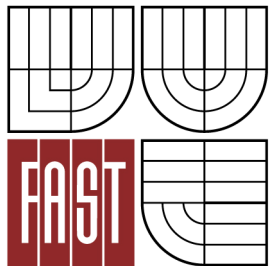




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

MULTIKRITERIÁLNÍ RIZIKOVÁ ANALÝZA NA VYBRANÉ LOKALITĚ TOKU

MULTICRITERIA FLOOD ANALYSIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. IVANA MARKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. DAVID DUCHAN, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. IVANA MARKOVÁ


Název Multikriteriální riziková analýza na vybrané lokalitě toku


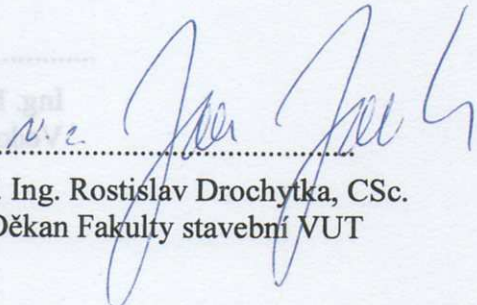
Vedoucí diplomové práce Ing. David Duchan, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2013

Datum odevzdání diplomové práce 17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013


.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu



.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, 1959

ES 2007. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23. října o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik.

MŽP ČR 2009. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. VÚV T.G. Masaryka v.v.i, Brno. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

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

Podklady ve formě hydraulických výpočtů proudění vody v záplavovém území zvolené lokality.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Cílem práce je na vybrané lokalitě toku zpracovat na základě dostupných podkladů mapy multikriteriální rizikovou analýzu v souladu se směrnicí 2007/60/ES a metodikou (MŽP ČR 2009). Dále bude proveden ideový návrh nebo posouzení protipovodňové ochrany.

Výstupy:

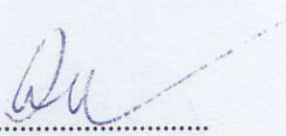
Průvodní zpráva

Mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a rizik

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).
- 3.


.....
Ing. David Duchan, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá zpracováním map multikriteriální rizikové analýzy na základě dostupných podkladů v souladu se směrnicí 2007/60 ES a metodikou MŽP ČR 2012 na vybrané lokalitě toku Dřevnice v kilometru 2,340 – 16,633.

Klíčová slova

povodeň, nebezpečí, ohrožení, riziko, protipovodňová opatření, multikriteriální riziková analýza

Abstract

This thesis deals with the processing map multicriteria decision risk analysis on the basis of on available data in accordance with Directive 2007/60/ES and the methodology of the Ministry of Environment of the Czech Republic in 2012 on the selected location in the river Dřevnice at kilometer 2,340 to 16,633.

Keywords

flood, danger, threat, risk, flood protection measures, multicriteria decision risk analysis

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Ivana Marková *Multikriteriální riziková analýza na vybrané lokalitě toku*. Brno, 2014. 75 s., 109 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. David Duchan, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17.1.2014

.....
podpis autora
Bc. Ivana Marková

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěla poděkovat Ing. Davidu Duchanovi, vedoucímu práce, za odborné vedení, připomínky, informace a pomoc při řešení problémů v průběhu zpracování práce. Také své rodině a blízkým, za podporu, která se mi dostávala po celou dobu mého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	CÍL A PŘEDMĚT PRÁCE	7
3	PODKLADY PRO ŘEŠENÍ	8
3.1	PODKLADY K ŘEŠENÉ LOKALITĚ.....	8
3.2	LEGISLATIVNÍ PODKLADY	8
3.3	INTERNETOVÉ PODKLADY	9
3.4	OSTATNÍ PODKLADY	9
3.5	VYHODNOCENÍ A PŘÍPRAVA PODKLADŮ	11
3.5.1	Hydrologické podklady	11
3.5.2	Hydraulické podklady.....	11
3.5.3	Mapové podklady	12
3.5.4	Místní šetření	12
4	POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	13
4.1	VČEOBECNÝ POPIS CELÉHO TOKU DŘEVNICE	13
4.1.1	Celková zeměpisná orientace	13
4.1.2	Celková charakteristika povodí	13
4.2	STRUČNÝ POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	15
4.3	POPIS OBJEKTŮ NA TOKU	16
4.4	TŘI NEJVÝZNAMĚJŠÍ POVODNĚ V ŘEŠENÉ LOKALITĚ	18
5	RIZIKOVÁ ANALÝZA	19
5.1	KVANTIFIKACE POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ	19
5.2	STANOVENÍ POVODŇOVÉHO OHROŽENÍ	20

5.3	STANOVENÍ POVODŇOVÉHO RIZIKA	22
5.4	SAMOSTATNÉ ŘEŠENÍ V ArcGis	24
5.4.1	Úprava podkladů	24
5.4.2	Mapové zpracování.....	24
5.4.2.1	Mapy nebezpečí.....	24
5.4.2.2	Mapa ohrožení.....	24
5.4.2.3	Mapa rizika.....	25
6	MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA	26
6.1	OBEČNÝ POSTUP MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZY.....	26
6.2	HODNOTÍCÍ KRITÉRIA.....	26
6.2.1	Přiřazení vah hodnotícím kritériím.....	28
6.2.1.1	Metoda pořadí	28
6.2.1.2	Fullerova metoda.....	29
6.2.1.3	Bodovací metoda.....	29
6.2.1.4	Saatyho metoda	29
6.2.2	Škody na majetku	32
6.2.3	Dotčení obyvatelé	37
6.2.4	Kulturní objekty.....	38
6.2.5	Zdroje znečištění.....	38
6.3	METODA PROMETHEE II.....	39
6.3.1	Obecný postup metody PROMETHEE II	39
6.3.2	Samotné řešení Metody PROMETHEE II	41
6.3.2.1	Příprava podkladů	41
6.3.2.2	Mapové zpracování	42

6.4	HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI	45
7	PROTIPOVODŇOVÉ OPATŘENÍ	49
7.1	STRUKTURÁLNÍ OPATŘENÍ	49
7.1.1	Zvýšení kapacity koryta.....	50
7.1.2	Ochranné hráze	50
7.1.3	Povodňové zdi	51
7.1.4	Umělé retenční prostory	54
7.1.5	Zvýšení retenční schopnosti krajiny – opatření v povodí.....	54
7.2	NESTRUKTURÁLNÍ OPATŘENÍ.....	54
7.3	DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	55
7.3.1	Zhodnocení současnosti.....	55
7.3.2	Stavby protipovodňové ochrany.....	55
7.3.3	Ideový návrh protipovodňového opatření.....	56
7.3.4	Zhodnocení ideového návrhu	63
8	ZÁVĚR	65
8.1	RIZIKOVÁ ANALÝZA	65
8.1.1	Úprava podkladů	65
8.1.2	Mapy povodňového nebezpečí.....	65
8.1.3	Mapa ohrožení	66
8.1.4	Mapa rizika.....	66
8.2	MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA	67
8.2.1	Stanovení vah	67
8.2.2	Hodnotící kritéria.....	67
8.2.3	Metoda PROMETHEE II	67

8.2.4	Ekonomická efektivnost	68
8.3	IDEOVÝ NÁVRH PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ.....	69
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
10	SEZNAM TABULEK	73
11	SEZNAM PŘÍLOH	75

1 ÚVOD

Povodně jsou tématem minulým, dnešním i budoucím. Je to přírodní živel, kterému nelze zabránit. Povodeň, dle Zákona 254/2001 Sb. § 64 [8], je přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodních děl, které mohou vést až k jeho havárii (protržení) nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň).

