průměrná hodnota hydraulického poloměru mezi sousedními profily [m].

Na uvedené metodě jsou založeny všechny dostupné matematické modely nerovnoměrného proudění (Havlík, 2010). V rámci diplomové práce bylo ustálené nerovnoměrné proudění řešeno za použití softwaru HEC-RAS.

Neustálené proudění

Výpočet jednorozměrného neustáleného proudění vychází z řídicích rovnic Saint Venanta. Jedná se o rovnici kontinuity a pohybovou rovnici ve tvaru (Valentová et al. 2006):

- rovnice kontinuity:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (3.1.1.6)$$

- pohybová rovnice:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(UQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} - S_0 \right) + gAS_f = 0 \quad (3.1.1.7)$$

Kde: Q je průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], A je průtočná plocha příčného průřezu [m^2], $U=Q/A$ je střední průřezová rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], h je hloubka vody [m], S_0 je sklon dna [-], S_f je sklon čáry energie [-], g je gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$], S_f představuje sklon čáry energie.

Sklon čáry energie vyjadřuje celkové hydraulické odpory - tření na dně, vlivy turbulence proudění, nerovnoměrnosti rychlostního pole v příčném řezu atd.

Neustálené proudění v otevřených korytech je nejčastěji řešeno numerickým řešením soustavy řídicích rovnic metodou konečných diferencí – metoda sítí (např. HEC-RAS). V případě 1D neustáleného proudění se jedná o jednorozměrnou variantu metody sítí (Akan, 2006). Výstupem je časová závislost průtoku na úrovni hladiny v místě zaměřených příčných nebo údolních profilů. Neustálené proudění lze řešit také metou konečných prvků (Havlík et al. 1992).

Model HEC-RAS

System HEC-RAS umožňuje výpočet ustáleného i neustáleného režimu nerovnoměrného proudění ve větvných i okruhových sítích říčních systémů metodou po úsecích. Pro vytvoření modelu je potřeba zadat data geometrie koryta a objektů, ztrátových součinitelů a okrajových podmínek. Modelovaný úsek toku je schematizován příčnými a údolními profily. Každý profil je rozdělen na vlastní koryto, pravou a levou inundaci. Zadávané vzdálenosti mezi uvedenými částmi sousedních profilů mají přímý vliv na výsledky výpočtu. Odpory koryta a inundačního území jsou zadávány v podobě Manningova drsnostního součinitele (n) nebo ekvivalentní drsnosti K . Program umožňuje drsnosti stanovit jako jednu hodnotu pro celou levou nebo pravou inundaci nebo koryto, případně je lze měnit v jednotlivých bodech příčného profilu. Zadaná hodnota pak platí od daného bodu až k bodu další změny hodnoty n , resp. K (Zezulák et al. 2010).

Do výpočtu lze zahrnout příčné i podélné objekty na toku. Možný je výpočet jezových objektů statických nebo pohyblivých, propustků různých tvarů (kruhové, eliptické, obdélníkové apod.), mostních objektů atd. Hydraulické funkce jezových a mostních objektů lze řešit při různých hydraulických režimech proudění: přelévání mostního objektu, volná hladina, zatopený vtok a volný výtok, tlakové proudění mostním profilem. Při zvolení režimu volná hladina je k dispozici několik výpočetních postupů: energetické řešení (Bernoulliho rovnice), momentové (rovnice hybnosti), empirická Yarnellova rovnice, metoda WSPRO (Zezulák et al. 2010).

Okrajové podmínky, nezbytné pro spuštění simulace proudění, se odvíjí od volby režimu proudění (ustálené nebo neustálené). V případě volby ustáleného nerovnoměrného proudění se pro oba okrajové profily zadávají pro jednotlivé povodňové scénáře pouze kulminační průtoky nebo výšky hladin. Při volbě neustáleného proudění je potřeba jako horní okrajovou podmínku zadat časové řady – např. hydrogram N -leté povodně (Zezulák et al. 2010).

Výpočtem ustáleného nerovnoměrného proudění získáváme vyšší hodnoty řešeného hladinového režimu než v případě neustáleného proudění (Křovák et al. 2014).

Hladinový režim může být řešen za předpokladu říčního nebo bystřinného proudění, případně je možné zvolit režim smíšeného proudění.

3.1.2 2D matematické modely

2D matematické modely umožňují stejně jako jednorozměrné modely řešit ustálené i neustálené proudění. Hydraulické výpočty proudění pomocí 2D modelů se používají v případech, kdy 1D modely již nemají dostatečnou vypovídající schopnost. Takovými případy jsou meandrující a morfologicky složité vodní toky, resp. vodní toky s inundačním územím morfologicky natolik členitým, že použití 1D schematizace není možné nebo je příliš komplikované. 2D modely lze stanovit plošné rozložení hloubky vody nebo vektory středních svislicových rychlostí proudění v různě členitém inundačním území. Na základě těchto charakteristik je následně možné v případě povodňové události určit např. plošný rozsah záplavového území, dobu zaplavení nebo intenzitu povodně. 2D matematickými modely je možné dále vyšetřit hydrodynamické účinky proudící vody na mostní podpěry nebo vliv překážky na okolní proudové pole (Balvín et al. 2009; Říha et al. 2005).

Matematickým základem 2D modelování proudění je soustava svisle integrovaných Reynoldsových rovnic, někdy také označovaných jako *rovnice mělkého proudu* (zahraniční literatura, např. Chen et al. 2012, používá pojem “*shallow water flow*“). Jedná se o rovnici kontinuity a dvě pohybové rovnice ve směrech x_1 a x_2 , přičemž základními neznámými jsou hloubka vody h a složky průměrných svislicových rychlostí u_1 a u_2 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]; (Valenta, 2005):

- rovnice kontinuity

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (3.1.2.1)$$

- pohybová rovnice

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -g \frac{\partial}{\partial x_i} (h + z_b) + \frac{1}{\rho h} \frac{\partial}{\partial x_j} (hT_{ij}) + S_i; \quad i, j = 1, 2 \quad (3.1.2.2)$$

kde u_i je vektor průměrné svislicové rychlosti [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$], t je čas [s], g je gravitační zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$], h je hloubka vody [m], z_b je svislá souřadnice polohy dna [m], ρ je hustota vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$].

Součástí pohybových rovnic je člen S_i [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$], který obecně vyjadřuje působení vnějších sil a napětí, tj. např. tečné napětí na dně τ_b , tečné napětí na hladině vlivem větru τ_w a Coriolisovo zrychlení f_c .

Člen S_i je vyjádřen vztahem:

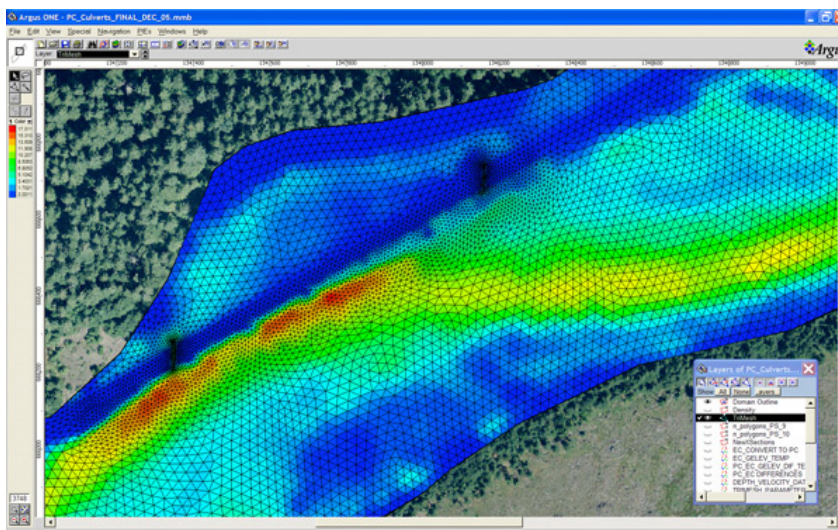
$$S_i = \frac{1}{\rho h} (\tau_{w,j} - \tau_{b,i}) + f_{c,i} \quad (3.1.2.3)$$

Tenzor efektivních napětí $T_{i,j}$ zahrnuje laminární napětí vznikající vlivem viskozity, turbulentní Reynoldsova napětí a napětí vlivem nerovnoměrnosti rychlostních profilů ve svislici. Vzhledem k tomu, že tenzor efektivních napětí zahrnuje turbulentní Reynoldsova napětí, jsou společně efektivní napětí modelována podle principu turbulentní viskozity, která je určována dvourovnicovým modelem turbulence. Tím je neuzavřený systém řídicích rovnic rozšířen o další přenosové rovnice (Valentová et al. 2006).

Vstupními daty potřebnými pro sestavení 2D matematického modelu jsou (Balvín et al. 2009):

- geodetické zaměření modelovaného úseku toku a inundačního území pro vytvoření digitálního modelu terénu, zaměření objektů, příčných a podélných staveb,
- návrhový průtok nebo hydrogram N-leté povodně pro posuzovanou lokalitu,
- drsnosti koryta a inundačního území,
- okrajové podmínky pro oba okrajové profily modelované části toku.

Pro 2D modelování se v současné době využívají programy založené na metodě konečných diferencí – FLUVIUS, TUFLOW, MIKE 21; na metodě konečných prvků – SHALLOW, FESWMS; na metodě konečných objemů - FAST2D (Havlík, 2014).



Obr. č. 4: 2D matematické modelování proudění v otevřených korytech. Zdroj: URL2

3.1.3 3D matematické modely

Třírozměrného modelování se používá pro úlohy malého rozsahu, zejména se jimi vyšetřuje prostorové proudění ve tvarově složitých prostředích. Vhodné jsou k simulaci obtékání objektů v otevřených korytech (např. středových a břehových podpěr mostních objektů a propustků, jezů, rybích přechodů atp). Na základě takové simulace lze zjistit např. překročení vymílacích rychlostí. Na výsledky je pak možné reagovat třeba návrhem vhodného opevnění dna a břehů koryta (Liu, 2014; Balvín et al. 2009).

Nevýhodou 3D modelů je jejich náročnost na rychlost a velikost operační paměti současné výpočetní techniky. Z těchto důvodů se pro modelování delších říčních úseků využívá kombinace 2D a 3D schematizace, kde rozdělení svislicových rychlostí v profilu před objektem ze 2D modelu slouží jako vstupní okrajová podmínka pro 3D model. Ke 3D matematickému modelování proudění v otevřených korytech se používají např. programy Fluent, Flow3D, Phoenics nebo COMSOL Multiphysics (Balvín et al. 2009).

Třírozměrné modely umožňují řešit turbulentní proudění a jsou založené na 3D Navier-Stokesových rovnicích (Novak et al. 2010). Soustava Navier-Stokesových rovnic popisuje okamžitý stav turbulentního proudění, přičemž turbulentní proudění je výsledkem náhodných vířivých pohybů, tj. turbulentních vírů různých velikostí. U nejmenších dochází k disipaci, tedy k přeměně kinetické energie v teplo. Podstatné je, že modelovat turbulentní proudění lze v zásadě třemi metodami. Nejpoužívanější je metoda středovaných Navier-Stokesových rovnic (RANS – Reynolds-averaged-Navier-Stokes equations), při které jsou modelovány víry všech měřítek. Další metoda je LES (Large Eddy Simulation), při které je simulován pohyb velkých vírů a metoda DNS (Direct Numerical Simulation), při které jsou přímo počítány víry všech měřítek (Sturm, 2010; Příhoda et al. 2007).

Navier-Stokesovými rovnicemi jsou míněny rovnice základních zákonů zachování, tj. zákona zachování hmotnosti, hybnosti a energie, které popisují proudění vazké stlačitelné kapaliny. Řídící rovnice jsou následující (Příhoda et al. 2007):

- zákon zachování hmotnosti (rovnice kontinuity)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_j)}{\partial x_j} = 0 \quad (3.1.3.1)$$

- zákon zachování hybnosti (zpravidla označovány za Navier-Stokesovy rovnice)

$$\frac{\partial(\rho U_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_i U_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} + \rho g_i; \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (3.1.3.2)$$

Tenzor vazkých napětí τ_{ij} je dán vztahem $\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial U_k}{\partial x_k} \right) + \zeta \delta_{ij} \frac{\partial U_k}{\partial x_k}$ (3.1.3.3)

- zákon zachování energie

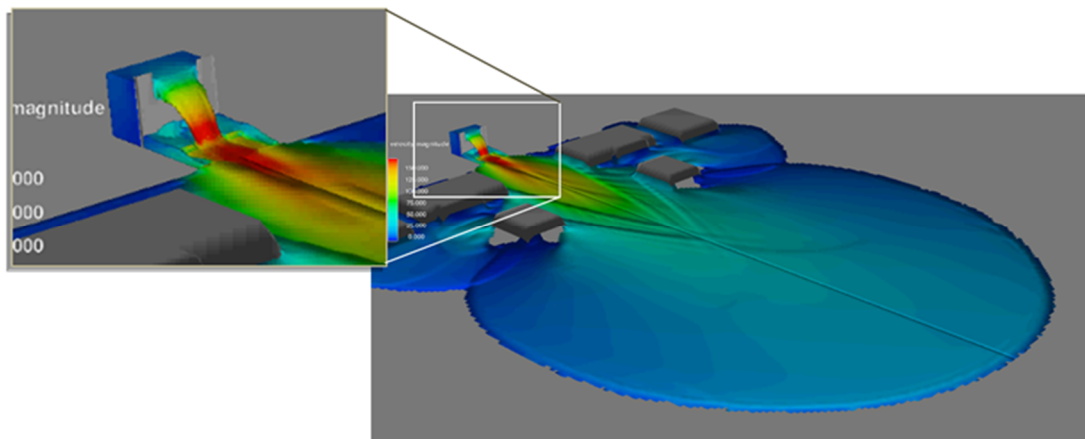
$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho h U_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial P}{\partial t} + U_j \frac{\partial P}{\partial x_j} + \tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \frac{\partial q_j}{\partial x_j} \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (3.1.3.4)$$

Disipační funkce $\tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j}$ vyjadřuje disipaci energie vlivem vazkosti, q_j je tok tepla

dán Fourierovým zákonem $q_j = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j}$.

Pro dané vztahy platí: U_i je vektor rychlosti vody [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$], P je tlak [Pa], ρ je hustota kapaliny [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$], g_i je vektor gravitačního zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$], t je čas [s], μ je dynamická viskozita [Pa.s], δ_{ij} je Kroneckerův tenzor, ζ je objemová vazkost, T je teplota, λ je součinitel tepelné vodivosti.

Jedná se o rovnice ve třech směrech x_i (x_1, x_2, x_3) os kartézského souřadného systému.



Obr. č. 5: 3D matematické modelování. Zdroj: URL3

3.1.4 Nejistoty hydraulického výpočtu

Vzhledem k tomu, že všechny výše uvedené matematické modely jsou jistým zjednodušením skutečnosti a žádný není schopen přesně vystihnout skutečné chování v reálném prostředí, jsou s jejich použitím spojeny nejistoty. Nejistoty jsou hlavním důvodem potenciálních povodňových škod, poruch hydrotechnických staveb i celých vodohospodářských systémů. Plynou především z nedostatku znalostí o působících jevech a procesech a z chybějících podkladů pro určení vstupních parametrů popisujících tyto procesy. Nejistoty hydraulického výpočtu koryta jsou dány jednak nejistotami v datech vstupujících do výpočtu a jednak nejistotou samotného modelu.

Z hlediska nejistot vstupních dat se jedná především o nepřesný geometrický popis tvaru koryta a nepřesný popis a vystižení tvaru, funkce a provozních stavů objektů na tocích. Dále pak se jedná o nejistoty v hydrologických podkladech. Nejistoty v geometrii koryta a popisu objektů lze omezit pečlivým zaměřením koryta, objektů i souvisejícího inundačního území, terénním průzkumem, fotodokumentací, konzultacemi s vlastníky a správci vodohospodářských děl nebo studiem manipulačních a provozních řádů.

Nejistoty v hydrologických podkladech jsou dány metodou stanovení hydrologických údajů. Zejména u toků, na nichž není běžně prováděno pozorování. Nejistoty v M-denních a N-letých průtocích jsou způsobeny chybami:

- v měření vodních stavů a jejich průměrování, v měření rychlostí,
- v měření rozměrů průtočného profilu (šířky, hloubky atp.),
- ve výpočtu průtoků, v odvození měrných křivek průtoku v měrných profilech,
- v přepočtu, resp. extrapolaci řad průtoků, charakteristik a parametrů do nepozorovaných profilů.

Poskytované hydrologické údaje jsou dle ČSN 75 1400 klasifikovány do čtyř tříd přesnosti, u kterých je nejistota vyjádřena pro jednotlivé N-leté a M-denní průtoky směrodatnou chybou [%]. I. třída přesnosti přitom disponuje nejnížší směrodatnou chybou.

Nejistota modelu vychází z nejistoty stanovovaných vstupních parametrů, přičemž se zejména jedná o stupeň drsnosti, který vyjadřuje odporové vlastnosti jak vodního toku, tak inundačního území. Dále se jedná o odhad hydraulických parametrů objektů, jako přepadových a výtokových součinitelů atp. Významným

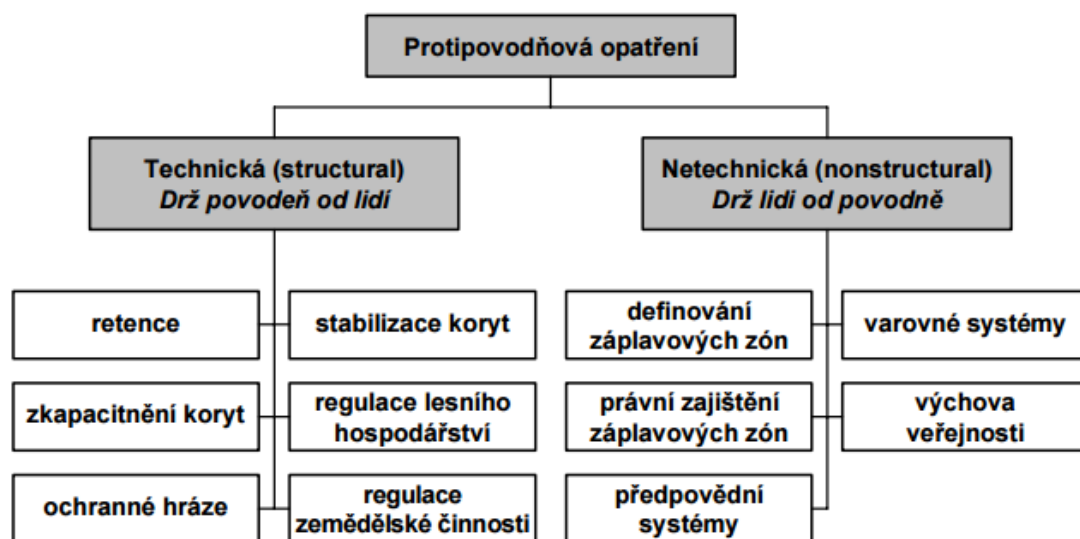
zdrojem nejistoty hydraulického modelu je nepřesnost použité numerické metody řešení řídicích rovnic nebo u vícerozměrných modelů volba modelu turbulence.

(Říha et al. 2005)

3.2 Protipovodňová opatření

Vyhodnocením výsledků matematických simulačních modelů získáváme informace o chování povodně při průchodu daným územím, o poloze hladiny v korytě i v inundačním území, o kapacitě koryta a objektů nebo o rozložení rychlostí proudění v modelované oblasti. Dostáváme tak do ruky základní podklady pro návrh a posouzení účinnosti různých variant protipovodňových opatření. Vhodná volba způsobu protipovodňové ochrany přitom musí vycházet z charakteru a místních podmínek lokality, kterou je potřeba chránit.

Prvky protipovodňové ochrany lze obecně rozčlenit na *technická* a *netechnická (nestavební) opatření* (viz schéma).



Obr. č. 6: Klasifikace protipovodňových opatření. Zdroj: Jílková et al. 2006

Jako netechnická opatření uvedme např. stanovování záplavových zón, osvětlu veřejnosti v oblasti chování při povodňových situacích nebo činnost předpovědí a varovných systémů. Technická je možné klasifikovat na *opatření proti účinkům vody na ploše povodí* a na *opatření proti účinkům na vodních tocích*.

Opatření proti negativním účinkům vody v ploše povodí jsou zaměřena zejména na regulaci rozsahu, druhů a věkové skladby lesních porostů, na regulaci zemědělské činnosti (agrotechnická opatření – např. osevnické postupy) nebo na výstavbu technických protierozních a retenčních opatření. Na vodních tocích se pak

jedná např. o údržbu, čištění a zkapacitňování koryt, snižování hloubkové a boční eroze nebo výstavbu ochranných hrází a retenčních nádrží (FSv ČVUT, 2015).

Úkolem technických opatření je především zmírnit účinky povodně zachycením části jejího objemu, čímž se sníží kulminační průtoky a realizovanými technickými prostředky eliminuje nežádoucí rozliv (Hydroprojekt CZ a.s., 2007).

3.2.1 Technická opatření proti účinkům vody v ploše povodí

Regulace rozsahu, druhů a věkové skladby lesních porostů - Pro povodně s menší dobou opakování jsou regulace významné z hlediska retence vody v povodí, významnější je však jejich funkce jako protierozního opatření. Účinky regulace se projevují postupně, až za relativně dlouhou dobu jsou plně funkční, a mají malý efekt na retenci vody při povodni (Jílková et al. 2006).

Regulace zemědělské činnosti - Pro povodně s menší dobou opakování jsou významné z hlediska retence vody v povodí, zásadní je však jejich význam jako protierozních opatření (zejména růst podílu trvalých travních porostů). Regulace v povodí je však obtížné prosadit, neboť v naprosté většině případů zasahují do práv velkého počtu vlastníků pozemků. Účinek těchto opatření spočívá ve zvýšení zásoby vody a snížení eroze v povodí, zpomalení odtoku vody z plochy (Jílková et al. 2006).

Výstavba retenčních a protierozních opatření – Do této skupiny opatření řadíme průlehy, příkopy, meze, mokřady, dále také zvětšování retenčního prostoru existujících malých vodních nádrží, údržbu drenážních systémů nebo umožnění vsaku povrchové vody na nepropustných plochách. Jedná se o opatření velmi účinná na malých povodích, kde mohou významně snížit povodně s malou pravděpodobností výskytu. Jejich účinek spočívá ve snížení hladiny a průtoku pod retenčním opatřením, dále ve snížení eroze a transportu splavenin do dolních úseků (Jílková et al. 2006).