Povodně, které Českou republiku zasáhly v letech 1997 a 2002 jsou stále utkvěny v myslích obyvatelstva. Stále častější lidské činnosti, jako jsou rozšiřování osídlených a hospodářsky využívaných ploch a snižování schopnosti půdy zadržovat vodu pro využití území, přispívají ke zvyšování pravděpodobnosti výskytu povodní. Je žádoucí omezit nepříznivé účinky spojené s povodněmi a to na životní prostředí, kulturní dědictví a lidské zdraví či dokonce život. Proto se stále více lidí zajímá o tuto problematiku a její následné řešení.

Dne 23. října 2007 vznikla povodňová směrnice evropského parlamentu a rady 2007/60ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik [9]. Tato směrnice ukládá členským státům s pevnými časovými termíny povinnost postupně na jejich území vyhodnotit povodňové nebezpečí, riziko a tato vyhodnocení zpracovat do daného termínu.

Termíny zpracování těchto dokumentů jsou v povodňové směrnici stanoveny následně:

- do 22.12.2011 dokončit předběžné vyhodnocení povodňových rizik,
- do 22.12.2013 zajistit dokončení map povodňového vyhodnocení povodňových rizik,
- do 22.12.2015 zajistit dokončení a zveřejnění plánů pro zvládání povodňových rizik.

Tato směrnice tedy udává pouze termíny pro toto vyhodnocení nikoli metodiku.

Pro snižování povodňových rizik se navrhuje a budují protipovodňová opatření. Tyto opatření, které mohou být různých forem, snižují možné poškození a škody. Každé toto opatření má individuální investiční náklady, pro to je třeba posoudit jak zmíněné ekonomické hledisko, tak hledisko s počty zasažených osob, hledisko hodnot kulturního dědictví, či potenciální zdroje znečištění.

Diplomová práce se zabývá vícekriteriálním hodnocením s využitím metod rizikové analýzy.

Část textu převzato z tématu bakalářské práce z roku 2012 „*Riziková analýza na vybrané lokalitě toku*“ [39].

2 CÍL A PŘEDMĚT PRÁCE

Cílem mé diplomové práce je na vybrané lokalitě toku Dřevnice v kilometru 2,340 – 16,633 zpracovat na základě dostupných podkladů mapy multikriteriální rizikovou analýzu v souladu se směrnicí 2007/60/ES a metodikou (MŽP ČR 2009). Dále bude proveden ideový návrh protipovodňové ochrany. Výsledkem práce bude určení nejvíce ohrožených oblastí na základě rizikové analýzy a multikriteriální analýzy, dále navržené PPO v jednotlivých úsecích toku na, základě nejvíce ohrožených oblastí.

Technická zpráva obsahuje:

- popis využitých metod,
- popis zájmového území,
- aplikaci metody,
- ideový návrh protipovodňové ochrany,
- fotodokumentaci.

Mezi mapové přílohy patří:

- situace zájmového území,
- situace přehledná,
- mapy povodňového nebezpečí,
- mapa ohrožení,
- mapa rizika,
- mapa čistého toku metody PROMETHE II při povodni,
- mapa průměrného ročního výskytu škod při povodni,
- mapa průměrného ročního počtu osob zasažených při povodni.

Vyhodnocení bude prováděno v N-letých průtocích Q5, Q20, Q100, Q500.

3 PODKLADY PRO ŘEŠENÍ

Podklady jsou rozděleny do následujících podkapitol:

3.1 PODKLADY K ŘEŠENÉ LOKALITĚ

- [1] Český úřad zeměměřický a katastrální, Základní mapa ČR 1:10 000, WMS mapová služba, http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx
- [2] Český úřad zeměměřický a katastrální, Základní mapa ČR 1:200 000, WMS mapová služba, http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM200_PUB/WMSservice.aspx
- [3] Český úřad zeměměřický a katastrální, Ortofotomapa, WMS mapová služba, http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx
- [4] ZM10 – Český úřad zeměměřický a katastrální, Základní mapa ČR 1:10 000, rastrová, formát *.tif
- [5] Krajský úřad Zlínského kraje, územní plán obce Zlín, formát *.shp, Zlín, 2013
- [6] Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., Osa vodních toků, formát *.shp. Dostupné na WWW: <http://dibavod.cz/index.php?id=27>
- [7] 1D numerické modelování, Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje, Pöyry Environment a.s., Vysoké učení technické v Brně Fakulta stavební, 2014

3.2 LEGISLATIVNÍ PODKLADY

- [8] Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- [9] Směrnice Evropského parlamentu a rady 2007/600/ES o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik
- [10] Vyhláška 236/2002 Sb. o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- [11] Usnesení vlády 382/2000 k Návrhu strategie ochrany před povodněmi pro území ČR
- [12] Vyhláška 142/2005 Sb. o plánování v oblasti vod
- [13] Vyhláška 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla

3.3 INTERNETOVÉ PODKLADY

- [14] www.dibavod.cz
- [15] www.cuzk.cz
- [16] www.wikepdie.cz
- [17] www.pmo.cz
- [18] www.povis.cz
- [19] www.czso.cz
- [20] http://bagry.cz/cze/clanky/job_reporty/jak_se_stavi_protipovodnova_ochrana_v_albrechticich_nad_orlici/protipovodnova_zed_vinouci_se_kolem_albrechticke_vodni_elektrarny, Albrechtice nad Orlicí
- [21] <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/162527-protipovodnova-zed-na-nabrezi-v-prerove-se-lidem-nelibi/>, Přerov
- [22] <http://www.novinyvm.cz/3214-pred-stoletou-vodou-mezirici-ochrani-nejen-betonove-steny-v-budoucnu-take-system-vcasneho-varovani.html>, Meziříčí

3.4 OSTATNÍ PODKLADY

- [23] Říha, J., Riziková analýza záplavových území. Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně, 2002
- [24] Říha, J., Julínek, T., Čejda, M., Dvořák, L., Marčíková, M., Rizika ve vodním hospodářství. Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně, 2010
- [25] Říha, J., Julínek, T., Čejp, J., Rizika ve vodním hospodářství. Práce a studie vodohospodářských ústavů FAST VUT v Brně, 2007
- [26] MŽP ČR 2012. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. VÚV
- [27] MŽP ČR 2011. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. VÚV
- [28] Marková, I., Místní šetření v zájmové lokalitě
- [29] Čamrová, L., Povodňové škody a nástroje k jejich snížení, Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP), Praha, 2006
- [30] České stavební standardy (2010): Cenové ukazatele ve stavebnictví

- [31] Dráb, A., Analýza povodňových rizik v procesu územního plánování s využitím GIS, Urbanismus a územní rozvoj – ročník IX, 2006
- [32] Drbal, K., aj. Metodika stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území, VÚV T. G. M. Brno, 2008
- [33] Drbal, K., aj. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T. G. M. Brno, 2009
- [34] Horský, M., Metody hodnocení potenciálních povodňových škod a jejich aplikace pomocí prostředků GIS, Disertační práce, ČVÚT FaST Praha, 2008
- [35] Koncepce přírodě blízkých protipovodňových opatření s vazbou na revitalizaci hydromorfologického stavu vod, Šindlar, s.r.o., Horka nad Moravou, 2007
- [36] Povodí Moravy, s.p., Aktualizace záplavového území Dřevnice pod VD Slušovice, po realizaci I. Etapy PPO, 2007
- [37] Meyer, V., et al. (2007): GIS – based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management. Report T10-07-06. FLOODsite Consortium
- [38] Meyer, V., Scheuer, S., Haase, D. (2008): A multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany, Springer Science+Business Media B.V. 2008
- [39] Marková, I., Riziková analýza na vybrané lokalitě toku. Bakalářská práce, Ústav vodních staveb FAST VUT v Brně, 2012
- [40] Hala, M., Vícekriteriální hodnocení protipovodňových opatření. Bakalářská práce, Ústav vodních staveb FAST VUT v Brně, 2012
- [41] Plán oblasti povodí Moravy 2010 – 2015, část D – Ochrana před povodněmi a vodní režim krajiny, Povodí Moravy s. p., Brno, 2009
- [42] Studie ochrany před povodněmi na území Zlínského kraje, Zlínský kraj, srpen 2007
- [43] Evidenční list hlásného profilu č. 344, aktualizace 8.12. 2013
- [44] Dráb, A., Říha, J., Protipovodňová ochrana modul M01, studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia, Brno 2010
- [45] Kadeřábková, J., Harnová, M., Jelínková, I., Foretová, L., Prudek, R., Souhrnná zpráva o povodňové situaci v povodí Moravy a Dyje v červenci 1997, Povodí Moravy a.s., Brno
- [46] Aquatis a.s., Dřevnice km 0,000 – 3,550 protipovodňové opatření, studie, Barum Continental, spol.s.r.o., 1998
- [47] Říha, J., Ochranné hráze na vodních tocích, Grada publishing, 2010

- [48] Podpora prevence před povodněmi II (program 129 120), Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2006
- [49] Doubravová, H., Vícekriteriální analýza variant a její aplikace v praxi, diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta, 2009
- [50] Kozubík, J., Hodnocení efektivnosti protipovodňových opatření v lokalitě Břeclav, Diplomová práce, Ústav vodních staveb FAST VUT v Brně, 2013

3.5 VYHODNOCENÍ A PŘÍPRAVA PODKLADŮ

Vstupní podklady byly rozděleny tematicky:

- hydrologické,
- hydraulické,
- mapové,
- místní šetření.

3.5.1 Hydrologické podklady

Jako hydraulické podklady byly rastry rychlostí a hloubek v daných i-tých scénářích, které byly obdrženy v rámci podkladu [7]. Tyto rastry bylo nutné zbavit hodnot, které obsahovali informaci „NoData“ a to tím způsobem, že se nejdříve převedli na nulové hodnoty. Následně se ořezaly, abychom dosáhli zobrazení rychlostí a hloubek větší než 0. S těmito upravenými rastry, se tak dalo dále pokračovat v rizikové analýze.

3.5.2 Hydraulické podklady

Limnigrafická stanice Zlín na toku Dřevnice [43].

- Staničení: 13,240.
- Plocha povodí: 312,00 km².
- Délka toku: 42,30 km
- Číslo hydrologického pořadí: 4-13-01-035.
- Zeměpisné souřadnice : 174027 v.d. 491351 s.š.
- Procento plochy povodí toku: 72,0% .

V následující *Tab. 3.1* jsou uvedeny hydrologické údaje.

Tabulka 3.1 N-leté průtoky pro měrnou stanici Zlín

N-letost	Q1	Q5	Q20	Q50	Q100
m ³ /s	70	137	168	251	290

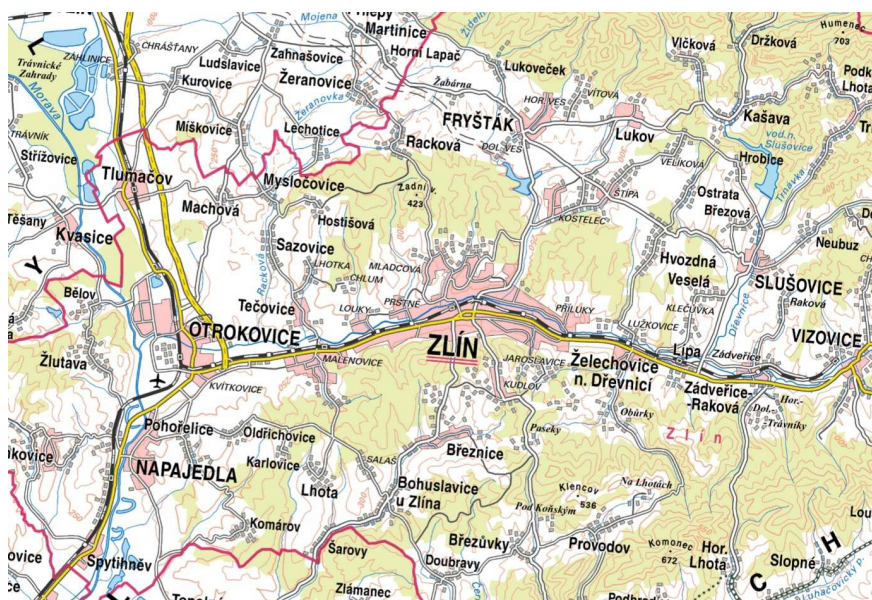
3.5.3 Mapové podklady

Mapové podklady byly získány z příslušných orgánů, např. Povodí Moravy, příslušné úřady a také z webových internetových stránek. Jsou to tyto podklady:

- ZM10 – Český úřad zeměměřický a katastrální, Základní mapa ČR 1:10 000, rastrová, formát *.tif, mapové listy číslo: 11640516, 11640518, 11640520, 11640522, 11640524, 11640526, 11640528, 11640530, 11660516, 11660518, 11660520, 11660522, 11660524, 11660526, 11660528, 11660530 [4].
- ÚPD – Krajský úřad Zlínského kraje, oddělení územního plánování, Územně plánovací dokumentace,[5].
- Hydrologické členění, vodní toky, [14].
- Kilometráž – Povodí Moravy, Kilometráž řeky Dřevnice
- Citlivé objekty – Povodí Moravy

3.5.4 Místní šetření

Místní šetření bylo provedeno několikrát během měsíce prosinec 2013. V první etapě obchůzky byla provedena dokumentace říčního km 9,00 – 10,00 a 12,00 – 13, 00. Ve druhé etapě byly zdokumentovány km 13,00 – 16,00 a ve třetí etapě byl proveden km 2,00 – 9,00. Během tohoto šetření byla provedena obchůzka a vyfotografovány vybrané objekty. Součástí diplomové práce je příloha č.A., ve které je část fotodokumentace zaznamenána.



Obrázek 3.1 Mapa zájmového území [2]

4 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

V následujících kapitolách je uveden stručný popis zájmového území řešené lokality, který je rozdělen do následujících částí.

4.1 VČEOBECNÝ POPIS CELÉHO TOKU DŘEVNICE

4.1.1 Celková zeměpisná orientace

Oblast povodí Dřevnice leží v oblasti beskydsko-karpatské na jižních svazích Hostýnských vrchů, které se vytrácí směrem k jihu v Hornomoravském úvalu. Na severu sousedí s povodím Bečvy, na východě s povodím Bečvy a Váhu. Geologicky povodí Dřevnice náleží Karpatskému flyši, tato oblast má podobný charakter jako beskydská část a podobnou morfologií. Údolní náplavy jsou ve spodních polohách převážně šterkové, teprve blíže k povrchu terénu přibývá písčitých ploch. Nížinná část toku je zahlobena v mladších eluviálních náplavách, které jsou vyvinuty i v údobích větších přítoků jako Fryštáckého potoka a Vidovky [36].