3.2.2 Technická opatření proti účinkům na vodních tocích

Údržba a čištění koryt – Opatření, která se provádějí na neupravených i upravených tocích, na ochranných hrázích i objektech na toku. Zabezpečuje se tak jimi jejich provozuschopnost, kapacita a stabilita. Jedná se hlavně o údržbu vegetačních opevnění (břehových a doprovodných porostů), odstraňování překážek a nánosů, nápravu poškozeného stavu (Jílková et al. 2006).

Zkapacitnění koryt – Zkapacitnění koryta vodního toku se dosahuje jeho rozšířením, prohloubením, vytvořením sekundárního koryta pro převedení povodňových průtoků, snížením berem dvojitého příčného profilu, údržbou a čištěním, zvýšením podélného sklonu nebo snížením drsnosti koryta. Těmito opatřeními lze účinně snížit hladinu povodňového průtoku ve zkapacitněném úseku (Jílková et al. 2006).

Snižování hloubkové a boční eroze – **Hloubková eroze** je problémem v horských, případně podhorských úsecích vodních toků. Technická opatření mají stabilizovat podélný profil koryta. Realizují se např. stupně ve dně, balvanité skluzy, jezy se zařízením pro tlumení kinetické energie, příčné prahy, šterkové přehrážky. Účinek spočívá ve stabilizaci koryta, omezení hloubkové eroze a zdroje splavenin pro zanášení dolních úseků (Jílková et al. 2006).

Problém **boční (břehové) eroze** se objevuje na horských, podhorských, zejména pak na nížinných úsecích vodních toků. Opatření, která se realizují, jsou všechny typy a konstrukce břehových opevnění. Účinně stabilizují břehy (Jílková et al. 2006).

Možné způsoby stabilizace koryta uvádí následující schéma:

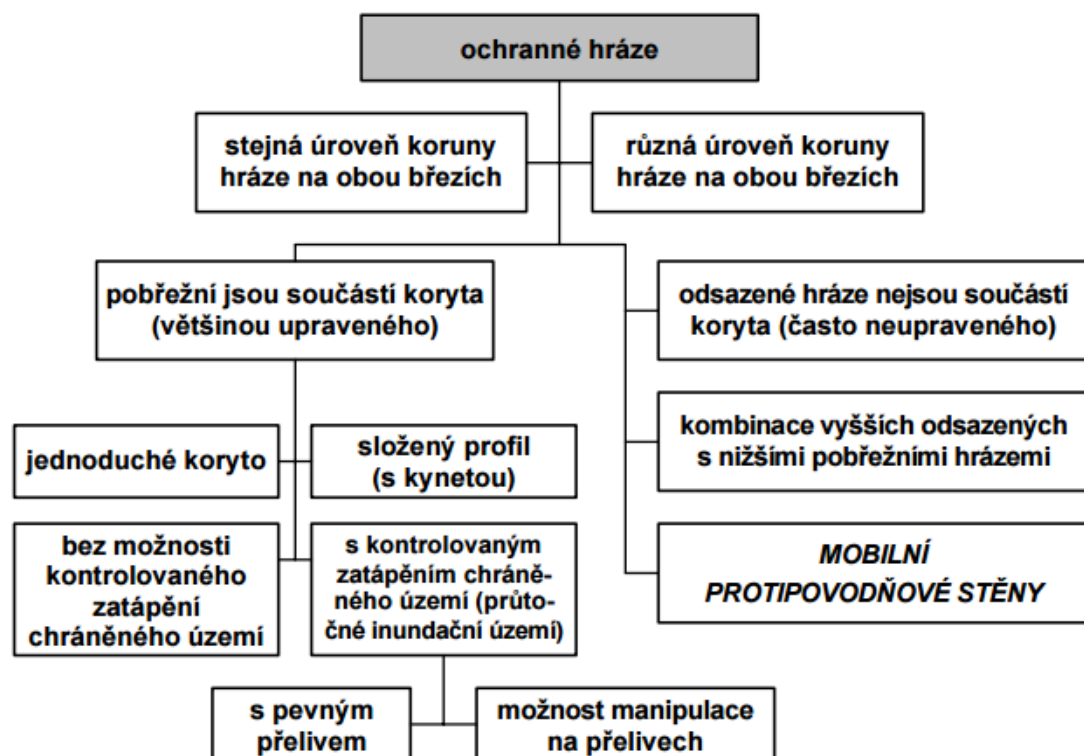


Obr. č. 7: Způsoby stabilizace koryta. Zdroj: Jílková et al. 2006

Výstavba ochranných hrází a retenčních nádrží – **Ochranné hráze** se budují jako nízké homogenní, mohou být pobřežní nebo odsazené od koryta. Ohrázování toku je možné jednostranně i oboustranně s různou výškou hrází na jednom a druhém břehu.

Lze je opatřit výpustnými a nápustnými objekty. Problém představuje zaústění přítoků a stokové sítě, kdy existuje riziko zaplavení vnitřního prostoru za hrází prostřednictvím kanalizace. Ochranné hráze zajišťují vysokou míru ochrany, ovšem je s nimi spojena i řada rizik. Nebezpečím je riziko protržení, čímž by došlo k neočekávanému a nekontrolovanému zaplavení vnitřního, chráněného prostoru (Jílková et al. 2006).

Zvláštním typem ochranných hrází jsou **mobilní protipovodňové stěny**. Jejich výstavba je vhodná v intravilánu, protože vizuálně nenarušují vzhled města. Výhodné jsou pro snadnou a rychlou instalaci a dlouhou životnost. Materiálem jsou nejčastěji slitiny hliníku.



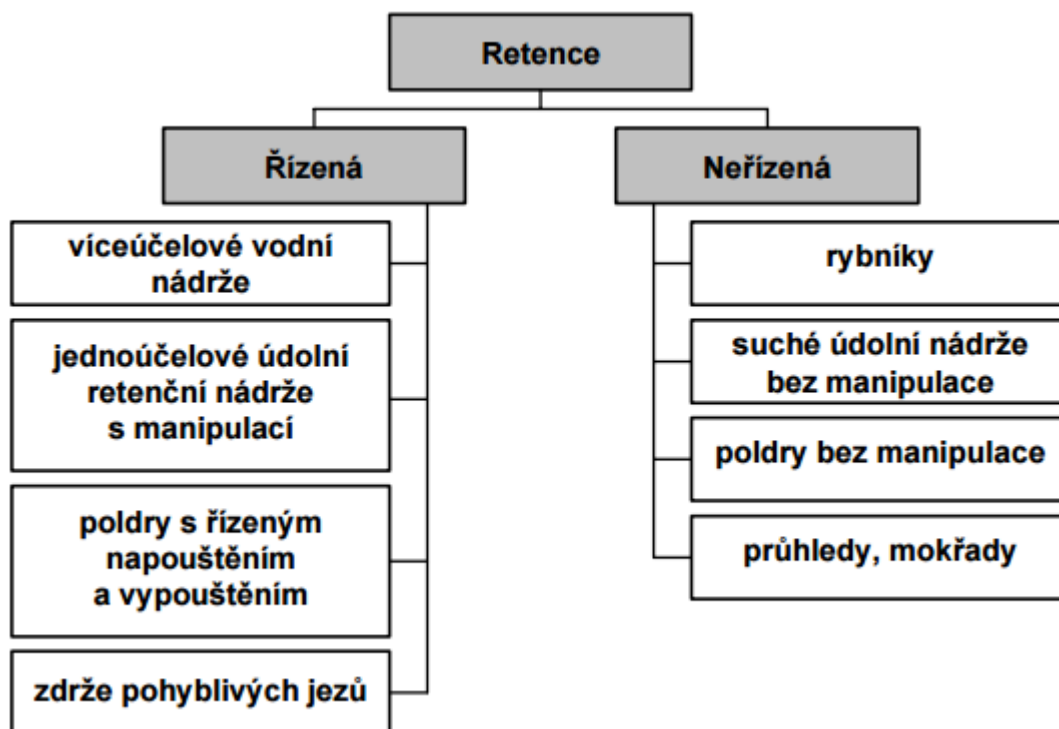
Obr. č. 8: Ochranné hráze. Zdroj: Jílková et al. 2006

Dalším způsobem protipovodňové ochrany jsou **retenční prostory údolních nádrží**. Většinou se jedná o víceúčelové nádrže, jen výjimečně je celý nádržní prostor vyhrazen pro retenci. *Na řece Bílině byla čistě retenční nádrž Kyjice pro ochranu Ervěnického koridoru, i v té byla ale nakonec vyhrazena část prostoru jako zásobní.* Retenční nádrže snižují průtok a hladinu vody pod hrází, oddalují čas kulminace povodně, ovlivňují splaveninový režim vodního toku (Jílková et al. 2006).

Retenční prostory poldrů jsou při povodních řízeně plněny a po jejím odeznění výpustnými objekty prázdněny. V mezičase než jsou opětovně plněny, se

využívají nejčastěji zemědělsky. Jedná se o suché ohrázené nádrže s nádržním prostorem kompletně vyhrazeným pro retenci. Nevýhodou je nákladná údržba celého retenčního prostoru i všech výpustných a nápustných zařízení, ta totiž musí být udržována provozuschopná i v době, kdy se odpovídající povodeň nevyskytuje. Poldry snižují průtok a hladinu vody pod ním, oddalují čas kulminace povodně (Jílková et al. 2006).

Možná retenční opatření viz následující schéma:



Obr. č. 9: Retenční opatření. Zdroj: Jílková et al. 2006

Technická opatření umožňují poměrně jednoznačně stanovit míru ochrany a vyčíslit náklady na realizaci a efektivitu vzhledem k chráněnému území, představují však zásah do krajiny, který kromě řešení vodohospodářských problémů často přináší problémy ekologické. Z podnětu MŽP je tak v oblasti realizace protipovodňových opatření prosazován nový přístup jejich řešení. Tím jsou tzv. **přírodě blízká protipovodňová opatření**. Myšlenka takových opatření spočívá v účinné kombinaci zajištění ochrany osob i majetku před povodněmi spolu se zajištěním dobrého ekologického stavu krajiny. Aplikovat je lze nejen na vodních tocích, ale i v celé ploše povodí.

Přírodě blízká protipovodňová opatření v ploše povodí

Ministerstvo životního prostředí představuje tato opatření jako taková, která sníží vodní erozi, eliminují zatížení vod živinami, zvýší retenci vody v krajině a současně zachovají produkční schopnost půdy. Rozumí se jimi tedy zejména agrotechnická, organizační a biotechnická protierozní opatření (MŽP, 2015).

Přírodě blízká protipovodňová opatření na vodních tocích

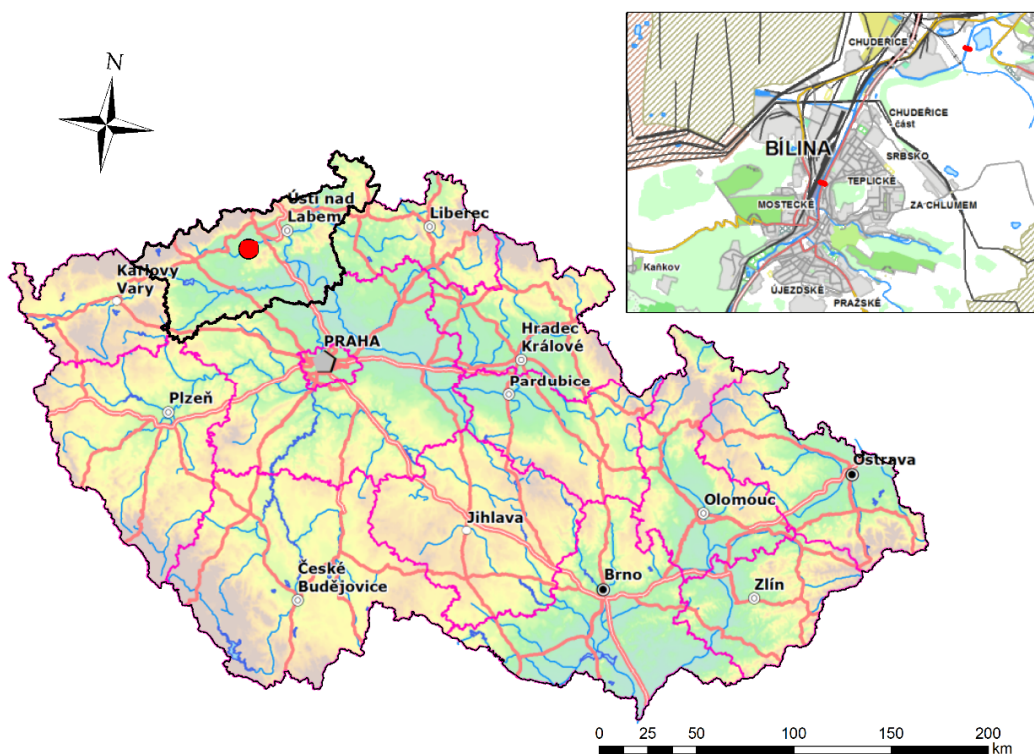
Ministerstvo životního prostředí představuje tato opatření jako taková, která umožní zlepšit podmínky pro život vodních organismů, umožní zlepšit samočisticí schopnost vodního toku a zvýšit povodňovou ochranu. Jedná se tedy o vhodná revitalizační opatření toku v nezastavěných i v zastavěných územích (MŽP, 2015).

4. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

4.1 Vymezení zájmového území

Průmyslový areál sklárny AGC a.s. i areál SD Bílina a.s. se nachází v ORP Bílina, ve střední části Ústeckého kraje, v nadmořské výšce okolo 207 m. Oba areály jsou situovány na levém břehu řeky Bíliny v podrobně řešeném úseku vymezeném ř. km 31,6342 (v. n. Mária) a 35,1496 (silniční most k vlakovému nádraží).

Řeka Bílina na délce vymezeného úseku protéká katastrálním územím obce Bílina (městskými částmi Teplické předměstí a Chudeřice) a částí katastrálního území obce Světec. Posuzované areály se z naprosté většiny rozkládají na území města Bíliny. V oblasti soutoku Bíliny a Štrbického potoka však průmyslový areál sklárny AGC a.s. částečně zasahuje do katastrálního území obce Světec.



Obrázek č. 10: Zájmové území. Zdroj: autor DP

4.2 Přírodní poměry

4.2.1 Geomorfologické a geologické poměry

Z geomorfologického hlediska je ORP Bílina součástí Hercynského systému, provincie Česká vysočina, subprovincie Krušnohorská soustava a Podkrušnohorské oblasti. V podrobnějším členění náleží její severní polovina do celku Mostecká pánev, podcelku Chomutovsko-teplická pánev, okrsku Duchcovská pánev. Jižní polovina náleží do celku České středohoří, podcelku Milešovské středohoří, okrsku Bořeňské středohoří.

Podrobně řešený úsek vodního toku Bílina se nachází v geomorfologickém celku Mostecká pánev, v podcelku Chomutovsko-teplická pánev a v okrsku Duchcovská pánev. Duchcovská pánev se jako celý okrsek vyznačuje nezpevněnými terciárními strukturami České vysočiny. Bořeňské středohoří je popisováno jako členitá vrchovina neovulkanických struktur České vysočiny v oblasti destruovaných povrchových tvarů s rozsáhlými zbytky zarovnaných povrchů (Hydrosoft Veleslavín, 2014). Nejvyšším vrcholem Bořeňského středohoří je hora Bořeň (539 m n. m.).

Geomorfologický a geologický vývoj zájmového území odstartovalo v prvohorách variské vrásnění Krušných hor. Následně koncem druhohor a v oligocénu došlo k parovinnému zarovnání pohoří. Vlivem tohoto procesu vznikla ve stejné době Mostecká pánev, jakožto podélný prohyb zarovnaného krušnohorského povrchu. K vývoji vulkanicko-tektonické zóny došlo ve třetihorách v důsledku probíhajícího alpského vrásnění (Kunský, 1974).

Z geologického hlediska jsou v podrobně řešeném úseku obsaženy horniny ze soustavy Český masív, přičemž se jedná zejména o kvartérní nezpevněné sedimenty. Dále se zde nachází terciární vulkanity a terciární nezpevněné sedimenty, metamorfity spodního paleozoika (ortoruly) a křídové zpevněné sedimenty (slínovec, vápenec). Z kvartérních nezpevněných sedimentů zaujímají největší plochu navážky, výsyvky a odvaly. Samotný tok a jeho blízké okolí se nachází na kvartérních nivních sedimentech (hlína, písek, štěrk). Širší oblast říční nivy pravého i levého břehu reprezentují zejména spraše a sprašové hlíny, kamenitý až hlinito-kamenitý sediment a deluvioeolický sediment (hlína, písek).

4.2.2 Hydrogeologické a pedologické poměry

Zájmová část ORP Bílina, tj. město Bílina, je řazena do hydrogeologického rajonu 2131 – Mostecká pánev, severní část. Jedná se o oblast s narušeným hydrologickým a hydrogeologickým režimem v důsledku porušení přirozených podzemních zvodní těžbou a deponiemi vytěžené hlušiny (Šindlerová et al. 2014). Území je charakteristické více kolektorovým zvodnělým systémem v terciérních a křídových pánevních sedimentech. V severní části ORP převládá komplex terciérních limnických sedimentů se dvěma kolektory:

- a) písky, obvykle v nadloží sloje, s průlinovou propustností a napjatou hladinou podzemní vody,
- b) uhelná sloj s puklinovou propustností a hladinou podzemní vody ovlivněnou těžbou.

Do tohoto komplexu spadá podrobně řešený úsek vodního toku Bílina a jeho okolí.

V jižní části ORP převládá křídový komplex turonských až coniackých převážně slinitých a vápnito-jílovitých sedimentů bez výrazného zvodnění, s volnou hladinou a puklinovou propustností. Křídový komplex i komplex limnických sedimentů se prolíná s terciérními čedičovými vyvřelinami s puklinovou propustností a volnou hladinou podzemní vody.

V areálu lázní Bílina jsou vybudovány čtyři vrty určené k jímání léčivé minerální vody. V současné době je však využíván pouze vrt BJ-6 a vrt V1, který slouží jako rezerva. U zbylých dvou vrtů se uvažuje o jejich zrušení. Celá vrtná struktura má vydatnost 35 – 36 l/min a jímaná přírodní voda má charakter ryzí alkalické kyselky (Bílina, 2015).

Převažujícím půdním typem v oblasti ORP Bílina jsou antropogenní půdy, které se zde vyskytují v důsledku těžební a následné rekultivační činnosti. Dalšími zastoupenými půdními typy jsou smonice, hnědozemě, silně kyselé hnědé půdy a černozemě. **Na podrobně řešeném úseku toku a jeho okolí se vyskytují převážně antropogenní půdy.**

4.2.3 Klimatické poměry

Celé území ORP Bílina patří do teplé klimatické oblasti T2 a leží na hranici klimatických okrsků A2 (teplý, suchý, s mírnou zimou, s kratším slunečním svitem) a A3 (teplý, mírně suchý, s mírnou zimou). Nachází se ve srážkovém stínu Krušných hor a jedná se tak o převážně suché území s projevy jihovýchodního gradientu poklesu teplot (Šindelářová et al. 2014). Dlouhodobé průměrné roční teploty dosahují cca 8 – 9 °C, dlouhodobé průměrné roční srážky 500 - 600 mm. V zimním období nejsou výjimkou teplotní inverze a vzhledem k vysokému znečištění ovzduší, zde dochází k nadprůměrnému výskytu mlh. Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu se pohybuje v intervalu 75 – 80 %.

Pro klimatickou oblast T2 platí tyto charakteristiky:

<i>Klimatická charakteristika teplé oblasti T2</i>	
<i>Počet letních dní</i>	50 - 60
<i>Počet dní s prům. teplotou ≥ 10 °C</i>	160 - 170
<i>Počet mrazových dní</i>	100 - 110
<i>Počet ledových dní</i>	30 - 40
<i>Průměrná lednová teplota [°C]</i>	-2 až -3
<i>Průměrná dubnová teplota [°C]</i>	8 - 9
<i>Průměrná červencová teplota [°C]</i>	18 - 19
<i>Průměrná říjnová teplota [°C]</i>	7 - 9
<i>Počet dní se srážkami ≥ 1 mm</i>	90 - 100
<i>Srážkový úhrn ve vegetačním obd. [mm]</i>	350 - 400
<i>Srážkový úhrn v zimním období [mm]</i>	200 - 300
<i>Počet dní se sněhovou pokrývkou</i>	40 - 50
<i>Počet jasných dní</i>	40 - 50
<i>Počet zatažených dní</i>	120 - 140

Tab. č. 1: Charakteristiky klimatické oblasti T2. Quitt, 1971

4.2.4 Hydrologické poměry

Území ORP Bílina se nachází v povodí řeky Bíliny, kterou je odvodňováno. Bílina pramení v Krušných horách na severozápadě Čech v nadmořské výšce 823,39 m v sedle mezi vrcholy Kamenná hůrka (878 m n. m.) a Na Výhledech (848 m n. m.), severozápadně od Jirkova. Jedná se o levostranný přítok Labe, do něhož se vlévá v Ústí nad Labem na jeho 764,89 ř. km v nadmořské výšce přibližně 133,11 m. Dle absolutní řádovosti říční sítě je řazena mezi vodní toky II. řádu a její délka od pramene k ústí činí 81,96 km. Vzhledem k nadmořské výšce pramene a recipientu ji charakterizuje spád 690,28 m a průměrný podélný sklon 8,42 %. Téměř polovinu délky toku tvoří sklony do 2 %.

Po celé své délce je Bílina spravována státním podnikem Povodí Ohře, který je rovněž správcem jejího povodí. Rozloha povodí Bíliny činí 1082,47 km² a jedná se o povodí III. řádu situované v oblasti povodí Ohře a Dolního Labe. Zahrnuje povodí IV. řádu vymezená intervalem čísla hydrologického pořadí od 1-14-01-001/0 do 1-14-01-108/0.