4.1.2 Celková charakteristika povodí

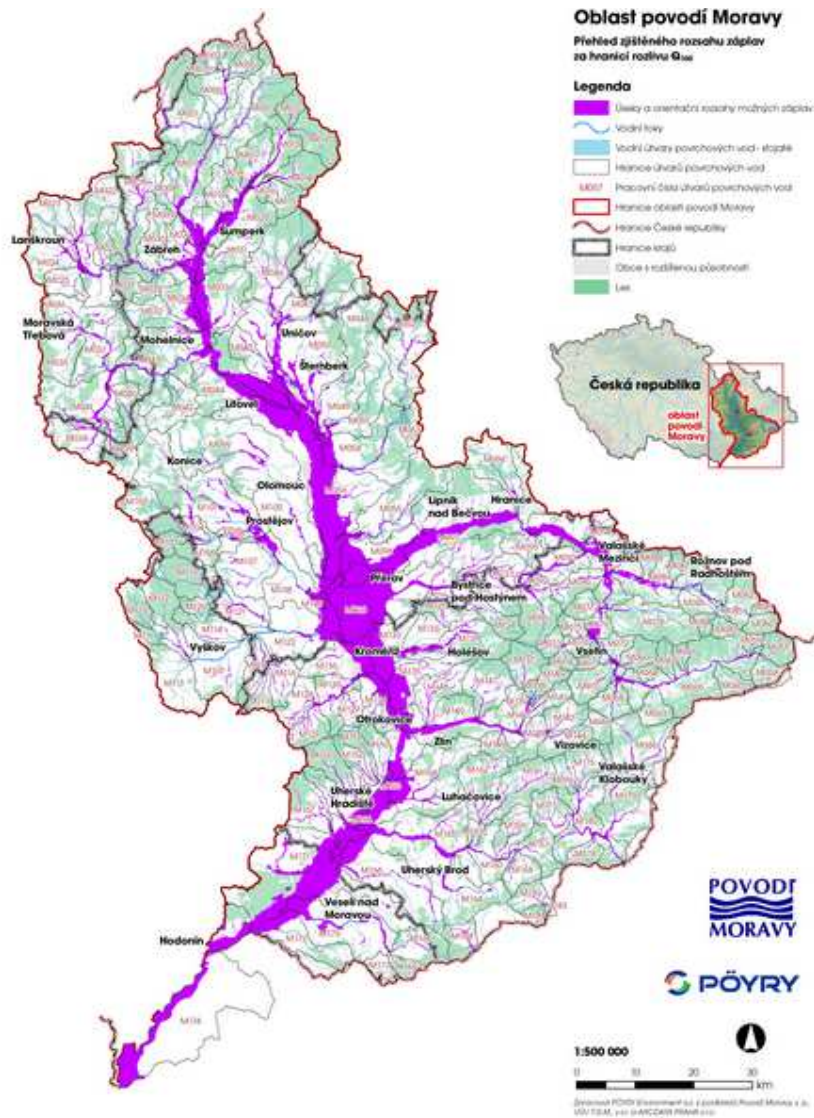
Řeka Dřevnice pramení na jihu Hostýnských vrchů, zhruba 3 km severně od obce Držková v nadmořské výšce 551 m n. m. Řeka teče jižním směrem, pod Slušovicemi se stáčí k západu a teče západním směrem po zaústění do řeky Moravy. Mezi její levostranné přítoky patří Držkový potok, Trnávka, Všeminka, Lipský potok, Vidovka, Jaroslavický potok, Kudlovský potok, Slaninský potok a Baláš. Pravostranné přítoky jsou Červinka, Kameňák, Ostratka, Klečůvka, Vratišov, Příluský potok, Hraniční potok, Fryštácký potok, Pasecký potok, Prštenský potok, Chlumský potok, Hostišovský potok, Racková a Buňovský potok. Samotná Dřevnice je levostranným přítokem řeky Moravy v katastrálním území Otrokovice. Délka toku Dřevnice je 43 km s plochou povodí 434,6 km² [16], [36].

Dřevnice protéká Slušovicemi, Zlínem a Otrokovicemi, u kterých se vlévá zleva do řeky Moravy v nadmořské výšce 182 m n. m. Podél řeky vedou trasy pro turisty a cykloturisty. Mezi její větší přítoky patří levostranná Trnávka, Všeminka, Lutoninka a Obůrek. Jako větší pravostranné přítoky jsou Ostatky, Fryštácký potok a Racková. [16], [36].

Tvar povodí je vějířovitý – rozšiřuje se severním směrem. Výškově vykazuje oblast značnou rozmanitost. Nejvyšším bodem v povodí je Holý vrch 720 m n.m. Území kolem soutoku Dřevnice a Lutonínky má cca nadmořskou výšku 250 m n.m [36].

Hydrologický režim v povodí Moravy je ovlivněn údolními nádržemi a rybníky, kterých je značné množství. Nádrže obecně působí na vyrovnaní hydrologického režimu a částečně snižují průběh povodní [41].

Na řece Dřevnici se nachází Vodní nádrž Slušovice. Provozovatelem je Povodí Moravy, s. p. Nádrž zajišťuje vodu pro úpravnu vody ve Slušovicích, slouží k snížení povodňových průtoků, akumulaci vody pro trvalé zajištění minimálního nadlepšeného průtoku, zajištění odběru povrchové vody pod přehradou a k výrobě el. energie [41].



Obrázek 4.1 Přehled zjištěného rozsahu záplav za hranici rozlivu Q_{100} [41]

4.2 STRUČNÝ POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území se nachází od zaústění řeky Dřevnice do řeky Moravy až po území mezi pohyblivým jezem Příluky II. Jedná se o kilometrůž toku Dřevnice 2,340 – 16,633. Tato lokalita je ve Zlínském kraji, jelikož úsek protéká městem Zlínem a částečně Otrokovicemi. Správcem toku je Povodí Moravy, s.p. Koryto toku je převážně upravené. Nalezneme zde břehy holé, s nízkou trávou, se stromy a keři na břehové hraně, či opevněné koryto viz fotodokumentace. Příčný profil koryt v zájmovém území, je převážně složený lichoběžník. V blízkosti toku se převážně nachází bytové zástavby, výjimečně pole či louky. Nevyskytují se zde žádná významná vodní díla. V minulosti byla již realizována protipovodňová opatření, jako například: rekonstrukce jezu Příluky v r. 2001, ohrázkování v km 16,125 – 18,341 v r. 2003 a zajištění průtočnosti koryta v km 1,724 – 3,550 v r. 2006.



Obrázek 4.2 Mapa zájmového území [41]

4.3 POPIS OBJEKTŮ NA TOKU

V následující *Tab. 4.1* jsou vypsány objekty na toku Dřevnice v km 0,00 – 13,30, které mohou ovlivnit odtokové poměry. Průtočnost těchto objektů je zmíněna v kapitole 7.3.1.