Řeka Bílina prochází zájmovým územím ve směru jihozápad – severovýchod a z důvodu výrazného přetvoření krajiny důlní činností má na ploše ORP převážně pravostranné přítoky. Nejvýznamnějšími pravostrannými přítoky jsou zde Syčivka, Lukovský a Štrbický potok. Levostrannými přítoky jsou Bouřlivec, Ledvický potok a Radčický potok. Štrbický a Radčický potok ústí do řeky Bíliny přímo v řešeném úseku. Radčický p. na ř. km 33,98 a Štrbický p. na ř. km 31,82. *Povodí Radčického potoka bylo v části nad ústím do Bíliny v minulosti zdeformováno zástavbou a hnědouhelným lomem Bílina, tok je proto z naprosté většiny délky zatrubněn. Otevřené koryto je dlouhé zhruba 300 m a ústí do Bíliny.*



Obr. č. 11: Přítoky Bíliny v zájmovém úseku toku. Zdroj: autor DP; mapový podklad: www.mapy.cz

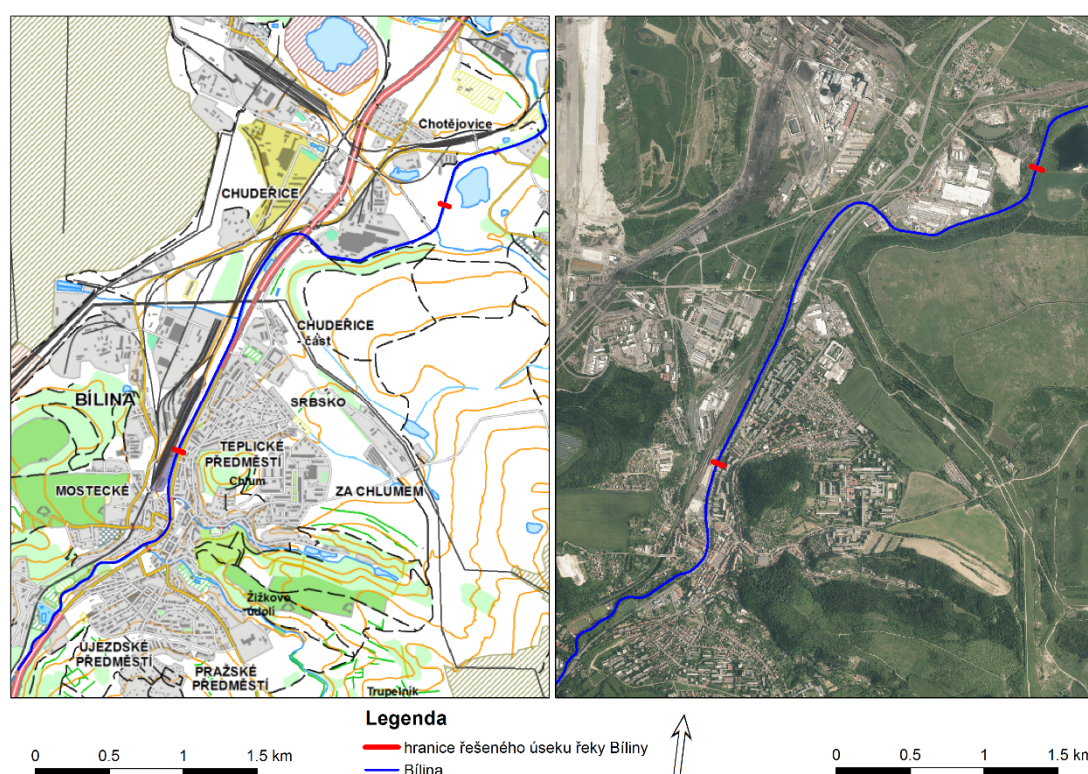
Odtoky z horních částí povodí levostranných přítoků musely být v minulosti, v důsledku těžební činnosti odvedeny Kláštereckou přeložkou do nádrže Všechlapy, odtud pak do koncového úseku toku Bouřlivec. Přírozené poměry pravostranných přítoků byly změněny v důsledku budování Radovesické výsypky a jejího odvodňovacího systému. Odvodňovací systém byl vybudován:

- přeložením horní části Lukovského potoka do Mukovského potoka, který ústí do Syčivky. Tím došlo ke zvětšení odtoků a původního povodí Syčivky. Zbývající úsek Lukovského potoka, tj. úsek od paty výsypky k ústí do Bíliny, a gravitační odvodňovací štola pod výsypkou (ústí do zbývajícího úseku Lukovského potoka) odvodňují výsypku z jihu,
- zbudováním umělých odvodňovacích příkopů ze severní a západní strany Radovesické výsypky, které ústí do Štrbického potoka,
- zbudováním umělého odvodňovacího příkopu z východní strany Radovesické výsypky a odvodňovacího příkopu pod výsypkou Jirásek, přičemž oba příkopy ústí do řeky Bíliny (Bílina, 2015).

Hydrologický režim na ploše ORP ovlivňují také menší vodní plochy, tj. Dřínecký a Radovesický rybník, rybník Bezovka, Měrunické rybníky, vodní nádrže Štěpánov I a II nebo zatopené oprámy Mária a Eleonora.

4.3 Charakter ploch a zástavby v řešeném úseku řeky Bíliny

Řešený úsek (ř. km 31,6342 až 35,1496) se nachází v silně antropogenně ovlivněné, urbanizované oblasti města Bíliny a jeho městské části Chudeřice. Jedná se o oblast značně zatíženou silniční i železniční dopravou a provozem v okolních průmyslových, důlních a energetických závodech. Koryto řeky Bíliny zde bylo v minulosti z důvodu protipovodňových opatření napřímáno a upraveno. Říční niva je z velké části po obou březích zastavěna, čímž je výrazně snížena její retenční schopnost (Dvořák et al. 2008).



Obrázek č. 12: Vymezení řešeného úseku. Zdroj: autor DP

Zastavěné území

Zastavěné území se nachází v zájmovém úseku řeky Bíliny po jednom nebo obou březích. Podél vodního toku jsou umístěny bytové a rodinné domy, smíšené obytné plochy, sportovní zařízení, veřejná infrastruktura, plochy výroby a skladování a smíšené výrobní plochy.

Pravý břeh:

Přímo na pravém břehu se v rozmezí ř. km 32,83 až přibližně 33,0 (pravotočivý oblouk Bíliny) nachází areál pneuservisu se žárovou zinkovnou. Dále proti proudu se mezi komunikací I/13 a řekou Bílinou nachází areál městské ČOV,

přilehlé stavebniny Černý se skladovacími a manipulačními prostory a čerpací stanice pohonných hmot.

V Chudeřicích, v oblasti ř. km 33,82 až 34,14 se za komunikací I/13 nachází dva průmyslové areály (ul. Teplická), v nichž dle veřejně dostupných informací sídlí Speciální stavby Most s.r.o. (kanceláře, dílny, centrální sklady, park dopravy a mechanizace), sběrna surovin - Ivo Koželuh, zinkovna, stavební společnost ABS, stavebniny Invest-Star s.r.o., pneucentrum P&S s.r.o. S těmito areály sousedí venkovní sportovní plocha a garáže. Na průmyslové plochy navazuje (přibližně od ř. km 34,2) čerpací stanice pohonných hmot, komplex panelových domů, obytné domy a mateřská škola Teplického předměstí, dále také areál stavební firmy Hostav (dílny, sklady). Od areálu Hostav až k silničnímu mostu u nádraží ČD pokračuje za komunikací I/13 komplex panelových a rodinných domů Teplického předměstí.

Levý břeh:

V širší oblasti levého břehu Bíliny jsou v zájmovém úseku zastavěné plochy tvořeny prakticky jen výrobními a skladovacími plochami průmyslových areálů. Jiné než výrobní a skladovací plochy se nachází v oblasti ulic Důlní a Příkrá, kde jsou situovány převážně rodinné domy se zahradami. Průmyslové a skladovací plochy se na levém břehu nacházejí nedaleko Štrbického a Radčického potoka. V lokalitě Štrbického potoka jde o zájmový areál sklárny AGC a.s. V oblasti Radčického potoka se jedná o zájmový areál Severočeských dolů Bílina, blíže k řece Bílině pak o manipulační a skladovací plochy Českých drah.

Přibližně na 33. km, kde koryto Bíliny mění přímý směr a stáčí se doprava, leží manipulační plochy areálu tepelné elektrárny Ledvice.

Zemědělsky využívané plochy

Zemědělské plochy se v řešeném úseku vyskytují minimálně. Na pravém břehu Bíliny se v úseku mezi vodní nádrží Mária a lesním porostem u zaústění Štrbického potoka nachází pole. Největší zemědělskou plochou v širší oblasti zájmového úseku Bíliny je rozsáhlá zemědělská rekultivace výsypky Jirásek. Podél levého břehu se zemědělské plochy nevyskytují.

Vodní plochy, lesní porosty a doprovodná zeleň

Nad severní částí areálu sklárny AGC a.s. se nachází bezejmenná retenční nádrž. Na pravém břehu Bíliny se pak zhruba na km 31,5 nachází zatopený oprám Mária. V délce řešeného úseku se v levobřežní inundaci nachází tři malé vodní plochy, přičemž retenční nádrž Adéla se nachází v blízkosti areálu Dolů Bílina. Zhruba na km 33,7 leží na pravém břehu, mezi komunikací I/13 a výsypkou Jirásek, malá vodní nádrž ve vlastnictví Severočeských dolů. V nejbližší době bude probíhat její rekonstrukce.

Stromový a keřový doprovod se nachází od začátku úseku až přibližně do 32. ř. km podél obou břehů. Pak je na levém břehu omezen průmyslovým areálem sklárny AGC a.s. s oplocením tvořeným betonovou zdí. Podél betonové zdi vede pás husté keřové a bylinné přibřežní vegetace. Zhruba v úseku 200 m pod Štrbickým potokem je pravobřežní doprovodný porost omezen zemědělskou plochou. Souvislý lesní porost je v pravobřežní inundaci zastoupen od soutoku se Štrbickým potokem až přibližně k areálu žárové zinkovny, kde se od vodního toku vzdaluje a lemují plochy zemědělské rekultivace výsypky Jirásek. Jedná se o těžko přístupný pás lesnické rekultivace se zástupci keřového, bylinného a stromového patra.

V úseku od silničního mostu komunikace I/13 (Bílina – Teplice) až k Radčickému potoku tvoří levobřežní inundační území převážně rozptýlený keřový a stromový porost, včetně větší souvislé lesnaté plochy v blízkosti transformátorové stanice areálu SD Bílina. Doprovodný porost na obou březích tvoří zejména traviny, keře a dřevinná vegetace v podobě solitérů nebo stromořadí. Vzrostlé stromy podél pravého břehu jsou od 34. ř. km až k silničnímu mostu u nádraží ČD omezeny komunikací I/13 a tvoří tak úzký souvislý pás stromořadí.

Na řešeném úseku se vyskytují zejména: bříza bradavičnatá (*Betula pendula*), topol bílý (*Populus alba*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), hloh obecný (*Crataegus laevigata*), javor mléč (*Acer platanoides*), jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), dub letní (*Quercus robur*) i zimní (*Quercus petraea*), jeřáb obecný (*Sorbus aucuparia*), trnovník akát (*Robinia acacia*), bez černý (*Sambucus nigra*), růže šípková (*Rosa canina*), bodlák obecný (*Carduus acanthoides*), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) a další.

Komunikace a železnice

Základní komunikační páteř tvoří v řešeném úseku komunikace I/13 (Bílina – Teplice), podél pravého břehu Bíliny. Páteřní komunikace kříží řeku Bílinu v blízkosti areálu sklárny AGC a.s., a to spolu s komunikací na Chotějovice a obslužnou komunikací sklárny. Z komunikace I/13 odbočují místní komunikace, které mají zpevněný povrch a jsou doprovázené veřejnými i neveřejnými prostranstvími (dvory, parkoviště apod.).

Drážní infrastruktura (nádraží ČD, železniční trať) se nachází podél levého břehu Bíliny v rozmezí ř. km 33,06 a 35,15. Na 33. ř. km mění řeka Bílina přímý směr a stáčí se doprava, čímž se od železnice odklání.

4.4 Historické údaje o velkých vodách

Vzhledem k řešené problematice protipovodňové ochrany levobřežních průmyslových areálů bylo provedeno prověření informací o průběhu historických povodňových událostí na podrobně řešeném úseku řeky Bíliny. Z poskytnutých dat státního podniku Povodí Ohře pro hlásný profil limnigraf Bílina (ř. km 35,1496) vyplývá, že za celé období automatického měření v tomto profilu (od roku 2004) byla ve městě Bílině zaznamenána celkem čtyři povodňová období o charakteru větším než Q_5 . Konkrétně se jedná o roky 2006, 2010, 2011 a 2013.

Po konzultaci se zástupci městského úřadu v Bílině je ale nutno konstatovat, že neexistují žádné záznamy o průběhu povodňových událostí v zájmovém úseku řeky. Dle vyjádření městského úřadu nejsou známy žádné informace o ohrožení nebo zasažení levobřežních průmyslových areálů povodněmi. Pro řešený úsek se nepodařilo zjistit bližší informace ani o průběhu srpnové povodně z roku 2002.

Veškeré, městskému úřadu známé, informace o průběhu povodní a povodňových škodách na toku Bílina v Bílině se týkají oblasti u městského koupaliště a dále oblasti přítoku Syčivky nad řešeným úsekem. Tento úsek řeky Bíliny však není předmětem diplomové práce.

Problematika povodní na předmětném úseku byla konzultována s vodohospodářem Severočeských dolů a.s., který uvedl, že *zájmový průmyslový areál SD Bílina nikdy povodněmi přímo ohrožen nebyl*. Mimo jiné uvedl, že v červnu 1996 došlo k bezprostřednímu ohrožení zaplavením pravobřežního areálu žárové zinkovny a k odstavení z provozu městské ČOV. Obojí v důsledku málo kapacitního

systému odvodnění Radovesické výsypky a výsypky Jirásek (Wanie, VIII. 2015, in verb).

Odvodňovací soustava, která se sestává ze záchytných a odvodňovacích příkopů, průlehů, záchytných nádrží, usazovacích nádrží a poldrů se ukázala být nekapacitní zejména po extrémní srážce v noci z 1. na 2. 6. 1996. V té době došlo v důsledku její malé kapacity k vylití vody z odvodňovacích příkopů a k její akumulaci v oblasti volného prostranství mezi areálem žárové zinkovny a městské ČOV (z pravé strany komunikace I/13 ve směru Bílina – Teplice), přičemž došlo k vniknutí dešťových vod s jílovými splachy z výsypky do kanalizace města Bíliny. Vnik jílových splachů do kanalizace způsobil kolaps aktivačního procesu ČOV a její odstavení z provozu. Žárová zinkovna pak byla ohrožena akumulující se srážkovou vodou z výsypky, k zaplavení však nedošlo (Wanie, VIII. 2015, in verb).

Měřená data průtoků a vodních stavů uvedených povodňových událostí byla s.p. POH poskytnuta v desetiminutovém časovém kroku, tj. standardním časovém kroku ve kterém jsou měřené veličiny hlásných profilů přijímány vodohospodářským dispečinkem. Data denních srážkových úhrnů (vodohospodářský den) byla poskytnuta pro nejbližší klimatickou stanicí Všechlapy.

Hodnoty průtoků N-letých vod v profilu LG Bílina platné v uvedených povodňových obdobích uvádí následující tabulka:

N - leté průtoky [$m^3 \cdot s^{-1}$]						
1	2	5	10	20	50	100
10	11	15	20	28	54	91

Tab. č. 2: Průtoky N-letých vod. Zdroj: s. p. POH; původní zdroj: ČHMÚ

Povodeň 03/2006:

Ze zprávy o povodni na jaře 2006 vyplývá, že N-letost kulminačních průtoků vodních toků se na území spravovaném státním podnikem Povodí Ohře pohybovala v rozmezí $Q_2 - Q_{10}$, výjimečně pak v rozmezí $Q_{10} - Q_{20}$. Jarní povodeň na přelomu března a dubna měla dle měřených průtoků a vodních stavů na hlásném profilu LG Bílina charakter přesně Q_{10} .

Dle měřených veličin bylo na profilu LG Bílina dosaženo kulminace 4. 4. 2006 s výškou hladiny 164 cm a průtokem $20,25 m^3/s$. Nejvyšší denní srážkové úhrny byly na klimatické stanici Všechlapy naměřeny od 30. 3. 2006 (7:00) do 31. 3. 2006 (7:00) a činily 5,2 mm.

Podle povodňové zprávy s. p. Povodí Ohře bylo její příčinou silné oteplení (26. - 31. 3.) a rychlé odtávání sněhové pokrývky v kombinaci s vydatnými srážkami. Dle srovnání velikostí srážkových úhrnů na měrných stanicích za období 25. 3. – 26. 4. patřil srážkový úhrn na měrné stanici Všechlapy (méně než 40 mm) ke třem nejnižším na celém území spravovaném s. p. POh.

Povodně 07 – 09/2010:

V období od července do září 2010 byly ve městě Bílině zaznamenány celkem tři povodňové situace.

Červencová lokální povodeň odpovídala měřenými průtoky a vodními stavy na hlásném profilu LG Bílina, podle tehdy platných N-letostí stanovených ČHMÚ, 10 leté povodni. Kulminace řeky Bíliny nastala 23. 7. 2010, výška hladiny byla 203 cm a průtok činil 20,21 m³/s. Nejvyšší denní srážkové úhrny byly naměřeny na klimatické stanici Všechlapy od 22. 7. 2010 (7:00) do 23. 7. 2010 (7:00) a činily 48 mm.

V důsledku vytrvalé a intenzivní srážkové činnosti proběhly v **srpnu** na území s. p. Povodí Ohře povodňové situace: 7. 8., 14 – 16. 8. a 28. 8. 2010. Přímo v Bílině byla zaznamenána pouze povodeň v prvním srpnovém týdnu. Kulminace v profilu LG Bílina nastala 7. 8. 2010. Výška hladiny byla naměřena 203 cm a průtok 22,54 m³/s. Podle tehdy platných N-letostí tyto naměřené hodnoty odpovídaly Q_{10–20}. Nejvyšších denních srážkových úhrnů (28,9 mm) bylo dosaženo od 7. 8. 2010 (7:00) do 8. 8. 2010 (7:00).

Třetí povodňová situace nastala **27. – 28. 9.** na území s. p. Povodí Ohře také v důsledku vydatné srážkové činnosti. V Bílině (profil LG Bílina) došlo ke kulminaci řeky Bíliny 28. 9. 2010. Výška hladiny byla naměřena 198 cm a průtok činil 24,20 m³/s. Podle tehdy platných N-letostí naměřené hodnoty odpovídaly 10 – 20 leté povodni. Nejvyšších denních srážkových úhrnů (38 mm) bylo na klimatické stanici Všechlapy dosaženo od 27. 9. 2010 (7:00) do 28. 9. 2010 (7:00).

Povodeň 01/2011:

Příčinou povodňové situace na území spravovaném s. p. Povodí Ohře ve dnech 13. – 14. 1. bylo intenzivní odtávání sněhové pokrývky v důsledku výrazného zvýšení teplot na přelomu první a druhé lednové dekády a srážkové činnosti. K vyčerpání přirozené retenční kapacity krajiny došlo vlivem částečné oblevy již během prvního lednového týdne a následně rychlé tání pak zaplnilo koryta vodních toků.

Podle měřených dat došlo v Bílině na hlásném profilu LG Bílina ke kulminaci 14. 1. 2011. Výška hladiny byla naměřena 190 cm a průtok činil 32,14 m³/s. Podle tehdy platných N-letostí odpovídaly tyto naměřené hodnoty 20 – 50 leté povodni. Nejvyšší denní srážkové úhrny (3,9 mm) byly na klimatické stanici Všechlapy naměřeny v období od 7. 1. 2011 (7:00) do 8. 1. 2011 (7:00).

Dle srovnání velikostí srážkových úhrnů na měrných stanicích za období 1. 1. – 31. 1. patřil srážkový úhrn na měrné stanici Všechlapy (16,2 mm) ke třem nejnižším na celém území spravovaném s. p. POh.

Povodeň 06/2013:

Červnové povodně 2013 se na spravovaném území s. p. Povodí Ohře projevíly třemi povodňovými situacemi (29. 5. – 15. 6., 20. – 21. 6. a 25. 6.). Přímo v Bílině byla zaznamenána jen povodňová situace z 29. 5. – 15. 6., ve dvou povodňových vlnách.

Podle měřených veličin bylo při první povodňové vlně na profilu LG Bílina dosaženo kulminace 4. 6. 2013 s výškou hladiny 201 cm a průtokem 37,17 m³/s, což dle tehdy platných N-letostí odpovídalo Q₂₀₋₅₀. Nejvyšší denní srážkové úhrny byly na klimatické stanici Všechlapy naměřeny od 12. 6. 2013 (7:00) do 13. 6. 2013 (7:00) a činily 18,5 mm.

Z povodňové zprávy vyplývá, že příčinou první povodňové vlny (od 31. 5.) byla nasycenost podstatné části území ČR z jarního tání a dešťů, což způsobilo, že půda nestačila pojmout následný vysoký srážkový úhrn a došlo k rozvodnění řek. Druhá povodňová vlna (9. – 12. 6.) již zdaleka nedosahovala takové intenzity a její příčinou byly intenzivní lokální srážky do nasycených povodí. Na LG Bílina byl 9. 6. 2013, v průběhu druhé povodňové vlny, zaznamenán kulminační průtok 19,71 m³/s a výška hladiny 157 cm. Kulminace druhé povodňové vlny tak odpovídala Q₁₀.

5. SOUČASNÝ STAV VODNÍHO TOKU BÍLINA V ŘEŠENÉM ÚSEKU

Na základě terénního průzkumu, při kterém byla získána fotodokumentace koryta, objektů a inundace, byl proveden podrobný popis řešeného úseku vodního toku. Nutno podotknout, že některé části byly nepřístupné z důvodu hustého a nesečeného břehového porostu. Vlastní fotodokumentace autora diplomové práce tak v těchto místech chybí. Takovým nepřístupným úsekem je úsek mezi ř. km 32,077 až ř. km 32,764. Mezi těmito říčními kilometry se nepodařilo zdokumentovat oblast od povodního konce areálu sklárny AGC (ř. km 32,077) až po povodní konec zděného obdélníkového koryta (ř. km 32,5534). Pro přehlednější a snazší popis byl řešený úsek rozdělen na tři kratší úseky.

Pro všechny tři úseky platí absence přirozených meandrů, neboť ty byly v minulosti z důvodu napřimování a zahlubování koryta likvidovány. Celkově má řešený úsek přímý charakter s několika oblouky podél průmyslového areálu sklárny AGC a.s. Podélný sklon toku je v celém úseku v průměru 2 ‰.

Tvar koryta je v převážné většině délky sledovaného úseku lichoběžníkový, podél areálu sklárny AGC a.s. je obdélníkový a koryto je zde zděné. V minulosti upravené svahy břehů lichoběžníkového koryta (kamenná dlažba, osetí) jsou v současné době zarostlé a mají přírodní charakter. V příbřežní vegetaci je možné sledovat téměř neprůchozí houštiny keřů a stromů, stejně jako plochy travnaté.

Dno je v naprosté většině trasy neopevněné, přírodního charakteru a silně porostlé řasami. V úseku obdélníkového koryta a dále v úsecích stupně ve dně a přítoku Radčického potoka je opevněno kamennou dlažbou. Překážkami na toku jsou mosty, potrubní lávky (produktovody s ocelovou mostní konstrukcí), stupeň ve dně, vzdouvací objekt pro odběr vody. Vodní tok kříží také řada produktovodů bez mostní konstrukce.

5.1 ř. km 31,6342 až 32,0770

Jedná se o úsek od vodní nádrže **Márinka až k povodnímu konci betonového oplocení areálu sklárny AGC a.s.** V tomto úseku prochází řeka Bílina nezastavěnou krajinou. Inundace je poměrně hustě porostlá keřovou a stromovou vegetací. Dno koryta je neopevněné, šterkovito-kamenité místy porostlé řasami. Koryto má tvar lichoběžníku a jeho šířka je přibližně 10 m.

Svahy břehů byly v minulosti upraveny. Tato úprava spočívala v opevnění kamennou dlažbou (lomový kámen) do výšky 0,80 m a následném osetí. Výška opevnění osetím je uváděna od 1,0 do 3,5 m. V současné době jsou svahy břehů hustě zarostlé travinami někde i keři, s výskytem vzrostlých stromů. Na některých místech je možné pozorovat poškození opevnění kamennou dlažbou.

Na ř. km 31,82 ústí zprava do Bíliny Štrbický potok, v jehož bezprostřední blízkosti kříží koryto Bíliny betonový, prefabrikovaný most. Most je široký 15 m a dlouhý 20 m. Opevnění svahů pod mostem má charakter nábrežních zdí. Dno pod mostem je neopevněné, kamenité.

5.2 ř. km 32,0770 až 33,0643

Počátek úseku je vymezen povodním koncem betonové zdi areálu sklárny AGC a.s. a konec silničním mostem komunikace I/13 (Bílina – Teplice). V tomto úseku je levobřežní inundační území po celé jeho délce zastavěno areálem sklárny. Inundační území pravého břehu tvoří převážně nezastavěná krajina tvořená hustým porostem keřů, vzrostlých stromů a travin. Pouze v rozmezí ř. km 32,825 až 33,064 se na pravém břehu nachází objekty žárové zinkovny a asfaltové komunikace.

Koryto je od začátku úseku až do ř. km 32,54 lichoběžníkové. Šířka lichoběžníkového koryta je obdobná jako v předešlém úseku, tj. přibližně 10 m. Dříve provedené úpravy jsou také stejné, tj. opevnění svahů břehů kamennou dlažbou do výšky 0,80 m a výška osetí cca 1,0 m. Dno je neopevněné. V současné době jsou svahy břehů hustě porostlé travinami a keři, pravý břeh je zcela neprostupný. Od začátku úseku až do ř. km 32,54 je na levém břehu koryto lemováno 5 až 10 m vzdálenou, 2 – 2,3 m vysokou, betonovou zdí areálu sklárny AGC. Přibližně desetimetrový pás mezi korytem a zdí je neprostupný, silně zarostlý keři a travinami.

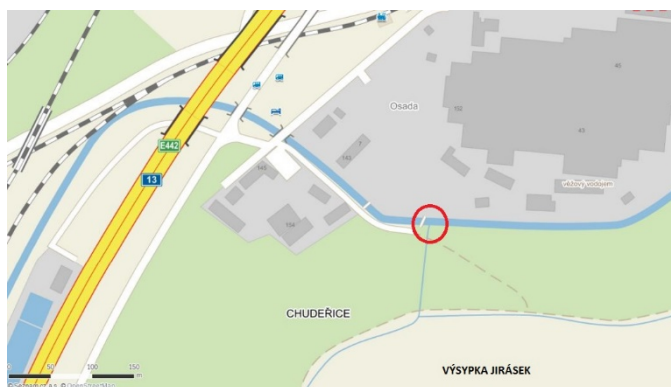
Na ř. km 32,4875 (pod vodojemem v areálu AGC) je v korytě situován vzdouvací objekt pro odběr vody pro sklárnu AGC a.s. Jedná se o ocelové larseny zaražené do dna se vzduším cca 0,5 m (Velvarský, VII. 2015, in verb). Od ř. km 32,55 (vodojem v areálu AGC) až k silničnímu mostu komunikace I/13 je koryto řeky zděné a má obdélníkový tvar. Šířka koryta je cca 8 m, svahy břehů mají charakter nábřežních zdí a dno je opevněno kamennou dlažbou. Břehy jsou po celé délce hustě zarostlé keři a travinami. Na většině míst zděného koryta keře i traviny zasahují do průtočného profilu.

Výška nábřežních zdí se mezi povodním koncem zděného koryta (ř. km 32,54) a silničním mostem do areálu AGC (ř. km 32,96) pohybuje v rozmezí 3 až 4 m. Mezi silničním mostem do areálu AGC a silničním mostem Chudeřice – Chabařovice (ř. km 33,017) jsou nábřežní zdi vysoké 5,50 m. Mezi silničním mostem Chudeřice – Chabařovice a silničním mostem komunikace I/13 (ř. km 33,064) mají výšku 3,20 m.

Na celém úseku kříží koryto několik produktovodů (zejména mezi silničním mostem do areálu AGC a silničním mostem Chudeřice – Chabařovice) a mostů. Některé mosty jsou již řadu let nepoužívané, čemuž odpovídá i jejich současný stav. Obdélníkové koryto kříží na ř. km 32,89 ocelové zbytky lávky inženýrských sítí. Pod nepoužívaným mostem na ř. km 32,7638 ústí zprava do Bíliny odvodňovací soustava Radovesické výsypky a výsypky Jirásek. Na levém břehu se ze zhruba ve vzdálenosti 1,5 až 10 m táhne podél betonového koryta produktovod.

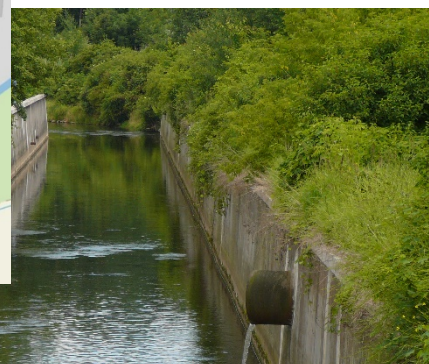


Obr. č. 13: Produktovod podél Bíliny u AGC. Zdroj: autor



Obr. č. 14: Situace zaústění odvodňovací soustavy do Bíliny. Zdroj: autor DP; mapový podklad: www.mapy.cz

DP



Obr.č. 15: Zaústění odvodňovací soustavy zprava do Bíliny. Zdroj: autor DP

5.3 ř. km 33,0643 až 35,1496

Úsek od silničního mostu komunikace I/13 (Bílina – Teplice) až po profil limnigraf Bílina pod silničním mostem k nádraží ČD. V tomto úseku je inundační území nejvíce zastavěno. Břehová vegetace je na pravém břehu z velké části omezena komunikací I/13, přičemž za ní se nacházejí obytné nebo průmyslové plochy. V oblasti pod soutokem s Radčickým potokem je pravý břeh zastavěn přímo, nachází se zde areál městské čistírny odpadních vod a stavebnin. V současné době, po intenzifikaci, vypouští čistírna do Bíliny cca 56,7 l/s vyčištěné odpadní vody (Toniková, 2015).

Koryto je lichoběžníkové a široké přibližně 10 m. V minulosti provedené úpravy spočívaly v opevnění svahů břehů kamennou dlažbou (výška opevnění je udávána 0,80 m) a osetím. Výška opevnění osetím se na délce úseku pohybuje v rozmezí 1,60 až 4,0 metrů. V současné době jsou svahy břehů hustě porostlé travinami a keři, zejména pravý břeh nad Radčickým potokem. Na břehových svazích se v různých rozstupech vyskytují také stromy. Dno je na většině úseku neopevněné, pouze v místě soutoku s Radčickým potokem a v místě výskytu stupně ve dně je opevněno kamennou dlažbou. V celém úseku je velmi hustě porostlé řasami.

Radčický potok ústí do Bíliny na 33,98 ř. km a svahy břehů jsou zde opevněny kamennou dlažbou, v současné době jsou však zarostlé trávou a keři. Výška opevnění je udávána 2,50 m. Na ř. km 34,49 je situován stupeň ve dně s vývarem. Celý úsek toku je několikrát křížen produktovody, potrubními lávkami (produktovody s mostní konstrukcí) a u areálu ČOV jej kříží mostek.

Ve vzdálenosti zhruba 16 m od břehové hrany se podél levého břehu táhne od mostu k nádraží až k zaústění Radčického potoka parovod. Přibližně 40 m nad parovodem je pak železniční násep o výšce zhruba 6 m. Pás mezi korytem Bíliny a náspem je zatravněný, v blízkosti koryta častěji sečený, jinak z velké části hustě zarostlý stromy a keři. *Radčický potok protéká tělesem železničního náspu, následně ústí do Bíliny.* Železnice slouží pro osobní i průmyslovou dopravu. Pravý břeh lemuje komunikace I/13.

6. LEVOBŘEŽNÍ PRŮMYSLOVÉ AREÁLY

V úvodu diplomové práce je již upozornováno, že se z průmyslových objektů mohou při zaplavení uvolnit škodlivé látky pro životní prostředí i zdraví člověka. Jsou zde také uvedeny příklady nepříznivých následků nedostatečné nebo žádné protipovodňové ochrany. Autor práce na základě těchto poznatků proto považoval za vhodné se s činností zájmových průmyslových areálů seznámit a pokud možno vymezit objekty nebo plochy, ve kterých jsou látky závadné pro životní prostředí a člověka skladovány, nebo je s nimi jinak manipulováno. Znalost těchto objektů a ploch lze pak uplatnit při návrhu protipovodňové ochrany.

Níže uvedená situace zobrazuje umístění průmyslových areálů posuzovaných z hlediska možného povodňového ohrožení, tj. areálu sklárny AGC a.s. (ř. km 32,07 – 32,96) a areálu Severočeských dolů Bílina (cca ř. km 33,706 – 34,76) vzhledem k řešenému úseku toku Bíliny. Podrobné rozvržení autorovi známých objektů v areálech je součástí přílohové části.



Obr. č. 16: Situace levobřežních průmyslových areálů v řešeném úseku řeky Bíliny. Zdroj: autor DP, mapový podklad: mapy.cz

6.1 Průmyslový areál AGC Automotive Czech a.s.

V rámci celého průmyslového areálu využívá nejvíce ploch a objektů akciová společnost AGC Automotive Czech. Při vlastní prohlídce areálu bylo zjištěno, že jsou zde dále zastoupeny:

- **Idealfenster a.s.** – Vyrábí plastová a hliníková okna, dveře, rolety, zimní zahrady, rolovací garážová vrata, automatické dvevní systémy a prosklené fasády zejména na průmyslových a obchodních objektech (Idealfenster, 2007).

- **KOVOLAK Plus s.r.o.** – Zabývá se práškovým lakováním na zakázku, se specializací na hliníkové materiály, železné materiály a pozinkované materiály (KOVOLAK Plus, 2011). *Sídlí ve stejné hale jako Idealfenster a.s.*
- **SPL Recycling a.s.** – Provozovatel recyklační linky na zpracování odpadového plochého skla, včetně skel lepených, drátoskel i ornamentálních skel. Recyklát je dále odvážen odběratelům. Mezi největší zákazníky patří AGC Glass (SPL Recycling, 2008). *V areálu jsou instalovány kontejnery na sběr střeptů a recyklační linka.*
- **DOS Pila Bílina** – Firma zaměřená na těžbu a zpracování dřeva, dřevovýrobu, tesařskou a truhlářskou výrobu, sušení dřeva (DOS Pila Bílina, 2008). *Nachází se v severní části průmyslového areálu, ve stejné části se nachází také **výkup autovraků**.*
- **Recticel Czech Automotive s.r.o.** – Společnost zabývající se vývojem a výrobou vysoce přesných, vysokotlakých dávkovacích zařízení pro aplikace polyuretanu, zejména pro technologii nastřikování polyuretanu a vstřikování polyuretanu do formy. Dále se jedná o výrobu interiérových prvků pro automobilový průmysl, enkapsulaci automobilových skel (KOMPASS, 2015). *Sídlí ve stejné hale jako Idealfenster a.s.*
- **HASU spol. s.r.o.** – Výroba ocelových konstrukcí, speciální zámečnické práce pro potřeby sklářského a automobilového průmyslu. Návrh specifické manipulační techniky, vybavení výrobních hal, prvky pro průmysl a spotřební trh. Je dodavatelem AGC Automotive Czech a.s. a Recticel s.r.o. *V areálu AGC a.s. provozuje dvě výrobní haly, sklad materiálu a administrativní budovu (HASU, 2008).*

Objekty a manipulační plochy některých uvedených firem spadají do autorem DP stanoveného záplavového území Q₁₀₀. Těmito firmami jsou:

- AGC Automotive Czech a.s.
- HASU spol. s.r.o.
- DOS Pila Bílina a výkup autovraků

6.1.1 AGC Automotive Czech a.s.

Akciová společnost AGC Automotive Czech je českou pobočkou japonské skupiny AGC Glass Europe, která se v Evropě specializuje na výrobu, zpracování a distribuci plochého skla pro stavebnictví, automobilový průmysl a solární průmysl. AGC Automotive se specializuje na nová a náhradní plochá skla pro automobilový průmysl. Na území České republiky je výroba AGC Automotive zastoupena pouze výrobním areálem v Bílině – Chudeřicích.

Zde se nacházejí dva hlavní provozy, tj. Glass Plant a AVO. Na provozu Glass Plant jsou vyráběna automobilová skla, přičemž v rámci několika menších provozů jsou zde instalované přípravné linky (řezání, broušení, mytí) a linky na nanášení barev a potisků. Hlavní provoz AVO je zaměřen na rámování bočních autoskel materiály na bázi TPE, PVC a polyuretanu. Druhým výrobním programem linek provozu AVO je aplikace přídatných dílů na autoskla. Vše je realizováno na provozech AVO GP (Glass Plant) a halách I, II, III, IIIb (Vysloužil, 2014).

Škodlivé látky a nebezpečné odpady

V rámci výrobních provozů jsou používány i látky, které jsou nebo mohou být škodlivé vodám a životnímu prostředí. Takovéto látky by v případě většího úniku do volného terénu vlivem vyplavení při zasažení daných objektů povodněmi nebo vlivem jakýchkoliv jiných havárií, způsobily kontaminaci povrchových vrstev půdy a horninového prostředí. Došlo by k bezprostřednímu ohrožení kvality podzemních vod s možností dalšího šíření znečištění, včetně znečištění povrchové vody v řece Bílině. *Konkrétnější škody na životním prostředí zde však není možné uvést, neboť všechny škodlivé látky používané v rámci výrobních provozů jsou specifické pouze pro výrobu AGC a jsou do areálu AGC dováženy z jiných zemí. Autor práce se neměl možnost dostat k žádným materiálům, které by se vlivy konkrétně těchto látek na životní prostředí zabývaly. AGC z pochopitelných důvodů takové informace studentům nesděluje.*

V areálu jsou pro nakládání s těmito látkami vymezené speciální prostory. Jedná se o sklady surovin ve výrobních halách I a II, technologické lávky ve výrobních halách I, II a III, lapoly – odlučovače lehkých kapalin (systém zachycení a odvedení vod) a tankoviště. Výrobní haly I, II a III jsou využívány také jako shromaždiště kapalných nebezpečných odpadů (Dědková, 2010).

Závadné látky používané v rámci výrobních provozů uvádí následující tabulka:

Název látky	Umístění látky
ISOFAST IF 4821	hala II - tankoviště, denní zásobníky hala I - sklad surovin hala III - denní zásobníky
Polyfast	hala II - sklad surovin, denní zásobník hala III - denní zásobník hala I - sklad surovin
PURA 1427H	hala I - sklad surovin hala II - sklad hořlavin
Efbond DV 930 Efbond DV 646 Betaprime (různé druhy) Betawipe (různé druhy) 3M Brand glass primer	hala I - sklad surovin, hala II - sklad hořlavin
Betaseal HV 3	hala I - sklad surovin

Tab. č. 3: Závadné látky a jejich umístění v areálu AGC Automotive Czech a.s. Zdroj: Dědková, 2010; upraveno autorem DP

V průběhu roku 2010 byla v severní části areálu provedena výstavba nového skladu chemikálií. Tento sklad navazuje na výrobní halu IIIb, resp. IIIc, která je součástí provozu AVO. Ze všech zde skladovaných chemikálií jsou dle bezpečnostních listů hodnoceny jako nebezpečné pro životní prostředí (Stöhr, 2010):

- PRIMER HARDLEN AGT -3
- PRIMER GPI-1680A

V provozech AGC a.s. vznikají také některé druhy nebezpečných odpadů, které by v případě úniku do volného terénu mohly být rizikem pro životní prostředí. Dle katalogu odpadů se jedná o kategorie odpadů uvedené v následující tabulce:

Kód odpadu	Název odpadu
08 01 11*	Odpadní barvy a laky obsahující org. rozpouštědla nebo jiné NL
14 06 03*	Jiná rozpouštědla a směsi rozpouštědel
15 01 10*	Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné
15 02 02*	Absorpční činidla, filtrační materiály, čisticí tkaniny a ochranné oděvy znečištěné nebezpečnými látkami
16 05 08*	Vyřazené organické chemikálie, které jsou nebo obsahují NL

Tab. č. 4: Nebezpečné odpady v areálu AGC Automotive Czech a.s. Zdroj: Krayzel, 2013; upraveno autorem DP

Veškeré odpady jsou shromažďovány vytríděné podle jednotlivých druhů. Jsou zabezpečeny proti odcizení i úniku a předávány k dalšímu využití, recyklaci nebo ke zneškodnění osobám oprávněným k nakládání s odpady ve smyslu platné legislativy (Krayzel, 2013).

Záplavové území Q₁₀₀ stanovené autorem DP

V záplavovém území se nacházejí tyto objekty:

- Hala II, III, IIIb, IIIc, sklad chemikálií, sklad hořlavin a plynu, čistírna odpadních vod, částečně hala I,
- komplex hal a venkovních skladovacích ploch provozu AVO a Glass Plant ve střední a částečně jižní části areálu.

6.2 Průmyslový areál SD Bílina

Areál je ze západu omezen ul. Důlní, nad níž se nacházejí další areály Severočeských dolů a.s., od řeky Bíliny je pak oddělen železničním náspem. Ze severní části je lemován Radčickým potokem, z jihu je omezen manipulačními plochami areálu ČD. Nachází se v záplavovém území Q₁₀₀ stanoveném autorem DP a spadá do vlastnictví akciové společnosti Severočeské doly.

SD a.s. vznikla v roce 1994 a předmětem jejího podnikání je těžba, úprava a odbyt hnědého uhlí a doprovodných surovin. V Severočeské hnědouhelné pánvi provozují SD těžební činnost na lokalitách Tušimice a Bílina. Doly Bílina jsou producentem nízko sirnatého tříděného a energetického uhlí (Severočeské doly, 2015).

V řešeném průmyslovém areálu dolů Bílina *neprobíhá žádná výrobní ani těžební činnost, jeho využití je pro skladování a údržbu zařízení a strojů, včetně jejich částí, využívaných při těžební činnosti* (Wanie, VIII. 2015, in verb.). Většina objektů v areálu je využívána Severočeskými doly, některé však využívají akciové společnosti PRODECO a.s. a Revitrans a.s.

- **PRODECO a.s.** - Zajišťuje dodávky a služby zákazníkům především na povrchových dolech a v energetickém sektoru, tj. dodávky velkostrojů a dalších zařízení pro povrchovou těžbu, dodávky náhradních dílů a provádění oprav dodaných zařízení (PRODECO, 2013). *Pro SD Bílina zajišťuje dodávky strojů a zařízení pro těžební činnost, včetně jejich údržby.*

- **Revitrans a.s.** – Zajišťuje přepravu, pronájem a opravy motorových vozidel, hornickou činnost a činnost prováděnou hornickým způsobem, pronájem stavebních strojů a zařízení atp. (Revitrans, 2015). *Pro SD Bílina zajišťuje vše ohledně dopravy.*

Škodlivé látky a nebezpečné odpady

V areálu nevznikají ani není manipulováno se škodlivými látkami pro životní prostředí. Škodlivé látky pro životní prostředí (např. ropné látky) jsou skladovány mimo řešený areál, příkladně v areálu nad ulicí Důlní. Areál nad ul. Důlní již není v záplavovém území. Není zde evidován ani vznik nebezpečných odpadů. V případě zaplavení tak není pravděpodobný únik škodlivin do životního prostředí. Jediné potenciálně nebezpečné látky (oleje) se nacházejí v množství 2 či 3 sudů v prostorách automobilové dílny akciové společnosti Revitrans, a jsou řádně zajištěné proti úniku či odcizení.

Objekty a skladovaný materiál

Ve skladovacích objektech a venkovních skladovacích plochách areálu je skladován zejména objemný materiál, přičemž se jedná především o tzv. strategické náhradní díly. Mezi skladované strategické náhradní díly patří:

- pryžové dopravní pásma na pásové dopravníky,
- převodové skříně,
- elektromotory,
- válečky používané pro dopravní pásy (nesou dopravní pás),
- poháněcí a vratné bubny (pro pohon dopravních pásů).

Dalším materiálem skladovaným v rámci areálu jsou střední díly pásových dopravníků, tj. ocelové konstrukce, dále plechy, části výložníků, mostové ocelové konstrukce, dřevěné a kovové palety atd.

Z hlediska jiných než skladovacích objektů je potřeba zmínit, že se v areálu nachází čistírna odpadních vod, z níž jsou vyčištěné odpadní vody svedeny do kanalizace SČVK a.s. Dále je zde situována myčka skladovaných dílů a automobilů, přičemž mycí voda je odváděna na čistírnu odpadních vod v areálu. Stranou od většiny objektů je pak umístěna transformátorová stanice s olejovými transformátory.

V centrálním skladu jsou skladovány předměty určené zaměstnancům SD Bílina a věci důležité pro zajištění chodu areálu.

Prodeco a.s. v areálu provozuje menší opravárenský areál určený především pro opravy strojních a elektro částí na Dolech Bílina. V areálu Prodeco jsou zajišťovány zejména tyto opravárenské činnosti - pálení, svařování, navařování, obrábění, kování aj.

(Wanie, VIII. 2015, in verb.)

Záplavové území Q₁₀₀ stanovené autorem DP

V záplavovém území se nacházejí tyto objekty:

- transformátorová stanice, myčka, sklad dopravních pásem, autoopravna, výměňková stanice, sklad strategických náhradních dílů a centrální sklad, budovy služeb (lékárna, jídelna atp.) a budovy parkoviště, opravárenský areál akciové spol. Prodeco.