Tabulka 4.1 Objekty na toku [36]

Pořadové číslo	Staničení	Objekt na toku
1	2,340	silniční most
2	2,413	lávka + nadzemní křížení
3	2,858	stupeň Otrokovice - Kvítkovice
4	2,960	lávka
5	3,378	Dálniční most
6	3,550	stupeň Kvítkovice - Tečovice
7	3,650	Buňovský potok
8	4,128	lávka + plynovod
9	5,324	přítok z ČOV
10	5,414	práh z larsenu
11	5,586	silniční most u ČOV
12	5,755	přítok
13	6,362	stupeň Tečovice - Malenovice
14	6,393	Hostišovský potok
15	6,915	silniční most Tečovice - Malenovice
16	6,928	Baláš
17	6,981	stupeň
18	7,290	přítok
19	7,374	lávka
20	7,629	stupeň Malenovice - Tečovice
21	7,741	přítok
22	7,913	přítok
23	8,169	práh
24	8,977	Chlumský potok
25	9,057	silniční most
26	9,075	práh
27	9,197	práh
28	9,257	práh
29	9,317	práh
30	9,334	přítok
31	9,398	jez Louky
32	9,649	lávka
33	9,937	Slanický potok
34	9,964	lávka
35	10,214	Prštnský potok
36	10,312	práh

37	10,448	práh
38	10,490	práh
39	10,493	silniční most Prštne
40	10,605	práh
41	10,817	vlečkový most
42	10,830	práh
43	10,951	stupeň Prštne
44	11,176	produktovod
45	11,198	silniční most do Svit
46	11,389	práh
47	11,536	práh
48	11,562	parovod – nadzemní křížení
49	11,636	práh
50	11,678	lávka + shybka
51	11,690	Pasecký potok
52	11,704	most do teplárny
53	11,726	jez Svit
54	11,816	produktovod
55	11,934	plynovod – nadzemní křížení
56	12,236	plynovod – podzemní křížení
57	12,390	silniční most – Jižní Svahy - velký
58	12,450	silniční most malý - Čepkovský
59	12,482	přítok
60	12,664	lávka
61	12,769	práh
62	13,068	práh
63	13,078	lávka
64	13,233	silniční most Cigánovský
65	13,242	Kudlovský potok
66	13,337	práh
67	13,340	limnigraf
68	13,391	lávka + parovod
69	13,517	práh
70	13,613	lávka
71	13,690	stupeň
72	13,780	Fryštácký potok
73	13,972	práh
74	14,082	silniční most Zálešná - Podvesná
75	14,125	jez Podvesná
76	14,654	lávka
77	14,766	práh
78	14,909	silniční most u nemocnice
79	14,943	práh
80	15,063	práh
81	15,071	Hraniční potok

82	15,137	Jaroslavický potok
83	15,495	lávka
84	15,572	práh
85	15,693	stupeň Příluky I
86	15,992	lávka
87	16,125	pohyblivý jez Příluky II

4.4 TŘI NEJVÝZNAMĚJŠÍ POVODNĚ V ŘEŠENÉ LOKALITĚ

Obsažené informace byly získány z [45].

Nejvýznamnější povodeň, která zasáhla tuto lokalitu, se vyskytla v roce 1997. Byla způsobena extrémními srážkami v letním období a to v měsíci červen. Největší průtok byl zaznamenán 282 m³/s, jednalo se tedy o 100-letý průtok. Charakteristika povodňové vlny:

- neočekávaný rychlý průběh s ničivou silou,
- extrémní úroveň vodních stavů,
- velká plocha a hloubka rozlivů,
- velké množství splavenin a naplavenin.

Nejpostiženějším městem byli Otrokovice, kde hloubky rozlivů dosahovaly až 3 m. Většinou se za příčinu uvádí „přivalová vlna způsobená protržením hráze řeky Moravy u Štěrковиště Kvasice“. Je však nutné zdůraznit, že příčinou, jako všude jinde, byla především katastrofální úroveň povodně, která způsobila přelití hrází a jejich narušení následnou erozí. Například v Otrokovicích došlo k přelévání hrází nad jezem Bělov.

Druhá významná povodeň z hlediska průtoku přišla v květnu a červnu 2010 a byla způsobena dešťovými přívaly. Zde byl největší průtok zaznamenán 162 m³/s, tedy průtok pro téměř 20-letou povodeň. Charakteristika povodně:

- výrazná srážková činnost,
- nasycenost povodí
- sesuvy.

Na řece Dřevnice byl vyhlášen I. – II. stupeň povodňové aktivity.

Třetí nejvýše zaznamenaný průtok v této lokalitě byl v březnu 2006 s hodnotou 91,5 m³/s. Tato jarní povodeň byla způsobena rychlejším táním sněhové pokrývky, které bylo zapříčiněno výrazným oteplením s doprovodem vydatných srážek. Charakteristika povodně:

- množství srážek formou sněhové pokrývky,
- prostorové rozložení a výška sněhové pokrývky,
- teplota vzduchu.

5 RIZIKOVÁ ANALÝZA

V současnosti se v rámci rizikové analýzy věnujeme záplavám s dobou opakování 5, 20, 100 a 500 let na úsecích významných vodních toků. Pro hodnocení povodňového rizika je používána tzv. matice rizika. Tato metoda je považována za jeden z nejjednodušších postupů pro hodnocení případného ohrožení a rizika v záplavových územích. Postup nevyžaduje kvantitativní odhad škod vzniklých vyběžením vody z koryta, ale vyjadřuje povodňové riziko s pomocí barevného označení [25], [26].

Postup metody je stanoven ve třech krocích:

- kvantifikace povodňového nebezpečí – výpočet intenzity povodně IP ,
- stanovení povodňového ohrožení pomocí matice rizika,
- stanovení ploch se zvýšeným rizikem s využitím údajů o využití území.

Převzato z tématu bakalářské práce z roku 2012 „*Riziková analýza na vybrané lokalitě toku*“ [39], kde je také uvedena terminologie.