7. METODIKA VÝPOČTU PRŮBĚHU HLADINY PŘI POVODNÍCH

7.1 Formulace úlohy a potřebné podklady

Pro posouzení aktuálního stupně povodňového ohrožení řešeného území je rozhodující znalost průběhu hladin n-letých průtoků na vodním toku. Cílem je tedy zpracování povodňového modelu toku Bíliny v rozmezí říčního kilometru 31,6342 až 35,1496. Výpočet proudění byl proveden programem HEC-RAS, verze 4.1.0 (1D model) za předpokladu ustáleného nerovnoměrného proudění.

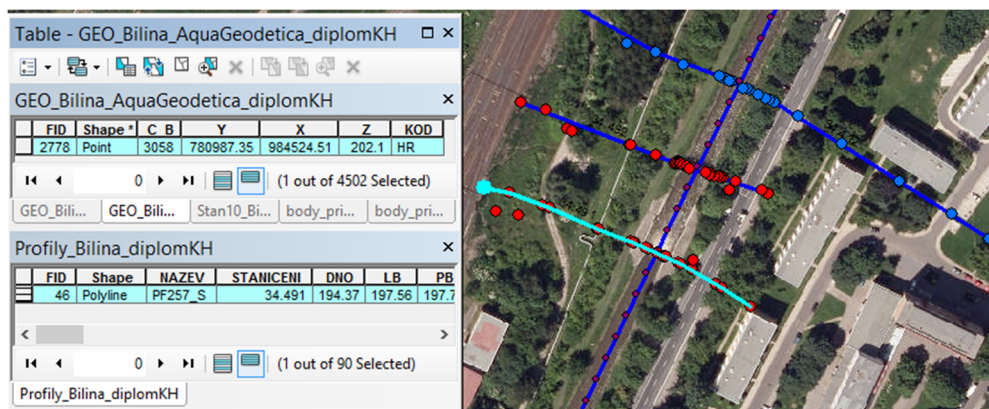
Přehled podkladů

Potřebné podklady pro sestavení 1D matematického modelu a následný post-processing poskytl státní podnik Povodí Ohře, Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) a Český úřad zeměměřičský a katastrální (ČÚZK). Jedná se o tato data:

1. Geodetické zaměření profilů a objektů

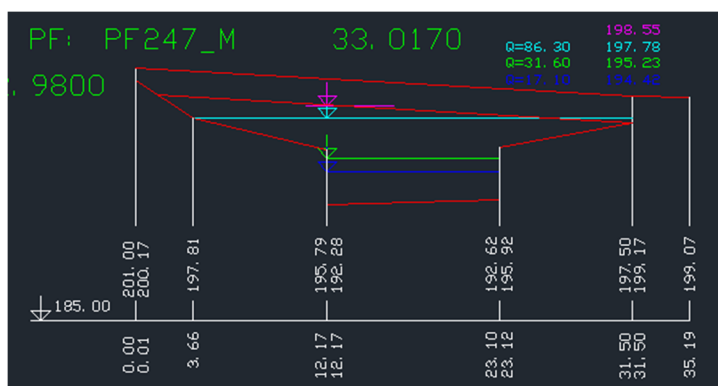
Pro účely výpočtu bylo využito geodetické zaměření koryta vodního toku a objektů zpracované *Výzkumným ústavem vodohospodářským* (r. 1997) a společností *AquaGeodetica s.r.o.* (r. 2009). Zaměření bylo poskytnuto ve formě dvou bodových GIS vrstev (shp) v souřadnicovém systému S-JTSK, výškové údaje ve výškovém systému Bpv. Každý zaměřený bod nese informaci X, Y, Z a body zaměřené společností AquaGeodetica s.r.o. obsahují také kód, který lze využít při tvorbě modelu. Body zaměřené VÚV nejsou okódovány. Celkem bylo na řešeném úseku zaměřeno 41 příčných profilů – objekty, koryto, břehy, inundace.

Spolu s geodetickým zaměřením byla v podobě liniové GIS vrstvy poskytnuta také osa vodního toku a jednotlivé příčné profily, které v atributové tabulce obsahují psaný podélný profil. Obě vrstvy mají souřadnicový systém S-JTSK.



Obr. č. 17: Geodetické zaměření v GIS formátu Zdroj: autor DP

Dále bylo využito zhotovené grafické zpracování geodetického zaměření, tj. výkresy podélného a příčných profilů. Staničení všech příčných profilů začíná na levém břehu hodnotou 0,00. Samostatně zpracované výkresy zaměřených objektů nebyly k dispozici. Mostní objekty a produktovody byly ve výkresech zakresleny v podobě linie horní úrovně mostovky a spodní hrany mostní konstrukce.



Obr. č. 18: Příčný profil se silničním mostem na ř. km 33.0170 Zdroj: autor DP

2. Hydrologická data

Průtokové stavy N-letých vod, které byly předmětem výpočtu, poskytl Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem. Data byla poskytnuta ve IV. (pro Q_{1-10} směrodatná chyba $\pm 40\%$, pro Q_{20-100} $\pm 60\%$) a III. třídě přesnosti (pro Q_{1-10} směrodatná chyba $\pm 30\%$, pro Q_{20-100} $\pm 40\%$).

Hydrologická data představují okrajové podmínky hydrodynamického modelu.

Hydrologická data [m^3/s] uvádí následující tabulka:

Profil	km ²	ř. km	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Třída
LG Bílina	555.2	35.1496	11.8	17.9	27.7	36.6	46.5	61.6	74.4	III
pod Radčickým p.	595.2	33.828	12.5	18.9	29.2	38.7	49.1	65.1	78.6	IV

Tab. č. 5: N-leté průtoky (Q_N) v m^3/s . Zdroj: ČHMÚ, pobočka Ústí nad Labem

3. Mapové podklady

Mapové podklady sloužily jako podklad při práci v programu HEC-RAS a pro zpracování mapových výstupů, které jsou součástí přílohové části diplomové práce. Zejména byly využity pro post-processing výsledků 1D modelu, tj. grafickou vizualizaci výsledků v ArcGIS 10.2.2. Dodané ortofoto snímky byly jedním ze zdrojů informací pro určení drsností v inundačním území. Poskytovatelem dat byl Český úřad zeměměřičský a katastrální.

Využity byly tyto mapové podklady:

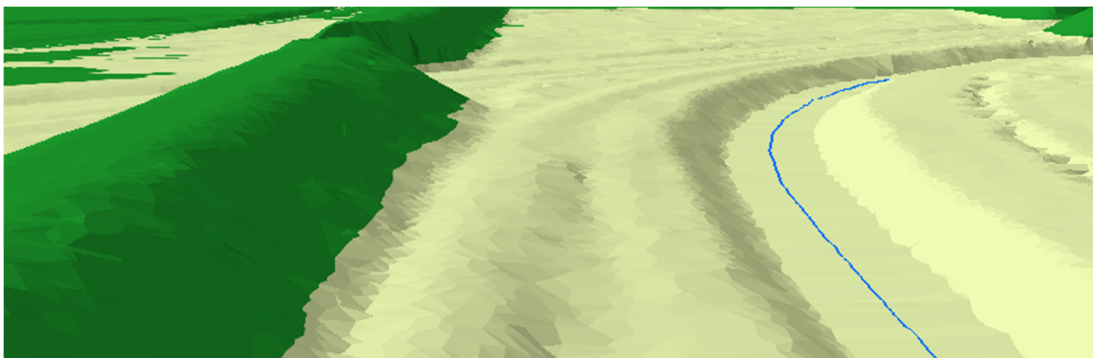
- Základní mapa ČR 1:10 000 - Základní státní mapové dílo, které obsahuje polohopis, výškopis a popis. Je nejpodrobnější základní mapou středního měřítká (ČÚZK a, 2014). Využity byly mapové listy: **09820778**, **09820780**, **09840790**. ČÚZK poskytl mapové listy ve formátu TIFF s textovými soubory TFW, které zajišťují jejich umístění v souřadnicovém systému pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Velikost výdejního listu je 2x2 km, přičemž strany jsou rovnoběžné se souřadnicovými osami S-JTSK.
- Ortofoto České republiky – Periodicky aktualizovaná sada barevných ortofot, které jsou v rozměrech a kladu mapových listů Státní mapy 1:5 000 (ČÚZK b, 2014). Využity byly mapové listy: **MOST 2-1**, **MOST 1-1**, **MOST 2-2**. ČÚZK poskytl mapové listy v grafickém rastrovém formátu JPG. Výdejní list zobrazuje 2,5 x 2 km terénu. Poslední aktualizace – rok 2013.

4. Digitální model terénu (DMT)

Digitální model terénu (v podobě datového modelu TIN, tj. nepravidelné trojúhelníkové sítě) byl vytvořen v softwaru ArcGIS 10.2.2 pomocí extenze 3D Analyst, z digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G). DMR 5G poskytl ČÚZK v podobě tří textových souborů obsahujících diskrétní body o souřadnicích X, Y, H, kde H je nadmořská výška.

Výdejní jednotkou jsou mapové listy SM5, kdy jeden mapový list (jeden textový soubor) zobrazuje 2,5 x 2 km terénu. Využity byly mapové listy: **MOST 2-1**, **MOST 1-1**, **MOST 2-2**. DMR 5G zobrazuje přirozený nebo lidskou činností upravený zemský povrch v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a

0,3 m v zalesněném terénu. Je vhodný k analýzám terénních poměrů nebo modelování přírodních jevů lokálního charakteru apod. (ČÚZK, 2015). DMT, který je v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv, byl využit pro sestavení geometrie hydrodynamického modelu.



Obr. č. 19: DMT s vykresleným levobřežním železničním náspelem (zeleně) a okolním terénem (pohled po vodě) v ArcScene.
Zdroj: autor DP

Terénní šetření

Místní šetření vodního toku a přilehlého inundačního území bylo provedeno po shromáždění a seznámení se s podkladovými daty. Zejména bylo potřeba podrobně se seznámit se stávajícím geodetickým zaměřením. Při terénním šetření bylo např. zjištěno, že některé ze zaměřených objektů se na řešeném úseku již nevyskytují nebo došlo ke změně jejich konstrukce.

Oproti podkladové studii již není v rámci diplomové práce počítáno s ocelovým mostem na ř. km 32,0671 a nepoužívaným betonovým mostem na ř. km 32.9800, neboť byly oba zrušeny. Dále produktovod na ř. km 34,1248 již dnes nemá ocelovou mostní konstrukci.

V průběhu terénního šetření byla pořizena fotodokumentace objektů, koryta a inundace. Terénní šetření proběhlo několikrát během června a července 2015.

Stanovení drsností koryta a inundačního území

V programu HEC-RAS jsou příčné profily rozděleny na koryto vodního toku, pravou a levou inundaci. Pro tyto tři části profilů byly určovány drsnostní charakteristiky v podobě Manningova drsnostního součinitele „*n*“. Jednotlivé části příčného profilu mají různou drsnost, proto je vhodná volba „*n*“ důležitá, neboť se od ní odvíjí různé rychlosti proudění i konečná poloha hladiny vody v profilu. Drsnostní součinitel byl volen v závislosti na materiálu dna a svahů břehů, dále v závislosti na charakteru a využití území. Hodnoty Manningova drsnostního součinitele byly stanovovány podle ortofoto snímků, pořízené fotodokumentace, terénního průzkumu a odborné literatury (např. Havlík et al. 1994).

Použité drsnostní součinitele dle Manninga v korytě:

Popis	<i>n</i>
betonové koryto – staré, dno zarostlé řasami	0.027
více vodních rostlin, nízká tráva a řídké až ojedinělé keře na březích	0.04 – 0.043
vyspávaná kamenná dlažba	0.025
šterkopísek nebo bahno, vodní rostliny, husté keře na svazích	0.045 – 0.047

Tab. č. 6: Použité drsnostní součinitele v korytě (Zdroj: autor DP)



Obr. č. 20 – 24: Koryto Bíliny. Zdroj: autor DP

Použité drsnostní součinitele dle Manninga v inundaci:

Popis	n
silnice - asfalt	0.025
louky, pole, pastviny, polní cesty	0.04
travní porost	0.035
zástavba	0.100
hustý stromový a keřový porost, les	0.100
řídký až středně hustý porost stromů a keřů	0.05 – 0.07

Tab. č. 7: Použité drsnostní součinitele v inundačním území Zdroj: autor DP

7.2 Sestavení hydrodynamického modelu

Program HEC-RAS byl vyvinut hydrologickým centrem institutu vodních zdrojů americké armády a jeho výchozí nastavení je tak v anglických jednotkách, tj. ve stopách. Aby bylo možno pracovat s daty se staničením v metrech, je potřeba změnit výchozí nastavení jednotkové soustavy z *US Customary* (stopy) na metrický systém *SI* (System international).

Změnu je možné provést z úvodního okna programu přes základní menu: **Options – Unit system – SI – Set as default.**

Doporučuje se také nastavit automatické ukládání, resp. zálohu dat: **Options – Program Setup – Automatically Backup Data.**

Po vytvoření názvu projektu je možné přistoupit k sestavování vlastního povodňového modelu. Jednotlivé kroky jsou dále podrobněji popsány.

7.2.1 Schematizace říční sítě

Schematizace trasy koryta vodního toku je prvním krokem, který je potřeba provést, aby bylo možno dále vkládat a editovat geometrická data. Všechna geometrická data jsou vkládána a editována prostřednictvím funkcí na hlavním okně editoru geometrických dat (okno **Geometric Data**). V zásadě je možné schematizaci trasy koryta provést ručním vykreslením osy přímo v editoru geometrických dat v programu HEC-RAS (ikona **River Reach**) nebo je možné osu do programu importovat ve specifickém formátu z jiných podporovaných programů.

Do povodňového modelu řeky Bíliny byla osa koryta importována z programu ArcGIS, neboť ji s. p. POH poskytl v podobě liniové vrstvy.

Americká armáda pro tyto účely umožňuje využít speciální nadstavbu ArcGISu, tzv. **HEC-GeoRAS**. Zde je možné vytvořit kromě osy i další prvky geometrie toku, např. příčné profily, břehové linie atp. Nejprve je důležité extenzi

HEC-GeoRAS nainstalovat. Po instalaci GeoRASu je již snadné v ArcGIS přes kartu *Customize – Toolbars* vyvolat **pracovní lištu HEC-GeoRAS**. V pracovním prostředí ArcGISu je dále nutné na kartě *Customize* povolit extenze *3D Analyst* a *Spatial Analyst*.

HEC-GeoRAS

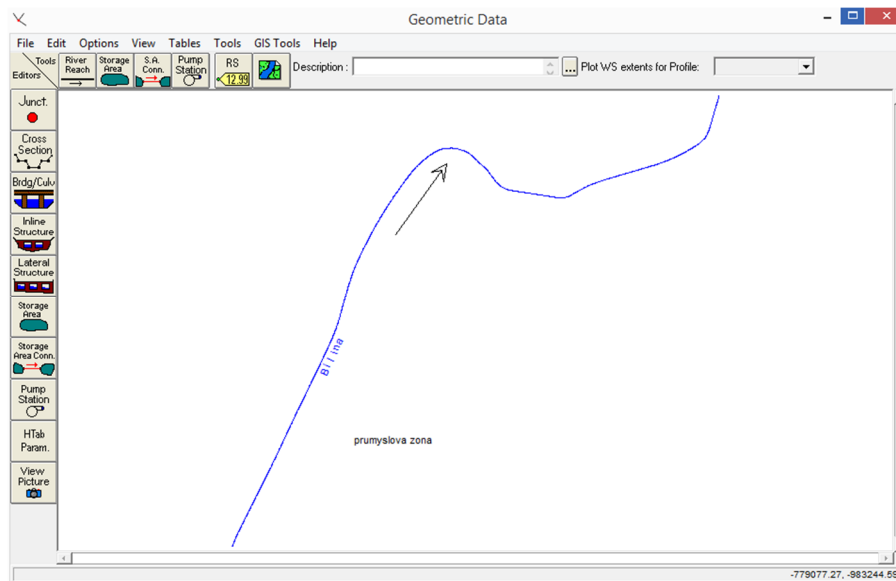
Při práci v GeoRASu je v první řadě potřeba si vytvořit liniovou vrstvu osy koryta pro její další editaci: ***RAS Geometry – Create RAS Layers – Stream Centerline***. Dále se provede editace, resp. *vykreslení osy koryta po směru proudění vody* do vytvořené vrstvy. Tedy na podkladě osy poskytnuté s. p. POh, byla vykreslena osa koryta přesně v délce řešeného úseku.

Vytvořené ose byl přes funkci ***Assign River Code/Reach Code*** vepsán název toku (*Bilina*) a úseku (*prumyslova_zona*). Potvrzením obou názvů se tyto informace spolu s vypočtenou délkou linie a automaticky přiřazeným číslem tzv. HydroID načety do atributové tabulky vrstvy. Nakonec bylo potřeba převést vykreslenou osu z běžné liniové vrstvy na 3D vrstvu (nese kromě X, Y také Z informaci) a doplnit chybějící informace v atributové tabulce. K tomu slouží funkce: ***RAS Geometry - Stream Centerline Attributes - All***. Touto funkcí byla podle předem vytvořeného TINu (DMT) doplněna topologie, nadmořská výška a staničení, resp. délka.

Import dat do HEC-RAS

Před vlastním importem do HEC-RAS je nezbytné vytvořené vrstvy vyexportovat z prostředí HEC-GeoRAS. K tomu je zapotřebí nejdříve zvolit vrstvy pro export: ***RAS Geometry - Layer Setup***. Zde byly v příslušných oknech nastaveny vrstvy osy koryta, tj. běžná liniová (2D) a její 3D varianta. Samotný export byl pak proveden přes funkci: ***RAS Geometry - Export RASData***. Exportem byly vytvořeny dva specifické soubory: *geometrie_georas.xml* a *geometrie_georas.RASImport.sdf*.

Import byl pak proveden v prostředí HEC-RAS v okně Geometric Data: ***File -Import Geometry Data - GIS Format***. Vyhledán byl vytvořený soubor s koncovkou *sdf*, přičemž v následujících oknech byl nastaven metrický systém importovaných dat (SI) a potvrzeno dokončení importu.



Obr. č. 25: Importovaná osa toku z HEC-GeoRAS. Zdroj: autor DP

7.2.2 Příčné profily

Příčné profily se zadávají v okně **Cross Section Data** vyvolaném funkcí **Cross Section**. Na kartě **Options** je pak nutné zvolit **Add a new Cross Section** a zadat do kolonky **River station** staničení profilu. *Pro povodňový model Biliny bylo použito staničení z podkladové studie.* Vhodné je do kolonky **Description** vyplnit podrobnější informace k danému profilu, tj. číslo profilu atd.

Vlastní zadávání geometrie příčného profilu bylo prováděno vpisováním vodorovných a svislých souřadnic bodů příčného profilu do sloupců **Station** a **Elevation**. Svislé souřadnice ve sloupci **Elevation** reprezentují nadmořskou výšku. Vodorovné souřadnice ve sloupci **Station** reprezentují vodorovnou vzdálenost bodů od počátečního bodu se staničením 0, přičemž počáteční bod je v podkladových datech umístěn vždy na levém břehu ve směru proudu. Proto staničení bodů umístěných napravo od počátečního bodu bylo kladné, kdežto body umístěné nalevo mají staničení záporné. *Všechny body se záporným staničením byly dodatečně vytvořeny v ArcGIS, neboť některé původní příčné profily bylo potřeba rozšířit (viz níže).*

V dalším kroku byly pro každý vytvořený příčný profil definovány body břehových hran. Břehové hrany jsou body oddělující hlavní koryto od inundace a zadávají se v podobě vodorovných souřadnic (z již zadaných do sloupce **Station**) do kolonky **Left Bank** a **Right Bank**. *Body břehových hran jednotlivých příčných profilů byly vyčteny z podélného profilu podkladové studie.*

Dále byly stanoveny vzdálenosti jednotlivých profilů vždy k následujícímu profilu ve směru proudu. A to samostatně pro vlastní koryto, levou a pravou inundaci. Vzdálenosti v metrech byly vepsány do příslušných kolonek **Downstream Reach Lengths**. Pro vlastní koryto, levou a pravou inundaci každého příčného profilu byl určen Manningův drsnostní součinitel „n“. Hodnoty byly vepsány do příslušných kolonek **Manning's n Values**. *Způsoby jakými byly drsnosti stanovovány, jsou již rozepsány v kapitole 7.1.*

Potvrzením zadaných dat dojde k jejich vykreslení na osu koryta, tj. do okna schematizace říční sítě. *Vykreslené profily byly kolmé na osu toku, nicméně neměly stejný průběh a zalomení jako linie profilů poskytnuté státním podnikem Povodí Ohře.*

V ArcGIS byl tedy u každého příčného profilu nalezen bod počáteční a koncový na dané linii, včetně všech bodů lomových a postupně ve směru od levého břehu profilu byly jejich X a Y souřadnice zadány do příslušné tabulky. Tabulka se nachází: okno **Geometric Data – GIS Tools – XS Cut Lines Table**. Vyplněním souřadnic byly příčné profily **georeferencovány**, tedy přesně definovány v prostoru přiřazením souřadnicového systému jednotlivým bodům. Jejich zalomení a průběh byl pak totožný s průběhem a zalomením linií profilů od Povodí Ohře.

Edit Cross Section lines for plan view on schematic plot

River:	Bílina	Compute Line Length ...	Filter Line ...
Reach:	prumyslova_zona	RS: 35.1496 (6 pts)	Flip Coord Order
Selected Area Edit Options			
Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ...			
	Schematic X	Schematic Y	
1	-781230.49	-985134.71	
2	-781214.76	-985139.66	
3	-781209.91	-985141.63	
4	-781201.0048	-985145.4629	
5	-781187.35	-985151.34	
6	-781155.23	-985162.81	
7			
8			

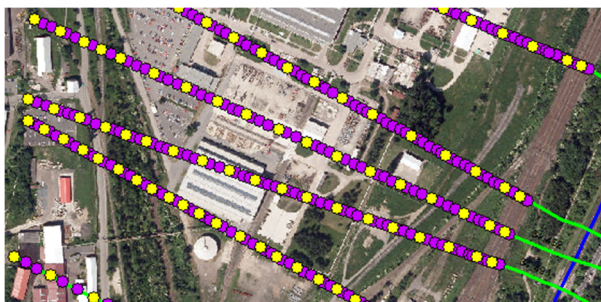
OK Cancel Help

Obr. č. 26: Souřadnice koncových a lomových bodů příčných profilů. Zdroj: autor DP

Rozšíření příčných profilů

Vzhledem k tomu, že vykreslené příčné profily nepokrývaly plochu ani jednoho z posuzovaných průmyslových areálů, bylo nutné je rozšířit. Využit byl způsob spočívající v protažení existujících profilů editací nové liniové vrstvy a vytvoření série bodů na protažených liniích do nové bodové vrstvy.