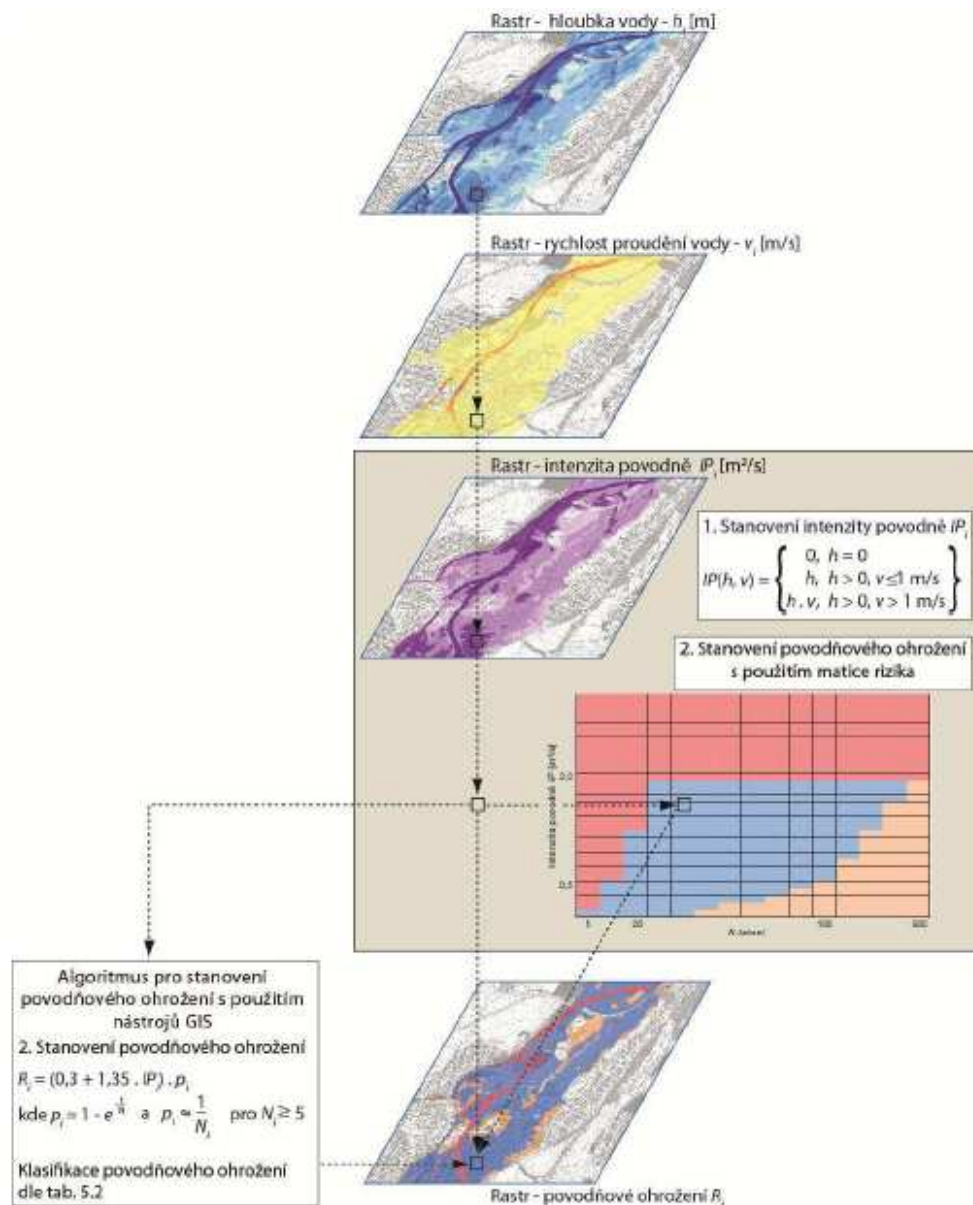
5.1 KVANTIFIKACE POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Intenzita povodně IP je zde chápána jako měřítko ničivosti povodně a je definována jako funkce hloubky h [m] a rychlosti vody v [m/s]. [26]

Stanovení intenzity povodně je vyjádřeno následujícími vztahy:

$$IP = \begin{cases} 0 & h = 0[m] \\ h & h > 0[m], v \leq 1[m/s] \\ h \times v & v > 1 [m/s] \end{cases} \quad (5.1)$$

Intenzita povodně IP je zde vypočtena s využitím vstupních údajů jako jsou hodnoty hloubek a rychlosti vody pro dané N-leté průtoky (Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}), nebo tzv. scénáře povodňového nebezpečí v záplavovém území. Po načtení vstupních dat do geografického informačního systému (GIS) s nimi lze provést početní operace dle vztahu (5.1). Tento výpočet opakujeme pro všechny scénáře povodňového nebezpečí. Graficky je tento postup znázorněn na (*Obr. 5.1*) včetně následujících kroků.



Obrázek 5.1 Schéma postupu metod matice rizika pro daný scénář nebezpečí [25]

Převzato z tématu bakalářské práce z roku 2012 „Riziková analýza na vybrané lokalitě toku“ [39].

5.2 STANOVENÍ POVODŇOVÉHO OHROŽENÍ

Ohrožení R_i při i -tém povodňovém scénáři (Q5, Q20, Q100, Q500) je v místě záplavového území vyjádřeno jako funkce pravděpodobnosti p_i výskytu daného i -tého scénáře a intenzity povodně IP .

Dle vztahu:

$$R_i = (0,3 + 1,35 \times IP_i) \times p_i \quad (5.2)$$

kde p_i :

$$p_i = 1 - e^{-\frac{1}{N}}$$

resp. :

$$p_i = \frac{1}{N_i} \quad \text{pro cca } N \geq 5 \quad (5.3)$$

Ohrožení vyjádřené vztahem (5.2) je pro i-tý povodňový scénář možno také graficky stanovit dle tabulky (Obr. 5.2).