Funkcí *Interpolate Shape* byla pak bodová vrstva na podkladě vytvořeného TINu převedena na 3D shapefile (vrstva nesoucí i Z informaci). Následně byly bodům 3D bodové vrstvy pomocí funkce *Add XY Coordinates* přiřazeny souřadnice X, Y, Z, kde Z je nadmořská výška bodů dle TIN. Dále byly měřeny vzdálenosti nových bodů od počátečního bodu původního příčného řezu (staničení 0,00) a spolu s výškou těchto nových bodů byly zadávány do editačního okna příslušného příčného profilu (*Station, Elevation*) v HEC-RAS. Souřadnice X a Y posledního bodu a všech lomových bodů na každé protažené linii byly opět zadány do tabulky *XS Cut Lines Table*.



Obr. č. 27: Rozšíření příčných profilů v ArcGIS. Zdroj: autor DP

Ochranný val (Levee)

Levobřežní průmyslové areály se nacházejí buď zcela, nebo částečně za vertikální bariérou. Zájmová část průmyslového areálu Severočeských Dolů, která by mohla být povodněmi ohrožena, leží za železničním náspem (výška cca 6 m). Objekty v areálu AGC a.s. jsou částečně před povodňovými průtoky chráněny zdí (2 – 2,3 m), která zároveň slouží jako oplocení.

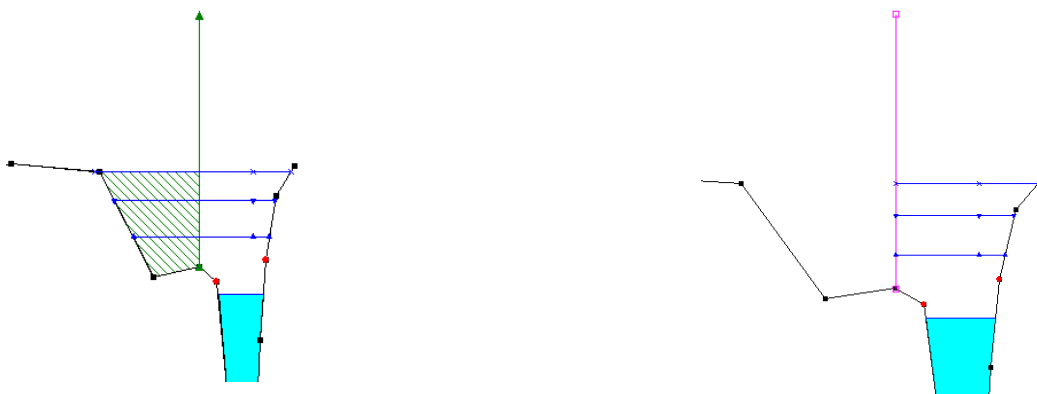


Obr. č. 28: Železniční násep na levém břehu Bíliny. Zdroj: autor DP



Obr. č. 29: Zeď areálu AGC a.s. Zdroj: autor DP

Tyto skutečnosti bylo potřeba do povodňového modelu zanést. Využito může být funkce *Levees*, kterou zajistíme, že průběh hladiny bude při výpočtu za bariérou vykreslen až v případě, že hladina dosáhne jejího stanoveného nejvyššího bodu. Voda do průtočného průřezu za bariérou nenateče dřív, než dojde k jejímu přelítí. Případně lze využít funkci *Ineffective flow areas*, kterou stanovíme meze tzv. pasivní oblasti, tj. pokud úroveň hladiny nepřesáhne zadanou úroveň, hladina je sice uvažována v celém profilu (i za nepřelitou vertikální bariérou), ale pasivní oblast za bariérou není zahrnována do průtočného profilu a rychlost se zde uvažuje nulová. Jednoduše, program vykreslí hladinu i za nepřelitou bariéru, ale nepočítá s ní. V povodňovém modelu Bíliny byla pro násep i zeď využita funkce *Ineffective flow area*. V každém příčném profilu, kde se bariéra vyskytuje, byla zadávána nadmořská výška horní hrany bariéry a vodorovné staničení místa jejího výskytu.



Obr. č. 30: Zeď areálu AGC a.s. v HEC-RAS - funkce Ineffective flow area (vlevo) a funkce Levee (vpravo). Zdroj: autor DP

7.2.3 Objekty v korytě

Veškeré významné objekty, které koryto Bíliny kříží, byly opět zadávány funkcemi v editačním okně *Geometric Data*. Mosty, produktovody bez mostní konstrukce a produktovody s mostní konstrukcí (potrubní lávky) se vkládaly prostřednictvím funkce *Brdg/Culv* (Bridge Culvert Data). Vzdouvací objekt a stupeň ve dně lze vložit pomocí funkce *Inline Structure* nebo je lze schematizovat pomocí několika vhodně za sebou umístěných příčných profilů.

Nezbytnou podmínkou pro vložení jakéhokoliv objektu je existence profilu nad i pod objektem, přičemž oba profily by měly být umístěny u jeho obou okrajů. Platí, že dodatečně vložené profily musí být připravené před vlastním zadáváním objektu. *Geodetické zaměření poskytnuté s. p. POH, bylo v takové podobě, že po*

vynesení příčných profilů do HEC-RAS, existoval vždy jeden příčný profil při okraji objektu.

Mosty, lávky, produktovody

Postupně bylo do povodňového modelu vloženo sedm mostů (z nich jsou 3 silniční), dva produktovody s ocelovou mostní konstrukcí a tři produktovody bez mostní konstrukce.

V editačním okně **Bridge Culvert Data** byl funkcí **Add a Bridge and/or Culvert** vložen nový objekt s manuálně přiřazeným staničením. Podle zadaného staničení HEC-RAS automaticky umístil objekt mezi dva příslušné profily. Konstrukce objektu byla zadávána v editačním okně **Deck/Roadway Data editor** vyvolaném funkcí **Deck/Roadway**. Byly zde zadávány tyto informace:

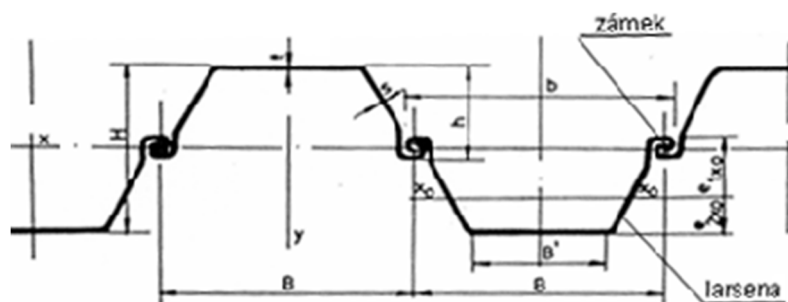
- *Distance* – vzdálenost [m] mezi horním okrajem objektu a příčným profilem nad objektem,
- *Width* – šířka objektu [m],
- *Weir Coef* – součinitel přepadu (ponechána defaultní hodnota 1,4),
- *US/DS Embankment* – Sklony objektu v příčném profilu ve směru po vodě a proti vodě. V obou případech vždy ponechána defaultní hodnota 0, neboť u žádného objektu nebyl definován sklon ve směru po vodě a proti vodě. Změna hodnot se projeví ve vykresleném podélném profilu.
- *Broad Crested* – přepad přes mostovku byl brán jako přepad přes širokou korunu,
- *Upstream/Downstream Station* – zadáním vodorovného staničení (**Station**) a nadmořské výšky horní a spodní úrovně mostovky (**high chord, low chord**) byla vykreslena geometrie objektu.

Potrubní lávky nebo produktovody bez mostní konstrukce jsou usazené na betonových patkách, případně je jejich konstrukce nesena ocelovými vzpěrami. Vzpěry a patky byly do modelu vloženy v podobě mostních pilířů, v editačním okně **Pier Data Editor** vyvolaného funkcí **Pier**. Pilíř se v těchto případech nachází mezi břehovým svahem a spodní úrovní mostovky, přičemž do editačního okna se zadávají údaje o šířce pilíře (**Pier width**) v jednotlivých nadmořských výškách (**Elevation**) a vodorovném staničení osy pilíře (**Centerline Station Upstream /Downstream**).

Způsob výpočtu proudění mostem (*Low Flow Methods*) a případného proudění přes mostovou konstrukci (*High Flow Methods*) byl zvolen prostřednictvím funkce *Bridge Modeling Approach*. Nabízeno je v obou případech několik možností výpočtu, přičemž je možné pro výpočet proudění mostem zvolit více možností najednou. V takovém případě bude výsledkem nejvyšší dosažená úroveň hladiny ze všech zvolených výpočetních postupů (Křovák, 2004). Pro povodňový model Bíliny byl pro proudění mostem i přes mostovou konstrukci zvolen standardní *výpočet pomocí energetické rovnice (Energy)*.

Vzdouvací objekt a stupeň ve dně

Vzdouvacím objektem na řešeném úseku toku je štětovnicová stěna (ocelové profily tvaru U, typu LARSEN). Štětovnice jsou uspořádané v řadě svisle vedle sebe, vzájemně spojené tzv. zámkem a zapuštěné do dna. Běžně jsou ocelové štětovnice osazovány beraněním, vibrováním, vibroberaněním či vplavováním (Lahuta, 2007).



Obr. č. 31: Nákres spojených štětovnic LARSEN. Zdroj: URL 4

Rozměry štětovnic typu LARSEN III_n a IV_n, které v ČR patří mezi nejčastěji používané, uvádí následující tabulka:

Typ	t [mm]	h [mm]	b [mm]	H [mm]	B [mm]	Hmotnost 1 m [kg]	Hmotnost stěny 1 m ² [kg]
III _n	13	168	436	290	400	62	155
IV _n	14,8	180	436	360	400	74	185

Tab. č. 8: Rozměry štětovnic LARSEN. Zdroj: URL 5, upraveno autorem DP

Vzdouvací objekt byl v povodňovém modelu schematizován třemi příčnými profily, tj. příčným profilem koryta nad objektem, příčným profilem v ose přelivné hrany objektu a příčným profilem koryta pod objektem. Příčný profil umístěný do osy přelivné hrany objektu obsahuje výškové informace o nadmořské výšce přelivné hrany.

Stupeň ve dně byl schematizován pomocí čtyř za sebou umístěných příčných profilů s potřebnými výškovými údaji o výšce přelivné hrany a hloubce dna vývaru. Mezi profilem v ose přelivné hrany a profilem v místě přechodu do dna vývaru byla určena vzdálenost 10 cm.

7.2.4 Okrajové podmínky a výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění

Simulaci proudění není možné spustit bez zadaných hodnot průtoků [m^3/s] simulovaných povodňových scénářů (N-leté průtoky) a dalších okrajových podmínek. Průtoková data, která jsou zároveň horní okrajovou podmínkou, byla nastavena v okně *Steady Flow Data*. Zde byl nejprve zadán počet povodňových scénářů, pro které bude simulace provedena. V případě povodňového modelu Bíliny se jednalo o **čtyři** povodňové scénáře, tj. **Q₅, Q₂₀, Q₅₀ a Q₁₀₀**. Ve stejném okně jsou pak ke zvoleným příčným profilům na toku vyplněny hodnoty simulovaných N-letých průtoků. Zvolenými profily jsou vždy počáteční profily úseků, pro které proběhne výpočet s určitými definovanými hodnotami N-letých průtoků.

V případě povodňového modelu Bíliny byly voleny dva počáteční příčné profily, tedy byly zadány hodnoty N-letých průtoků pro dva úseky toku:

- **profil ř. km 35,1496** – příčný profil limnigraf (LG) Bílina,
- **profil ř. km 33,8280** – příčný profil pod Radčickým potokem.

Okrajové podmínky byly stanoveny v okně *Steady flow boundary conditions*. Jejich volba je závislá na předpokládaném režimu proudění (říční, bystřinné, smíšené), který bude modelem řešen. Pro povodňový model Bíliny bylo předpokládáno *smíšené proudění (Mixed)*. V případě smíšeného proudění je nutné zvolit typ okrajové podmínky na začátku i na konci každého úseku. Volena byla okrajová podmínka *Critical Depth* (kritická hloubka). Při jejím zvolení není potřeba zadávat další informace, přičemž program provede výpočet kritické hloubky v každém příčném profilu a použije ji jako okrajovou podmínku (US Army Corps of Engineers, 2010).

Samotný výpočet byl spuštěn v okně *Steady Flow Analysis (Run – Steady Flow Analysis)*. Nejprve byl vytvořen tzv. plán, tedy soubor s kombinací údajů ze zadaného souboru s geodetickými daty a souboru s okrajovými podmínkami, které budou využity pro výpočet. Dále byl zvolen režim proudění a spuštěn výpočet (*COMPUTE*).

8. VÝSLEDKY VÝPOČTU

Plán hlavních povodí České republiky stanovuje doporučenou míru ochrany podle pravděpodobnosti opakování povodňového nebezpečí pro vymezené typy území (viz tabulka).

Typ území	Doporučená míra ochrany (Q_n)
historická centra měst, historická zástavba	Q_{100}
souvislá zástavba, průmyslové areály	Q_{50}
rozptýlená obytná a průmyslová zástavba a souvislá chatová zástavba	Q_{20}
izolované objekty	individuální ochrana

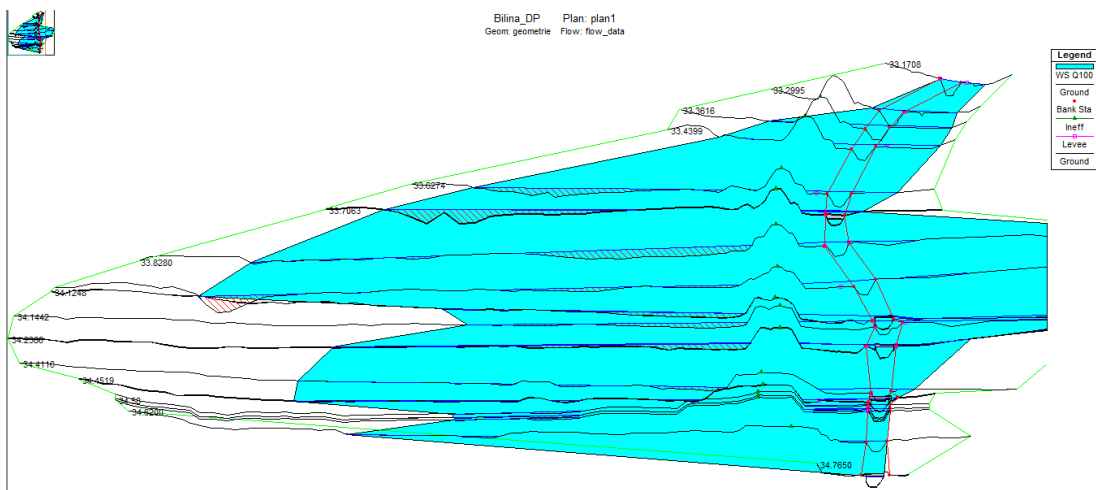
Tab. č. 9: Doporučená míra ochrany území podle Plánu hlavních povodí ČR Zdroj: Plán hlavních povodí ČR

Z uvedené tabulky vyplývá, že posuzované průmyslové areály AGC a.s. a SD Bílina a.s. je potřeba chránit minimálně na padesátiletou vodu. Stávající ochrana před povodněmi by tedy měla být schopna odolat alespoň návrhovému průtoku Q_{50} , tj. $Q_{50} = 61,6 \text{ m}^3/\text{s}$; resp. $65,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (viz hydrologická data).

8.1 Průmyslový areál SD Bílina

K přímému ohrožení areálu SD Bílina zaplavením v důsledku vybřežení řeky Bíliny nedochází. I přesto, že koryto je v daném úseku na několika místech nekapacitní již při Q_{20} a při Q_{50} a Q_{100} dochází k rozlivům do travnaté a keři porostlé levobřežní inundace, zhruba šestimetrový železniční násep zde funguje jako dostatečná ochranná hráz i pro Q_{100} . Rozliv při Q_{100} dosahuje v úseku podél náspu pod areálem maximální kóty cca 197,55 m. n. m., vrchol náspu se pak pohybuje na kótě cca 202 až 204,3 m. n. m. První objekty areálu se nacházejí za jeho betonovým oplocením (výška zdi 2 m) ve vzdálenosti zhruba 100 m od náspu a jsou tak náspem dostatečně chráněny.

Obrázek níže ukazuje skutečný rozliv při Q_{100} před náspem a šrafované inefektivní plochy za ním.



Obr. č. 32: Skutečný rozliv Bíliny při Q_{100} před železničním náspevem a šrafované neefektivní plochy za ním, tj. rozsah rozlivu v případě neexistence náspevu - směr po proudu. Zdroj: autor DP

Betonová zeď lemující areál SD Bílina je znázorněna na následujícím obrázku:

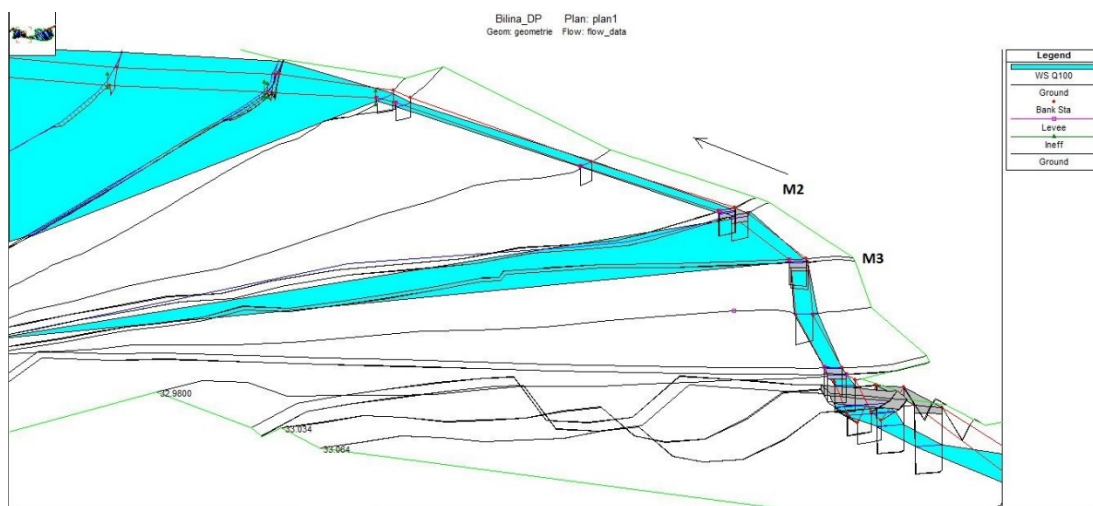


Obr. č. 33: Liniové betonové oplocení podél průmyslového areálu SD Bílina (červená linie). Zdroj: Wanie, 2015

8.2 Průmyslový areál AGC a.s.

Při simulaci povodňových průtoků bylo zjištěno, že betonové obdélníkové koryto podél areálu (hluboké 3 až 5,5 m) je pro Q_{50} a Q_{20} kapacitní v celé své délce a k vybřežení nikde nedochází. Simulace stoleté povodně ve stejném úseku ukázala, že k mírnému rozlivu dojde na levém i pravém břehu na ř. km 32,8908. Rozliv však díky zvýšenému terénu na levém břehu neohrožuje žádné objekty sklárny.

V úseku betonového koryta dochází vzduším hladiny k vybřežení do areálu sklárny mezi nepoužívanými nekapacitními betonovými mosty na ř. km 32,8295 (M3) a 32,7638 (M2). Modelovaný rozliv je zde poměrně rozsáhlý a zaplavena by mohla být část haly provozu Glass Plant/AVO v jižní části areálu, včetně přilehlých skladovacích ploch. Eventuálně by byly ohroženy objekty administrativy a služeb nad touto provozní halou.

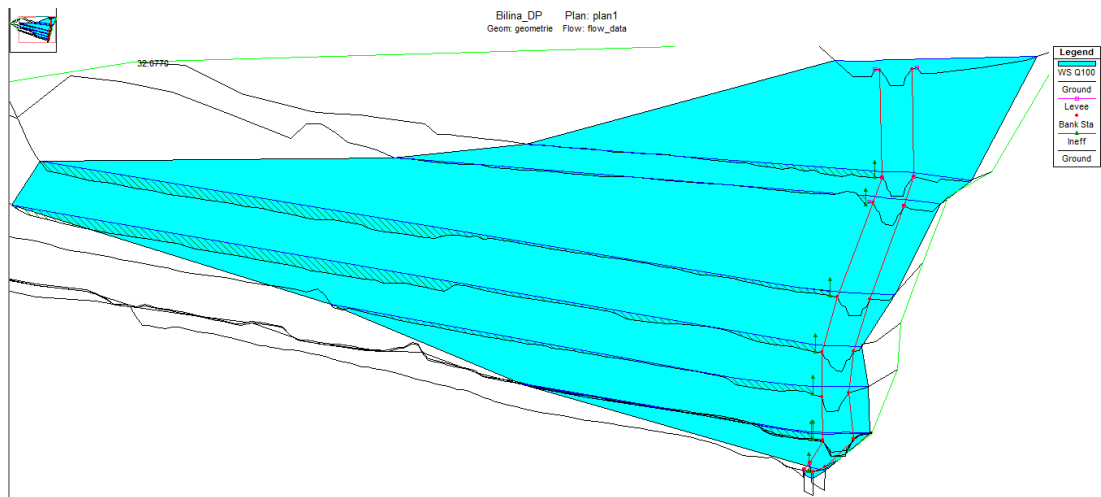


Obr. č. 34: Rozliv nad mostem M2 na ř. km 32,7638. Zdroj: autor DP

Ačkoli ve zbytku úseku betonového koryta již k vybřežení nedochází a žádné další objekty stoletou povodní ohroženy nejsou, výška hladiny téměř dosahuje na ř. km 32,6666 horní hrany levé nábrežní zdi. K přelití nedochází, ale v případě, že by výška hladiny dosáhla ve skutečnosti výše, než je modelováno, byly by zde přímo ohroženy zaplavením přibřežní haly a otevřená skladovací a manipulační prostranství.

Lichoběžníkové koryto navazující na povodní konec zděného koryta (km 32,54) je v celém úseku podél areálu nekapacitní již pro Q_{20} . Dochází k přelévání levého břehu směrem k areálu. ***Přestože je lichoběžníkové koryto nekapacitní již pro dvacetiletou povodeň, nejsou zaplavením ohroženy žádné objekty ani prostranství uvnitř areálu, neboť se v daném úseku toku nachází betonové oplocení (výška zdi 2 – 2,30 m), které slouží jako dostatečná protipovodňová bariéra i pro Q_{100} .***

Obrázek níže ukazuje skutečný rozliv při Q_{100} před betonovou zdí a šrafované inefektivní plochy za ní.



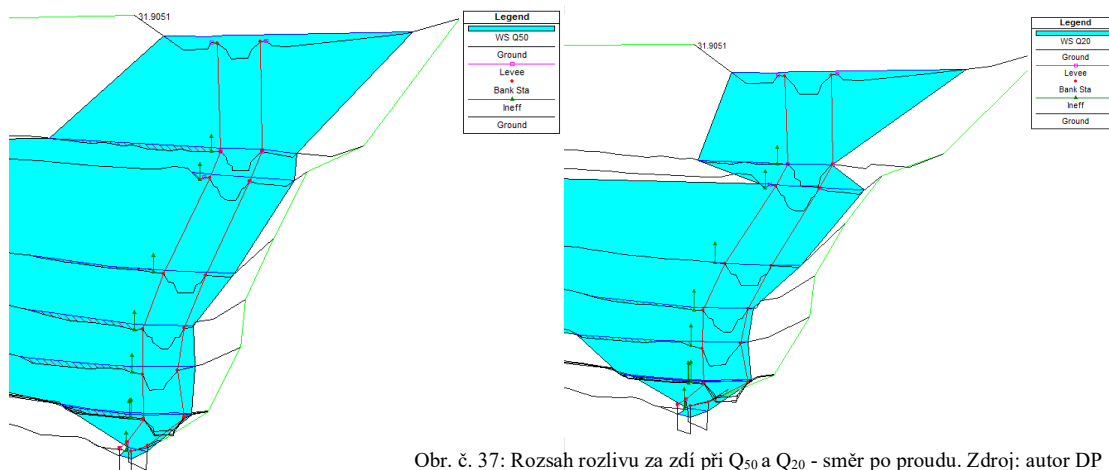
Obr. č. 35: Skutečný rozliv při Q_{100} směrem do areálu sklárny AGC a.s. před betonovou zdí (zelené šipky) a šrafované inefektivní plochy za ní, tj. rozsah rozlivu do areálu v případě neexistence betonové zdi - směr po proudu. Zdroj: autor DP



Obr. č. 36: Liniové betonové oplocení areálu sklárny AGC a.s. (červená linie). Zdroj: autor DP

Bez oplocení by zde byly při stoleté povodni v důsledku nekapacitního koryta v první řadě zaplaveny významné objekty jako sklad hořlavin, sklad plynu a čistírna odpadních vod ve spodní části areálu, dále částečně pak blíže k Bílině položený provoz Glass Plant/AVO spolu s přílehlými manipulačními a skladovacími plochami za oplocením. Zaplaven by byl také druhý provoz Glass Plant/AVO ve střední části areálu. *Výrobní haly II, III, IIIb, IIIc a sklad chemikálií v severní části areálu, ve kterých je nakládáno s nebezpečnými látkami, spadají také do modelem stanoveného záplavového území Q_{100} a bez oplocení by mohly být zaplaveny.* Zaplaven by mohl být areál HASU spol. s r.o., DOS Pila Bílina i výkupna autovraků.

Při dvacetileté a padesátileté povodni by pak bez oplocení došlo k zaplavení příbřežních otevřených skladovacích a manipulačních ploch v jižní části areálu bezprostředně za zdí. V otevřených prostranstvích se nacházejí např. dřevěné palety nebo ocelové konstrukce a objemné materiály z plastických hmot.



Obr. č. 37: Rozsah rozlivu za zdí při Q_{50} a Q_{20} - směr po proudu. Zdroj: autor DP

8.3 Kapacita koryta

1) Průtok Q_5

Koryto je kapacitní pro průtoky pětileté vody v celém modelovaném úseku, kromě ř. km 32,4130. Zde již při Q_5 bude docházet k přelévání levého břehu ve směru k areálu sklárny AGC a.s. Rozliv by dosáhl betonového oplocení.

2) Průtok Q_{20}

Při simulaci Q_{20} bylo zjištěno, že vlivem nedostatečné kapacity koryta bude docházet k vybřežení:

- na levém břehu: (1) V úseku podél železničního náspu pod areálem SD Bílina, a to v oblasti od potrubní lávky pod stupněm ve dně (ř. km 34,4519) až prakticky po most nad ČOV na ř. km 33,8280. V případě, že by k vybřežení skutečně došlo, voda se bude rozlévat v trávnatém, keři a vzrostlými stromy porostlém volném terénu.



Obr. č. 38: Levobřežní inundační území řeky Bíliny (vpravo za parovodem) podél železničního náspu (vlevo mimo záběr). Zdroj: autor DP

(2) V úseku od vzdouvacího objektu (ř. km 32,4875) podél betonového oplocení sklárny až k betonovému mostu nad Štrbickým potokem (ř. km 31,8892).

- na pravém břehu: V úseku podél betonového oplocení areálu sklárny do volného terénu hustě porostlého keři a vzrostlými stromy, a to od vzdouvacího objektu na ř. km 32,4875. Nejvýraznější rozliv by pak byl nad mostem nad zaústěním Štrbického potoka. Jedná se o lesnatý terén.

3) Průtok Q_{50} a Q_{100}

- levý břeh: K vybřežení a zaplavení levobřežního okolního terénu bude při stoleté a padesátileté vodě docházet prakticky ve stejných úsecích toku. Do levobřežního inundačního území dojde v obou případech k rozlivu podél železničního náspu pod areálem Dolů Bílina a dále také podél betonového oplocení areálu sklárny AGC a.s. až k betonovému mostu nad Štrbickým potokem.

Významný rozdíl je v případě zděného koryta podél sklárny AGC. Návrhový průtok Q_{50} je koryto schopno bez problémů provést, při Q_{100} bude docházet k rozlivu do areálu, a to v úseku mezi nekapacitními nepoužívanými mostky na ř. km 32,8252 a 32,7638.

- pravý břeh: Při Q_{50} nebude docházet k výraznějším rozlivům do pravobřežní inundace jinde než pod vzdouvacím objektem podél sklárny AGC a nebudou ohroženy žádné objekty. Průtok Q_{100} koryto neprovede bez vybřežení v úseku pod potrubní lávkou na ř. km 34,4519 až po ř. km 33,1197 nad silničním mostem I/13. Dojde tak k rozlivu vody na komunikaci I/13 v úseku mezi produktovody na ř. km 34,4519 až 34,1248. Dále dojde k rozlivu do areálu stavebnin Černý (ř. km 33,8280), v úseku čistírny odpadních vod (ř. km 33,7063 až 33,2995) pak rozliv zasáhne biologické čištění a další objekty. Výrazný rozliv při Q_{100} do pravobřežního lesnatého inundačního území je v úseku pod vzdouvacím objektem níže po toku, neboť koryto je zde nekapacitní již pro Q_{20} .

8.4 Kapacita objektů

Objekty na toku byly orientačně posuzovány na návrhové průtoky Q_{50} a Q_{100} . Dle ČSN 73 6201 (Projektování mostních objektů) by měla být v mostním otvoru zachována volná výška nad hladinou návrhového průtoky minimálně 0,5 m. Při návrhovém průtoky Q_{100} tuto podmínku splňovaly 3 objekty, tj. dva mosty a produktovod. Při návrhovém průtoky Q_{50} byla podmínka splněna čtyřmi objekty.

Z hlediska kapacity je z dvanácti zadaných objektů osm nekapacitních pro stoletou vodu, sedm pro padesátiletou vodu, dva pro dvacetiletou vodu, přičemž mostek nad ČOV není dostatečně kapacitní ani pro Q_5 . Pro Q_{100} jsou nedostatečně kapacitní čtyři betonové mosty (most ke sklárně, dva nepoužívané u areálu AGC a.s. a jeden pod areálem), produktovod, dvě potrubní lávky a mostek nad ČOV. Dva produktovody, silniční most komunikace I/13 a silniční most z Chudeřic jsou dostatečně kapacitní i pro Q_{100} . K přelití objektu dochází u mostku nad ČOV – při Q_{50} a Q_{100} , u potrubní lávky na ř. km 34,2386 a produktovodu na ř. km. 34,1248 při Q_{100} .

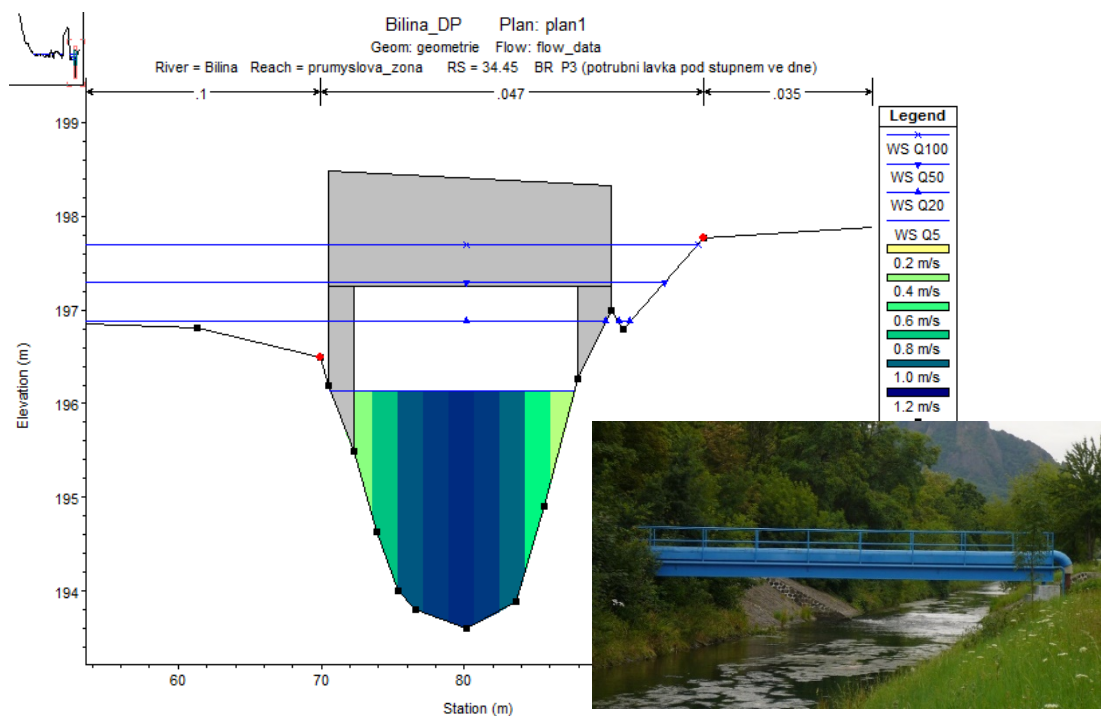
Výsledné posouzení objektů je shrnuto v následující tabulce.

objekt	ř. km	mostovka [m. n. m]	hladina při Q_n [m]				volný prostor 0,5 m dosažen při max. návrhovém průtoky
			Q_{100}	Q_{50}	Q_{20}	Q_5	
P5 - produktovod	35.0515	200.71	198.62	198.31	197.90	197.25	Q100
P4 - produktovod	34.7636	198.28	198.09	197.78	197.39	196.75	Q50
P3 – potrubní lávka	34.4519	197.25	197.70	197.30	196.88	196.14	Q5
P2 – potrubní lávka	34.2386	196.94	197.64	197.21	196.68	195.92	Q5
P1 – produktovod	34.1248	197.25	197.62	197.18	196.65	195.80	Q20
M7 – most nad ČOV	33.7063	194.95	197.47	196.95	196.37	195.45	<Q5
M6 - silniční most I/13 Bílina -Teplice	33.0643	202.48	197.16	196.51	195.81	194.96	Q100
M5 – silniční most z Chudeřic	33.017	198.55	197.15	196.48	195.78	194.94	Q100
M4 – silniční most k AGC	32.966	196.2	196.98	196.34	195.66	194.85	Q20
M3 - nepoužívaný most II (pod zinkovnou)	32.8252	195.47	196.66	196.06	195.41	194.67	Q5
M2 - nepoužívaný most I	32.7638	195.21	196.68	195.87	195.31	194.59	Q5
M1 - most nad Štrbickým p.	31.8892	193.48	194.25	193.91	193.43	192.87	Q5

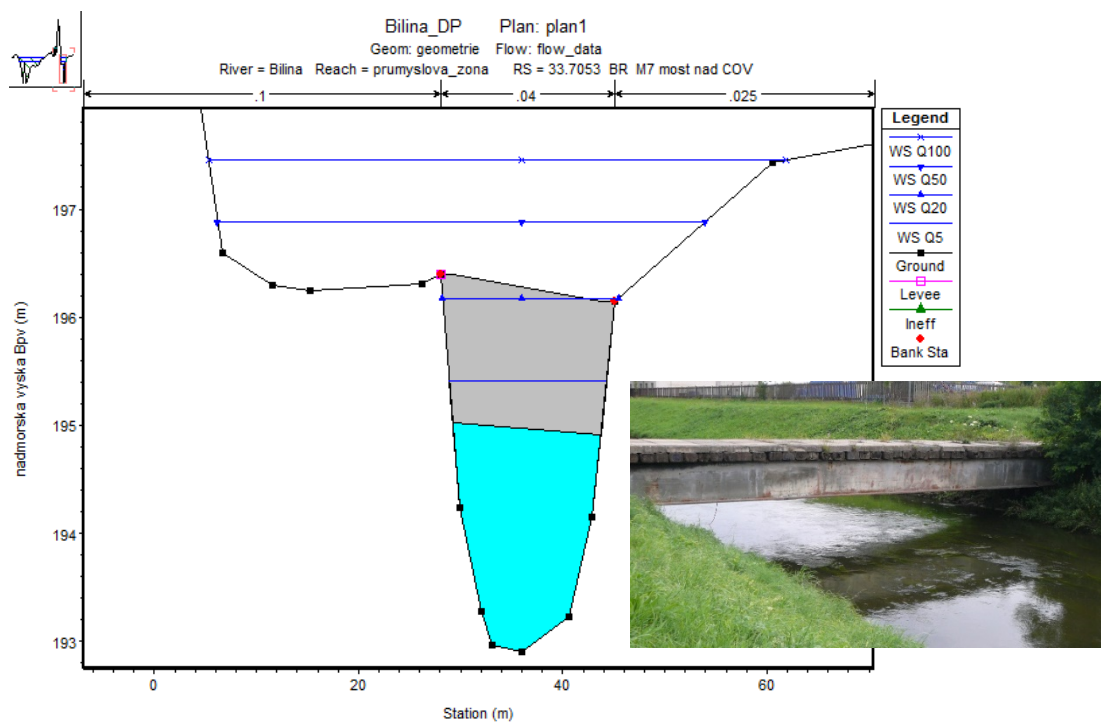
Tab. č. 10: Posouzení kapacity objektů. Zdroj: autor DP

Pozn.: Kóta mostovky [m. n. m] - jde o průměrnou úroveň dolní hrany mostu / produktovodu / lávky.

Příklady nedostatečně kapacitních objektů:



Obr. č. 39: Výška hladiny při Qn, včetně rozdělení rychlostí – potrubní lávka (P3) pod stupněm ve dně na ř. km 34,4519. Zdroj: autor DP



Obr. č. 40: Nekapacitní most nad ČOV. Zdroj: autor DP

9. PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ

Z hlediska dostatečné protipovodňové ochrany všech povodněmi ohrožených ploch v obci je velmi důležitý dobře fungující systém povodňového řízení. Tím je myšlen především pravidelně aktualizovaný povodňový plán a fungující organizační zabezpečení při krizovém řízení. Potřeba je také provádět údržbu průtočného profilu odstraňováním potenciálních překážek proudění při velkých vodách, tj. udržovat břehy i koryto v dobrém stavu. Odstraňovat nánosy po průchodu velkých vod atp.

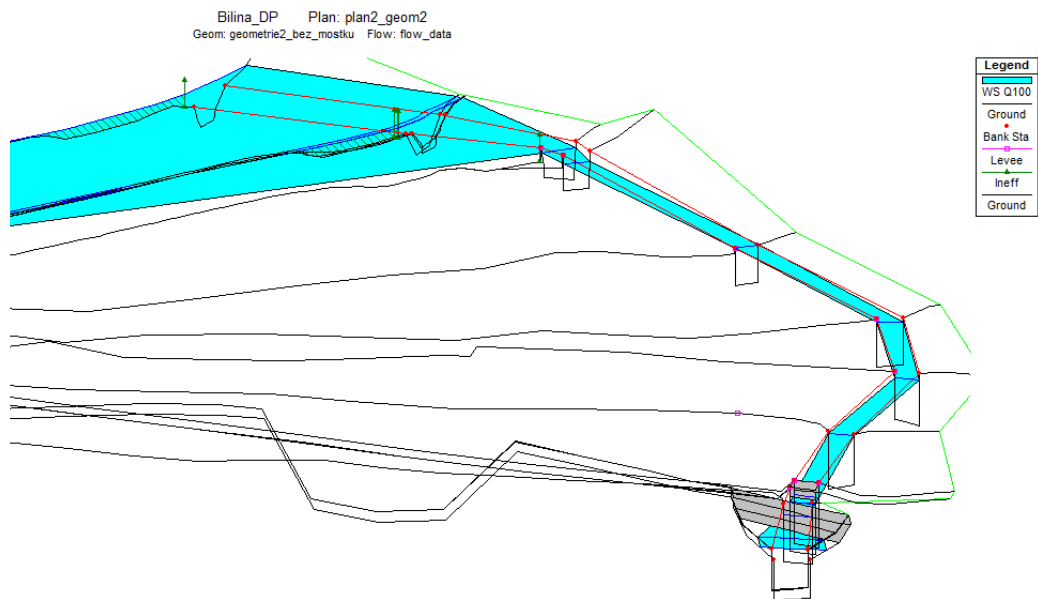
Uvažovaných technických opatření ke zlepšení protipovodňové ochrany obou levobřežních areálů není mnoho neboť v místech, kde by dle stanoveného záplavového území Q_{100} mohlo dojít k výraznému rozlivu do jednoho nebo druhého areálu, a zaplavení strategicky důležitých objektů (sklady a provozních haly) by způsobilo významné škody, již účinná opatření proti stoleté povodni existují. Jedná se o betonovou zeď a železniční násep. Vzhledem k neznámému režimu Radčického potoka nejsou v této práci žádná konkrétní protipovodňová opatření pro ochranu areálu SD Bílina a.s. uvažována.

Ochrana pravobřežních objektů, které byly vyhodnoceny, jako zaplavitelné při stoleté povodni není cílem diplomové práce. Jsou zde uvedena jen doporučená opatření pro zvýšení povodňové ochrany bez ověření jejich funkčnosti matematickým modelem.

Opatření pro zvýšení ochrany před povodněmi levobřežního areálu AGC a.s.

- **Odstranění obou nepoužívaných betonových mostků (M2 a M3)** v betonovém korytě Bíliny podél areálu AGC a.s. (ř. km 32,8295 a 32,7638) – K jedinému rozlivu do areálu sklárny dochází vzdutím hladiny nad mostkem M2 v důsledku nedostatečné kapacity pro Q_{100} .

Při simulaci průchodu Q_{100} korytem po odstranění obou mostků již nedošlo v daných místech k vybřežení a v celém úseku betonového koryta nebyly zaplavením ohroženy žádné objekty sklárny.



Obr. č. 41: Provedení Q_{100} betonovým korytem po odstranění nekapacitních mostků - směr po proudu. Zdroj: autor DP

- Zkapacitnění silničního mostu k areálu AGC a.s. (M4) na ř. km 32,9660** – Jedná se o dopravně důležitý most, neboť jiný vjezd do areálu není. Je potřeba zvýšit spodní hranu objektu tak, aby byla při návrhovém průtoku Q_{100} zachována dostatečná podtoková výška 0,5 m. Dostatečnou podtokovou výškou se předejde problémům při zachytávání plaveného materiálu, kdy může dojít až k úplnému ucpání průtočného průřezu koryta. V takovém případě dojde ke vzduťi a zaplavení okolního terénu. Konkrétně zde se na levém břehu nacházejí do 60 m od mostu lapoly² AGC. Rekonstrukce si vyžádá provedení i dalších okolních terénních úprav. V případě nasimulované výšky hladiny 196,98 m. n. m. při Q_{100} v profilu před objektem, je potřeba zvednout spodní hranu mostu na kótu alespoň 197,48 m. n. m.

Doporučená opatření pro zvýšení ochrany před povodněmi pravobřežních ploch v řešeném úseku toku

Z hlediska možného zaplavení pravobřežních objektů při Q_{100} se jeví jako nejjednodušší opatření zkapacitnění koryta jeho zahloubením a upravením sklonu svahů břehů tak, aby nedocházelo k přelévání pravého břehu. A to v úseku od potrubní lávky pod stupněm ve dně až k silničnímu mostu I/13. Zejména pak v úseku

² Obecně se jedná o objekty pro odlučování lehkých kapalin, zejména ropných látek z odpadních nebo podzemních vod. Zde se jedná o lapoly pro parkovací plochy a slouží k čištění dešťové vody znečištěné ropnými látkami – benzín, nafta, oleje. Fungují na principu uliční vpusti – nátok vrchem do sedimentační komory a dále na dočištění na sorpční filtr.

čistírny odpadních vod (ř. km 33,7063 až 33,2995) je potřeba koryto zahloubit. Nelze zde uvažovat zkapacitnění koryta jeho rozšířením do levého břehu neboť železniční trať je rozčleněna a vede také pod železničním náspem v blízkosti břehové hrany. Násep je zde od koryta toku vzdálen asi 15 m (viz obrázek).



Obr. č. 42: Železniční násep a koleje pod ním na levém břehu koryta v úseku areálu ČOV - směr po proudu.

Zdroj: autor DP

Dále se doporučuje posoudit kapacitu objektů v daném úseku po zahloubení koryta a případně provést jejich zkapacitnění.

10. DISKUSE

Ačkoli povodňový model prokázal, že je areál SD Bílina a.s. rozlivem řeky Bíliny při Q_{100} neohrožen, je přesto potřeba s určitou mírou ohrožení povodněmi počítat. Teoreticky by totiž k jeho zaplavení mohlo dojít z Bíliny Radčickým potokem skrz těleso železničního náspu. Vzhledem k výpočtu ustáleného nerovnoměrného proudění a nedostupnosti jakýchkoli podkladových dat k Radčickému potoku byla však případná dílčí transformace povodně do tohoto přítoku ve výpočtu zanedbána. Ing. Koutecký z ČHMÚ v Ústí nad Labem navíc v písemném vyjádření k hydrologickému režimu Radčického potoka ze dne 29. 9. 2015 uvedl, že: *„Tento tok je značně dotčen těžbou dolu Bílina a jeho režim je pro nás prakticky neznámý. Bez dalšího šetření nejsme tak schopni poskytnout jakékoli relevantní informace.“* V návaznosti na uvedenou citaci vyjádřil obavu, že: *„...ani bližší průzkum do toho alespoň z hlediska N-letých průtoků příliš světla nevnese.“*

Za současných podmínek, kdy nebylo proudění v Radčickém potoce počítáno se lze tak bez modelového podkladu o případném rozlivu tohoto přítoku jen dohadovat. I zde, podobně jako u sklárny AGC a.s., by však při případném rozlivu hrálo roli betonové oplocení areálu (zeď vysoká 2 m), které vede podél pravého břehu potoka ve vzdálenosti asi 10 až 20 m a dále většinu areálu lemuje.