IP	R															ZBYTKOVÉ OHROŽENÍ																
	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7		1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
3.1	0,8970	0,4485	0,2243	0,1495	0,1121	0,0897	0,0748	0,0641	0,0561	0,0498	0,0449	0,0299	0,0224	0,0179	0,0150																	
3.0	0,8700	0,4350	0,2175	0,1450	0,1088	0,0870	0,0725	0,0621	0,0544	0,0483	0,0435	0,0290	0,0218	0,0174	0,0145																	
2.9	0,8430	0,4215	0,2108	0,1405	0,1054	0,0843	0,0703	0,0602	0,0527	0,0468	0,0422	0,0281	0,0211	0,0169	0,0141																	
2.8	0,8160	0,4080	0,2040	0,1360	0,1020	0,0816	0,0680	0,0583	0,0510	0,0453	0,0408	0,0272	0,0204	0,0163	0,0136																	
2.7	0,7890	0,3945	0,1973	0,1315	0,0986	0,0789	0,0658	0,0564	0,0493	0,0438	0,0395	0,0263	0,0197	0,0158	0,0132																	
2.6	0,7620	0,3810	0,1905	0,1270	0,0953	0,0762	0,0635	0,0544	0,0476	0,0423	0,0381	0,0254	0,0191	0,0152	0,0127																	
2.5	0,7350	0,3675	0,1838	0,1225	0,0919	0,0735	0,0613	0,0525	0,0459	0,0408	0,0368	0,0245	0,0184	0,0147	0,0123																	
2.4	0,7080	0,3540	0,1770	0,1180	0,0885	0,0708	0,0590	0,0506	0,0443	0,0393	0,0354	0,0236	0,0177	0,0142	0,0118																	
2.3	0,6810	0,3405	0,1703	0,1135	0,0851	0,0681	0,0568	0,0486	0,0426	0,0378	0,0341	0,0227	0,0170	0,0136	0,0114																	
2.2	0,6540	0,3270	0,1635	0,1090	0,0818	0,0654	0,0545	0,0467	0,0409	0,0363	0,0327	0,0218	0,0164	0,0131	0,0109																	
2.1	0,6270	0,3135	0,1568	0,1045	0,0784	0,0627	0,0523	0,0448	0,0392	0,0348	0,0314	0,0209	0,0157	0,0125	0,0105																	
2.0	0,6000	0,3000	0,1500	0,1000	0,0750	0,0600	0,0500	0,0429	0,0375	0,0333	0,0300	0,0200	0,0150	0,0120	0,0100																	
1.9	0,5730	0,2865	0,1433	0,0955	0,0716	0,0573	0,0478	0,0409	0,0358	0,0318	0,0287	0,0191	0,0143	0,0115	0,0096																	
1.8	0,5460	0,2730	0,1365	0,0910	0,0683	0,0546	0,0455	0,0390	0,0341	0,0303	0,0273	0,0182	0,0137	0,0109	0,0091																	
1.7	0,5190	0,2595	0,1298	0,0865	0,0649	0,0519	0,0433	0,0371	0,0324	0,0288	0,0260	0,0173	0,0130	0,0104	0,0087																	
1.6	0,4920	0,2460	0,1230	0,0820	0,0615	0,0492	0,0410	0,0351	0,0308	0,0273	0,0246	0,0164	0,0123	0,0098	0,0082																	
1.5	0,4650	0,2325	0,1163	0,0775	0,0581	0,0465	0,0388	0,0332	0,0291	0,0258	0,0233	0,0155	0,0116	0,0093	0,0078																	
1.4	0,4380	0,2190	0,1095	0,0730	0,0548	0,0438	0,0365	0,0313	0,0274	0,0243	0,0219	0,0146	0,0110	0,0088	0,0073																	
1.3	0,4110	0,2055	0,1028	0,0685	0,0514	0,0411	0,0343	0,0294	0,0257	0,0228	0,0206	0,0137	0,0103	0,0082	0,0069																	
1.2	0,3840	0,1920	0,0960	0,0640	0,0480	0,0384	0,0320	0,0274	0,0240	0,0213	0,0192	0,0128	0,0096	0,0077	0,0064																	
1.1	0,3570	0,1785	0,0893	0,0595	0,0446	0,0357	0,0298	0,0255	0,0223	0,0198	0,0179	0,0119	0,0089	0,0071	0,0060																	
1.0	0,3300	0,1650	0,0825	0,0550	0,0413	0,0330	0,0275	0,0236	0,0206	0,0183	0,0165	0,0110	0,0083	0,0066	0,0055																	
0.9	0,3030	0,1515	0,0758	0,0505	0,0379	0,0303	0,0253	0,0216	0,0189	0,0168	0,0152	0,0101	0,0076	0,0061	0,0051																	
0.8	0,2760	0,1380	0,0690	0,0460	0,0345	0,0276	0,0230	0,0197	0,0173	0,0153	0,0138	0,0092	0,0069	0,0055	0,0046																	
0.7	0,2490	0,1245	0,0623	0,0415	0,0311	0,0249	0,0208	0,0178	0,0156	0,0138	0,0125	0,0083	0,0062	0,0050	0,0042																	
0.6	0,2220	0,1110	0,0555	0,0370	0,0278	0,0222	0,0185	0,0159	0,0139	0,0123	0,0111	0,0074	0,0056	0,0044	0,0037																	
0.5	0,1950	0,0975	0,0488	0,0325	0,0244	0,0195	0,0163	0,0139	0,0122	0,0108	0,0098	0,0065	0,0049	0,0039	0,0033																	
0.4	0,1680	0,0840	0,0420	0,0280	0,0210	0,0168	0,0140	0,0120	0,0105	0,0093	0,0084	0,0056	0,0042	0,0034	0,0028																	
0.3	0,1410	0,0705	0,0353	0,0235	0,0176	0,0141	0,0118	0,0101	0,0088	0,0078	0,0071	0,0047	0,0035	0,0028	0,0024																	
0.2	0,1140	0,0570	0,0285	0,0190	0,0143	0,0114	0,0095	0,0081	0,0071	0,0063	0,0057	0,0038	0,0029	0,0023	0,0019																	
0.1	0,0870	0,0435	0,0218	0,0145	0,0109	0,0087	0,0073	0,0062	0,0054	0,0048	0,0044	0,0029	0,0022	0,0017	0,0015																	
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300	> 300	N															
	0,2000	0,1000	0,0500	0,0333	0,0250	0,0200	0,0167	0,0143	0,0125	0,0111	0,0100	0,0067	0,0050	0,0040	0,0033	< 0,0033	1/N															

Obrázek 5.2 Matice rizika dle vztahu (5.2) [26]

Postup při stanovení míry ohrožení R_i vychází z hodnot intenzity povodně IP pro jednotlivé scénáře povodňového nebezpečí. I tady se jedná o analýzu rastrových dat. Pro stanovení slouží matice rizika uvedena na Obr. 5.1 a vztahu (5.2). Pro jednotlivou rastrovou buňku je třeba stanovit ohrožení vyjádřené hodnotou v rozmezí 1 (reziduální) až 4 (vysoké) viz. Tab. 5.1. Tento postup opakujeme pro všechny scénáře povodňového nebezpečí (Q5, Q20, Q100, Q500).

Následně se dle metodiky [26] provádí vyhodnocení maximální hodnoty ohrožení R pro jednotlivé ohrožení R_i odpovídajícím i-tým scénářům nebezpečí dle vztahu:

$$RI = \max_{i=1}^n RI_i \quad (5.4)$$

Výsledek je jeden rastrový soubor obsahující maximální hodnoty ohrožení RI v zájmovém území. Tento rastrový soubor bude následně klasifikován dle Tab. 5.1

Tabulka 5.1 Klasifikace ohrožení dle [26]

Ohrožení RI dle [Beffa 2000]	Kategorie ohrožení	Doporučené
$RI > 0,1$ nebo $IP > 3$	(4) Vysoké (červená barva)	Doporučuje se nepovolovat novou ani rozšiřovat stávající zástavbu ve které se zdržují lidé nebo umísťují zvířata. Pro stávající zástavbu je třeba provést návrh protipovodňové ochrany, která zajistí odpovídající snížení rizika.
$0,01 < RI < 0,1$	(3) Středně (modrá barva)	Výstavba je možná s omezeními vycházejícími z podrobného posouzení potenciálního ohrožení objektů povodňovým nebezpečím. Nevhodná je výstavba citlivých objektů (např. zdravotnická zařízení, hasiči apod.). Nedoporučuje se rozšiřovat stávající plochy určené pro výstavbu.
$RI < 0,01$	(2) Nízké (oranžová barva)	Výstavba je možná , přičemž vlastníci dotčených pozemků a objektů musí být upozorněni na potenciální ohrožení povodňovým nebezpečím. Pro citlivé objekty je třeba přijmout speciální opatření ve smyslu protipovodňové ochrany.
$P > 0,0033$ (tj. $N\text{-letost} > 300$)	(1) Rezidentní (žlutá barva)	Otázky spojené s protipovodňovou ochranou se zpravidla doporučuje řešit prostřednictvím dlouhodobého územního plánování zaměřením na zvláště citlivé objekty (zdravotnická zařízení, památkové objekty apod.). Snahou je vyhnout se objektům a zařízením se zvýšeným potenciálním škod.

Převzato z tématu bakalářské práce z roku 2012 „Riziková analýza na vybrané lokalitě toku“ [39].

5.3 STANOVENÍ POVODŇOVÉHO RIZIKA

Jako podklad pro stanovení povodňového rizika slouží Územně plánovací dokumentace (ÚPD) a informace o povodňovém ohrožení. Pro jednotlivé kategorie zranitelnosti území je stanovena míra přijatelnosti rizika (Tab. 5.2). Nastane-li situace, kdy je míra rizika větší než riziko přijatelné, jedná se o plochu rizikovou. Tyto plochy jsou následně zobrazeny v mapách povodňového rizika a kategorizovány (Tab. 5.2).

Tabulka 5.2 Přijatelné riziko pro jednotlivé kategorie zranitelnosti území [26]

Kategorie zranitelnosti území	Označení	Přijatelné riziko
Bydlení	BY	Nízké
Občanská vybavenost	OV	Nízké
Technická infrastruktura	TV	Nízké
Dopravní infrastruktura	DO	Nízké
Výrobní plochy a sklady	VY ZV	Nízké Nízké
Sport a hromadná rekreace	RS	Střední
Lesy, zeleň	Zel	Vysoké

V mapách povodňového rizika vyznačujeme tzv. citlivé objekty, kterým je třeba věnovat zvýšenou pozornost z následujících důvodů:

- evakuace objektů se zvýšenou koncentrací obyvatel,
- zajištění základní funkce území,
- znečištění vody či životního prostředí,
- důležitosti integrovaného záchranného systému
- ochrany nemovitých kulturních památek.