Rozliv do areálu sklárny AGC a.s. byl povodňovým modelem vyhodnocen jako možný v úseku mezi nepoužívanými mostky na ř. km 32,8295 a 32,7638. Byl vyřešen jejich odstraněním. I přesto, že by již k přelévání betonového koryta do areálu nedocházelo, v některých profilech je jeho kapacita pro návrhový stoletý průtok dostatečná jen těsně. Je otázkou, do jaké míry by při stoleté povodni ovlivnilo výšku hladiny Bíliny v betonovém korytě zaústění vod z odvodňovacího systému a zda by nedocházelo k rozlivu směrem do areálu AGC a.s. Uvážíme-li ještě, že Severočeské doly a.s. chystají zkapacitnění dvou průtočných retenčních nádrží zaústěných do Bíliny pár metrů pod areálem žárové zinkovny. V takovém případě by bylo potřeba vyřešit stávající vedení produktovodu na levém břehu Bíliny v areálu AGC tak, aby bylo možné realizovat např. opatření v podobě protipovodňové stěny navazující na stávající betonové oplocení.

Rozsáhlý rozliv by byl do areálu v případě poškození betonové zdi, neboť levý břeh koryta je v daném úseku značně nekapacitní. Mohly by tak být zaplaveny

všechny strategicky důležité objekty, včetně těch s nebezpečnými látkami. I přesto, že je levý břeh nekapacitní již pro Q_{20} , nedomnívá se autor, že je potřeba jej za současné situace technicky upravovat a navyšovat, pokud nedojde ke stržení nebo poškození betonového oplocení. V takovém případě by však vzhledem k nedostatku prostoru mezi tokem a zdí a vzhledem k tomu, že na většině úseku zdi jsou bezprostředně za ní důležité objekty (ČOV, sklady atp.) volil jako vhodné protipovodňové opatření opět betonovou protipovodňovou stěnu obdobné výšky dimenzovanou na stoletý návrhový průtok.

Je také potřeba upozornit, že proudění v korytě při návrhových průtocích bylo popisováno s využitím jednorozměrného matematického výpočetního modelu, ve skutečnosti se však jedná o třírozměrný, v čase proměnný děj. Výpočet nepostihuje jevy, které se při povodních běžně vyskytují a mohou výrazně průběh povodňové situace ovlivnit, s tím i rozsah zaplavení a velikost způsobených škod. Jedná se třeba o možné ucpání průtočného profilu plaveným materiálem, nebo že výška hladiny v korytě a v inundaci nemusí být v jednom příčném profilu na stejné úrovni.

Přesnost výsledných výpočtů je také do jisté míry ovlivněna počtem a hustotou příčných profilů zahrnutých do výpočtu, vhodným odhadem Manningova drsnostního součinitele nebo aktuálností vstupních hydrologických dat. Aktuální hydrologická data se sestávají z nižších návrhových průtoků Q_{100} , avšak v jednom z profilů vyšší třídy přesnosti než hydrologická data poskytnutá ČHMÚ v roce 2009 pro podkladovou studii. Použitá aktuální hydrologická data a autorem volená drsnost, která jistě nemusela být vždy vhodně odhadnuta, mohou být důvody, proč se z hlediska kapacity betonového koryta pro Q_{100} rozchází tato práce s podkladovou studií záplavového území řeky Bíliny. Zde bylo betonové koryto vyhodnoceno ve většině příčných profilů jako kapacitní pro Q_{100} , kdežto v podkladové studii bylo ve všech příčných profilech vyhodnoceno jako nekapacitní (výška hladiny při Q_{100} byla maximálně o 30 cm výš než výška nábřežních zdí).

Výsledky práce je vzhledem k výše uvedenému potřeba brát pouze jako odhad skutečného průběhu modelovaných povodňových událostí, který se navíc může a s největší pravděpodobností bude měnit se změnou použitých hydrologických dat, se změnou použitého výpočetního modelu nebo se změnou zpracovatele a jím subjektivně volených drsností či jeho zkušenostmi se zpracováním podobných projektů.

I přesto je tato práce přijatelným výchozím podkladem pro další šetření v dané oblasti. Především by bylo vhodné blíže se zaměřit na protipovodňovou ochranu čistírny odpadních vod, neboť by mohla být výrazně zasažena povodní charakteru Q_{100} nebo na Severočeskými doly plánované zkapacitnění odvodňovací soustavy přilehlé výsyvky Jirásek a Radovesice, jenž ústí do Bíliny u areálu sklárny AGC a.s.

11. ZÁVĚRY

Na základě výsledků povodňového modelu a posouzení stávající i možné míry protipovodňové ochrany obou průmyslových areálů lze konstatovat tyto závěry:

- (1) Průmyslový areál SD Bílina a.s. není rozlivem řeky Bíliny přímo ohrožen ani při stoleté povodni, neboť železniční násep vysoký cca 6 m zde funguje jako dostatečná ochranná hráz.
- (2) Zděné koryto podél areálu sklárny je plně kapacitní pro návrhové průtoky Q_5 , Q_{20} i Q_{50} . Tyto povodňové události tak v tomto úseku areál neohrožují.
- (3) Odstraněním nekapacitních mostků v části zděného koryta Bíliny na ř. km 32,8295 a 32,7638 dojde k zamezení zpětného vzduť a tím k rozlivu vody při Q_{100} v tomto úseku do areálu sklárny AGC a.s.
- (4) Betonová zeď areálu AGC a.s. vysoká 2 – 2,3 m podél levého břehu řeky Bíliny v úseku ř. km 32,5419 až 32,0770 funguje jako dostatečná ochrana před povodní charakteru Q_{100} . V daném úseku tak nedojde k zaplavení strategicky důležitých objektů, zejména těch, kde je nakládáno s nebezpečnými látkami a není tak zde potřeba provádět technické úpravy nekapacitního levého břehu koryta.
- (5) Z preventivních důvodů je vhodné provést zkapacitnění silničního mostu k areálu AGC a.s. a zajistit potřebnou podtokovou výšku 0,5 m při návrhovém průtoku Q_{100} . Bude tak zajištěno, že nedojde k ucpání průtočného průřezu koryta plaveným materiálem a okolní objekty AGC i pravobřežní žárové zinkovny nebudou zaplaveny v důsledku vzduť hladiny.

12. LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE

- Akan, O.** (2006): *Open Channel Hydraulics*. Elsevier Ltd, Oxford, 364 s.
- Balvín, P., Gabriel, P., Bouška, P., Havlík, A.** (2009): *Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích – Technické podmínky*. Ministerstvo dopravy – odbor infrastruktury, Praha, 91 s.
- Bedient, P., Huber, W.** (1988): *Hydrology and Floodplain Analysis*. Addison-Wesley Publishing Company, United States of America, 650 s.
- Dědková, M.** (2010): *Aktualizace havarijního plánu AGC Glass Europe*. AGC Glass, Bílina, 26 s.
- Dvořák, M., Matoušková, M.** (2008): *Ekohydromorfologický průzkum a antropogenní transformace řeky Bíliny*. In: Matoušková, M.: EKOHYDROLOGICKÝ MONITORING VODNÍCH TOKŮ. Univerzita Karlova v Praze - Přírodovědecká fakulta, Praha, s. 137 – 153.
- Havlík, V., Marešová, I.** (1994): *Hydraulika I – příklady*. ČVUT Praha, Praha, 355 s.
- Havlík, V., Ingeduld, P., Vaněček, S., Zeman, E.** (1992): *Matematické modelování neustáleného proudění*. ČVUT Praha, Praha, 223 s.
- Havlík, A.** (2010): *HYDROLOGICKÉ VYHODNOCENÍ PRŮBĚHU POVODNÍ, Příloha – Vyhodnocení kulminačních průtoků povodně z května 2010 s využitím hydraulických výpočetních postupů*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 30 s.
- Havlík, A.** (2014): *Matematické modelování proudění vody s volnou hladinou*. ČVUT Praha, Praha, 86 s.
- Hydroprojekt CZ a.s.** (2007): *Studie ochrany před povodněmi na území Zlínského kraje, C – Koncepce řešení protipovodňové ochrany*. Praha, 56 s.
- Chen, Y., Wang, Z., Liu, Z., Zhu, D.** (2012): *1D-2D Coupled Numerical Model for Shallow-Water Flows*. In: Journal of Hydraulic Engineering 138 (2). American Society of Civil Engineers, s. 122 – 132.
- Jílková, J., Čamrová, L.** (2006): *Povodňové škody a nástroje k jejich snížení*. IEEP, Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku při FNH VŠE v Praze, Praha, 420 s.
- Krayzel, Z.** (2013): *Projekt – "AGC Automotive Czech a.s. - rozšíření výroby enkapsulace TPE v provozu AVO"*. Oznámení záměru podle §6 zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, v rozsahu přílohy č. 4. Praha, 62 s.
- Křovák, F.** (2004): *HEC-RAS stručný manuál (česká verze)*. KTI & AquaLogic, Praha, 21 s.
- Křovák, F., Kovář, P., Kadlec, V.** (2014): *Technická protierozní opatření – Hrazení bystřin a strží, metodika*. ČZU; VÚMOP, v.v.i., Praha, 52 s.
- Kunský, J.** (1974): *Československo fyzicky zeměpisně*. SPN, Praha, 251 s.
- Lin, B., Wicks, J., Falconer, R., Adams, K.** (2006): *Integrating 1D and 2D hydrodynamic models for flood simulation*. In: Water management 159 Issue WMI. Institution of Civil Engineers, United Kingdom, s. 19 – 25.

- Liu, X.** (2014): *Open-Channel Hydraulics: From Then to Now and Beyond*. In: Wang, L., Yang, C.: *Handbook of Environmental Engineering, Volume 15: Modern Water Resources Engineering*. Springer Science+Business Media, New York, s. 127 - 158.
- Novak, P., Guinot, V., Jeffrey, A., Reeve, D.** (2010): *Hydraulic modelling – an introduction: principles, methods and applications*. Spon Press, Abingdon, 599 s.
- Povodí.** (2006): *Souhrnná zpráva o povodňové situaci - jaro 2006*. Povodí Ohře s. p., 132 s.
- Povodí a,** (2010): *Zpráva o povodni 08/2010 (1. část povodňové zprávy, A-E)*. Povodí Ohře s. p., 38 s.
- Povodí b,** (2010): *Zpráva o povodni 09/2010 (1. část povodňové zprávy, A-E)*. Povodí Ohře s. p., 23 s.
- Povodí.** (2011): *Zpráva o povodni 01/2011 (1. část, kapitoly A-E)*. Povodí Ohře s. p., 43 s.
- Povodí.** (2013): *Zpráva o povodni 06/2013 (1. část povodňové zprávy, A-F)*. Povodí Ohře s. p., 69 s.
- Příhoda, J., Louda, P.** (2007): *Matematické modelování turbulentního proudění*. ČVUT Praha, Praha, 111 s.
- Quitt, E.** (1971): *Klimatické oblasti Československa*. Academia, Praha, 73 s.
- Říha, J., Kratochvíl, J., Šlezinger, M., Dráb, A., Dumbrovský, M., Golík, P., Jandora, J., Julínek, T., Korytářová, J., Koutková, H., Tichá, A., Uhmánová, H.** (2005): *Riziková analýza záplavových území*. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 286 s.
- Stöhr, E.** (2010): *Sklad chemikálií AGC Automotive Bílina s.r.o. Oznámení záměru dle přílohy č. 3 zákona č.100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí*. ECO Most s.r.o., Most, 31 s.
- Sturm, T.** (2010): *Open Channel Hydraulics, SECOND EDITION*. McGraw-Hill, New York, 546 s.
- Šindlerová, V., Lejsková, K., Vik, J., Žáková, L., Veselý, L.** (2014): *3. ÚPLNÁ AKTUALIZACE ÚZEMNĚ ANALYTICKÝCH PODKLADŮ ORP BÍLINA*. HaskoningDHV Czech Republic spol. s r.o., Praha, 140 s.
- Tolasz, R.** (2007): *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 255 s.
- Toniková, Z.** (2015): *ČOV Bílina – rekonstrukce. Oznámení záměru podle § 6 zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, v rozsahu přílohy č. 3. Severočeská vodárenská společnost a.s., Teplice, 42 s.*
- Valenta, P.** (2005): *Využití numerických modelů proudění vody v protipovodňové ochraně*. FSv ČVUT Praha, Praha, 26 s.
- Valentová, J., Valenta, P.** (2006): *Vliv prostorové schematizace na kvalitu numerického modelování proudění vody při povodních*. Journal of Hydrology and Hydromechanics Vol 54., s. 58 – 70.

Velvarský Rudolf, Ing. – ústní sdělení (říční dozor – provoz Teplice závodu Chomutov, s. p. Povodí Ohře, Novosedlická 758, Teplice) dne 16. 7. 2015.

Vysloužil, L. (2014): *Odborný posudek: Technicko-ekonomické posouzení možnosti instalace řízených odtahů ve společnosti AGC Automotive Czech a.s. - nanášení adhezivních materiálů*. Brno, 31 s.

Wanie Roman, Ing. – ústní sdělení (vodohospodář Dolů Bílina, Důlní 375/89, Bílina) dne 26. 8. 2015.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS (2010): *HEC-RAS River Analysis System – Hydraulic Reference Manual (version 4.1)*. Institute For Water Resources - Hydrologic Engineering Center, 417 s.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS (2010): *HEC-RAS River Analysis System – User's Manual (version 4.1)*. Institute For Water Resources - Hydrologic Engineering Center, 790 s.

Zeulák, J., Křovák, F., Hybásek, J. (2010): *Generel Litovecko-Šáreckého potoka a jeho přítoků, Povodňový model, Část: Hydraulické řešení proudění v říční síti*. MV projekt spol. s r.o, Praha, 25 s.

Ostatní:

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů

Plán hlavních povodí České republiky ze dne 23. května 2007

Vodní cesty, 05/2010: Studie záplavového území toku Bílina; Ústí nad Labem – Liběšice, km 0,000 – 40,250

Online zdroje:

Arnika, 2014: Dioxiny. Arnika, Praha, online: <http://arnika.org/dioxiny>, cit. 1. 11. 2015

Benešová P., Kozmová K., 2012: Povodně roku 2002 vyplavily i Spolanu Neratovice. Lidi ohrožoval únik chlóru. Český rozhlas, online: http://www.rozhlas.cz/zpravy/politika/_zprava/povodne-roku-2002-vyplavily-i-spolanu-neratovice-lidi-ohrozoval-unik-chloru--1097980, cit. 1. 11. 2015

Bílina, 2015: Územní plán – Vodní hospodářství. Bílina, online: <http://bilina.cz/urad/uzemni-plan-vodni-hospodarstvi>, cit. 24. 5. 2015

ČÚZK a, 2014: Základní mapa ČR 1:10 000. Český úřad zeměměřičský a katastrální, Praha, online: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(xvbb5kkck21rvbmhsua5kgmn\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy10&text=dsady_mapy10&head_tab=sekce-02-gp&menu=223](http://geoportal.cuzk.cz/(S(xvbb5kkck21rvbmhsua5kgmn))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy10&text=dsady_mapy10&head_tab=sekce-02-gp&menu=223), cit. 11. 8. 2015

ČÚZK b, 2014: Ortofoto. Český úřad zeměměřičský a katastrální, Praha, online: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(xvbb5kkck21rvbmhsua5kgmn\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto_info&side=ortofoto&head_tab=sekce-02-gp&menu=23](http://geoportal.cuzk.cz/(S(xvbb5kkck21rvbmhsua5kgmn))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto_info&side=ortofoto&head_tab=sekce-02-gp&menu=23), cit. 11. 8. 2015.

ČÚZK, 2015: Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G). Český úřad zeměměřičský a katastrální, Praha, online: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(xvbb5kkck21rvbmhsua5kgmn\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302](http://geoportal.cuzk.cz/(S(xvbb5kkck21rvbmhsua5kgmn))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302) , cit. 11. 8. 2015

FSv ČVUT, 2015: Protipovodňová opatření – Možnosti financování studie. České vysoké učení technické v Praze – Fakulta stavební, Praha, online: http://k126.fsv.cvut.cz/predmety/d26euf/euf_ukazka-4.pdf, cit. 28. 9. 2015

DOS Pila Bílina, 2008: Index. DOS Pila Bílina, Hrobčice, online: <http://www.dospila.cz/index.html>, cit. 20. 7. 2015

HASU, 2008: Profil firmy. HASU spol. s.r.o., Bílina, online: <http://www.hasu.cz/profil-firmy.html>, cit. 20. 7. 2015

Hydrosoft Veleslavín, 2014: Digitální povodňový plán ORP Bílina. Hydrosoft Veleslavín s.r.o., Bílina, online: http://dvt-info.cz/web_seso/dvt_dpp/pub_4201/, cit. 14. 6. 2015

Idealfenster, 2007: O nás. Idealfenster a.s., Bílina, online: <http://www.idealfenster.cz/?text=file-onas&flag=cz>, cit. 20. 7. 2015

KOMPASS, 2015: Recticel Czech Automotive s.r.o. Kompass Czech Republic s.r.o, Praha, online: <http://cz.kompass.com/c/recticel-czech-automotive-s-r-o/cz021639/>, cit. 20. 7. 2015

KOVOLAK Plus, 2011: Profil společnosti. KOVOLAK Plus s.r.o, Chudeřice, online: <http://www.kovolak-plus.cz/praskova-lakovna/profil-spolecnosti.html>, cit. 20. 7. 2015

Lahuta, Z., 2007: Pažené a těsněné stavební jámy. Fakulta stavební – VŠB TU, Ostrava, online: <http://fast10.vsb.cz/lahuta/ZS/8.pdf>, cit. 20. 8. 2015

MŽP, 2015: Přírodě blízká protipovodňová opatření. Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: http://www.mzp.cz/cz/protipovodnova_opatreni, cit. 29. 9. 2015

PRODECO, 2013: Profil společnosti. PRODECO a.s., Bílina, online: <http://www.prodeco.cz/cz/o-spolecnosti/profil-spolecnosti>, cit. 27. 8. 2015

Revitrans, 2015: Základní informace. Revitrans a.s., Bílina, online: <http://www.revitrans.cz/spolecnost/zakladni-informace.aspx>, cit. 27. 8. 2015

Severočeské doly, 2015: Základní informace o společnosti. Severočeské doly a.s., Chomutov, online: <http://www.sdas.cz/spolecnost/profil-spolecnosti/zakladni-informace-o-spolecnosti.aspx>, cit. 27. 8. 2015

Šuta, M., 2012: Spolana – příběh plný jedů. Greenpeace, online: <http://www.greenpeace.org/czech/cz/blogy/toxicke-znecisteni/spolana-neratovice-pribeh-plny-jedu/blog/41798/>, cit. 1. 11. 2015

SPL Recycling, 2008: O společnosti. SPL Recycling a.s., Praha, online: http://www.splrecycling.com/o_spolecnosti.html, cit. 20. 7. 2015

Mapy:

Geologická mapa 1:50 000 (online), dostupné z:

http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50zj&y=780543&x=983792&r=2000&s=1&legselect=0

Půdní mapa 1:1 000 000 (online), dostupné z:

http://ags1.geology.cz/ArcGIS/services/wms/Pudni_typy/MapServer/WMServer

Mapa průměrné roční teploty vzduchu za období 1961 – 1990 (online), dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/t6190.gif>

Mapa průměrného ročního úhrnu srážek za období 1961 – 1990 (online), dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/sra6190.gif>

Mapa hydrogeologických rajonů 1:1 000 000 (online), dostupné z:

http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Inspire/HG_rajony/MapServer/WMServer

Základní hydrogeologická mapa Československa 1 : 200 000 - území ČR (online), dostupné z:

<http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Inspire/HG200K/MapServer/WMServer>

Tabulky a obrázky:

URL 1: Water Open Access Journals, Article: Inundation Mapping Initiatives of the Iowa Flood Center: Statewide Coverage and Detailed Urban Flooding Analysis (online) [cit. 2015. 11. 5], dostupné z: http://www.mdpi.com/water/water-04-00085/article_deploy/html/images/water-04-00085-g007-1024.png

URL 2: Argus Holdings Ltd., RiverFLO-2D (online) [cit. 2015. 11. 5], dostupné z: <http://www.argusone.com/riverflo2d1.jpg>

URL 3: Press Release Distribution, Flow Science Announces Release of FLOW-3D Version 10.1 (online) [cit. 2015. 11. 5], dostupné z: <http://www.prlog.org/12066175-flow-3ds-new-hybrid-shallow-water3d-flow-model.png>

URL 4: Pažení nepropustná – štětové stěny (online) [cit. 2015. 08. 20], dostupné z: <http://technologie.fsv.cvut.cz/aitom/podklady/online-zakladani/obrjama321.html#obr321a>

URL 5: Pažení nepropustná – štětové stěny (online) [cit. 2015. 08. 20], dostupné z: <http://technologie.fsv.cvut.cz/aitom/podklady/online-zakladani/textjama321.html#tab3211>

13. SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy jsou svázány v samostatném svazku mimo diplomovou práci. Zde je uveden jejich seznam.

- 13.1 Hydrologická data
- 13.2 Situace na Bílině za historických povodní
 - 13.2.1 03/2006
 - 13.2.2 07-09/2010
 - 13.2.3 01/2011
 - 13.2.4 06/2013
- 13.3 Podélný profil
- 13.4 Kapacita objektů
- 13.5 Fotodokumentace současného stavu toku Bílina
 - 13.5.1 ř. km 31,6342 až 32,0770
 - 13.5.2 ř. km 32,0770 až 33,0643
 - 13.5.3 ř. km 33,0643 až 35,1496
- 13.6 Příčné profily

Mapové přílohy

- (1) Situace: Záplavové území Q_{100} (Ortofotomapa)
- (2) Situace: Záplavové území Q_{100} (Základní mapa ČR 1:10 000)
- (3) Situace: Hloubky v záplavovém území Q_{100}
- (4) Objekty areálu AGC a.s.
- (5) Objekty areálu SD Bílina a.s.
- (6) Objekty areálu AGC a.s. - záplavové území Q_{100}
- (7) Objekty areálu SD Bílina a.s. – záplavové území Q_{100}