Tyto objekty jsou dle metodiky [26] rozděleny do těchto kategorií dle *Tab. 5.3*:

Tabulka 5.3 Citlivé objekty

Kategorie zranitelnosti území	Kategorie citlivých objektů	Označení
Občanská vybavenost	Školství	Sk
	Zdravotnictví a sociální péče	Zd
	Hasičský záchranný sbor, Policie, Armáda ČR	Zs
	Nemovitá kulturní památka	Ku
Technická vybavenost	Energetika	En
	Vodohospodářská infrastruktura	VH
Zdroje znečištění		ZZ

Tyto citlivé objekty jsou v mapách rizika znázorněny bodovými značkami, které jsou umístěny v ploše odpovídající kategorii zranitelnosti území [26]. Tyto značky jsou zobrazeny v *Obr.5.3*.

Kategorie	BW	CO
Školství		
Zdravotnictví a soc. péče		
Policie, Armáda, Hasičský záchranný sbor		
Nemovitá kulturní památka		
Energetika		
Vodohosp. infrastruktura		
Zdroje znečištění		

Obrázek 5.3 Bodové značky pro vyjádření citlivých objektů [26]

Převzato z tématu bakalářské práce z roku 2012 „Riziková analýza na vybrané lokalitě toku“ [39].

5.4 SAMOSTATNÉ ŘEŠENÍ V ArcGis

Zde je uveden postup při vyhotovování map v daném programu, pomocí dané metodiky [26]. Tyto mapy jsou provedeny pomocí podkladů, které musely být předem shromážděny a upraveny pro tuto analýzu. Podklady jsou vypsány v příslušné kapitole č.3. Podrobnější informace o vyhotovování rizikové analýzy naleznete v bakalářské práci [39].

5.4.1 Úprava podkladů

Z dostupných podkladu byla nejdříve upravena ÚPD, na základě aktuálních informací o změnách ze stránek Zlínského kraje. Dále bylo nutné připravit k analýze výsledky 1D numerického modelování [7], jelikož jsme potřebovali zobrazení hloubek a rychlostí pouze v hodnotách větších než 0. S takto upravenými podklady bylo možné pokračovat v analýze.

5.4.2 Mapové zpracování

Vyhotovení map rizikové analýzy je stručně uvedeno v následujících podkapitolách.

5.4.2.1 Mapy nebezpečí

Podkladem jsou výsledky 1D numerického modelování [7], tedy rastry hloubek a rychlostí. Nejdříve je potřeba vytvořit mapy nebezpečí, pomocí výpočtu intenzity povodně (IP) s použitím rizikové matice pro scénáře Q5, Q20, Q100. IP se spočítá pomocí funkce Raster Calculator, který provádí operace s rastry. Do této funkce je potřeba zadat podmínky dle vztahu (5.1). Získáme tak rastry nebezpečí, které jsme dle metodiky [26] klasifikovali do zadaných hloubek s příslušnou barvou.

5.4.2.2 Mapa ohrožení

Stanovení ohrožení se provádí dle vztahu (5.2.) Nejprve se stanovila p_i (pravděpodobnost) dle vztahu (5.3), po tomto kroku můžeme dosadit do funkce Raster Calculator podmínku a vypočítat tak hodnotu R (ohrožení). Následně se stanoví kategorie ohrožení, vyjádřené hodnotou v rozmezí 1 - 4, tedy ohrožení reziduální – vysoké dle Tab.5.1. Opět tento krok provedeme funkcí Raster Calculator pro všechny scénáře povodňového nebezpečí. Z jednotlivých rastrů povodňových scénářů obsahující kategorie vytvoříme jeden, který bude obsahovat informace o maximálním ohrožení ze všech scénářů. Tento krok provedeme překrytím rastrů a vyhledáním maximální. Je ovšem nutné ještě připojit reziduální ohrožení, které je dané rozlivem Q500. Tedy k vytvořenému rastru maximálního ohrožení připojíme rastr s reziduálním ohrožením a tak nám vznikne mapa ohrožení, které dle metodiky [26] přiřadíme barevné rozlišení.

5.4.2.3 *Mapa rizika*

Podkladem pro tuto mapu je ÚPD a mapa ohrožení. Nejprve jsme kategorizovali ÚPD dle *Tab. 5.2* a přiřadili k nim přijatelné riziko. Provede se dále zonální statistika v programu ArcGis, kdy se vyselektují plochy, ve kterých bylo přijatelné riziko překročeno. Tyto vzniklé plochy, u kterých bylo přijatelné riziko překročeno, vyznačíme specifickým označením dle metodiky [26] pro fázi stávající, návrhovou a výhledovou. Jako konečným krokem je vložení tzv. "citlivých objektů".

6 MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA

V této kapitole je popsána použitá metoda multikriteriálního hodnocení. Pro tuto analýzu bude využita metoda PROMETHEE II, se čtyřmi hodnotícími kritérii. Cílem bude ohodnotit každý celek řešeného (v tomto případě jednotlivé plochy ÚPD) území a následně určit pořadí ploch. Dále bude třeba vytvořit rozmezí od nejohroženějších po nejméně ohrožené plochy v daném územním plánu.

6.1 OBECNÝ POSTUP MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZY

Multikriteriální analýza je způsob porovnání a vyhodnocení více variant. Ty jsou vyjádřeny různými kritérii, která slouží jako měřítka pro srovnání a mohou mít různé jednotky (Kč, počet osob, počet objektů, počet zdrojů znečištění). Principem je nalézt takové řešení, které bude respektovat jejich rozdílné jednotky a zároveň posoudí nevyhovující variantu.

Postup multikriteriální analýzy se obecně skládá z těchto následujících kroků [37]:

- definice problému a vymezení hodnotících alternativ,
- stanovení a kvantifikace hodnotících kritérií,
- sestavení rozhodovacích matic a map,
- přiřazení vah hodnotícím kritériím,
- stanovení pravidel (metod) pro hodnocení,
- vyhodnocení pořadí (priorit) a závěrečná doporučení.

Cílem multikriteriální analýzy je nalézt nejohroženější a nejméně ohrožené funkční plochy a dle nich navrhnout případnou protipovodňovou ochranu. Výsledkem je pořadí vymezených variant na základě definovaných hodnotících kritérií, která jsou v tomto případě čtyři a jsou uvedeny v následující podkapitole.

6.2 HODNOTÍCÍ KRITÉRIA

Jak už bylo řečeno, pro danou problematiku je nezbytné stanovit hodnotící kritéria. Kritérium je tzv. hledisko při posuzování. V multikriteriální analýze uvažujeme kritéria, jejichž zahrnutím nebo vyloučením může dojít ke změnám výsledků. Podle základního rozdělení jsou to tyto kritéria:

- kvantitativní (kardinální informace) - kritéria mají různé jednotky,
- kvalitativní (ordinální informace) – kritéria stanovují pouze, zda je nějaká varianta lepší či horší v daném kritériu než jiná [37].

V literatuře [37] jsou uvedena tato kritéria:

- ekonomická,
- sociální,
- environmentální.

Směrnice ES/60/2007 [9] uvádí souběžné hodnocení rizik těchto kritérií:

- ekonomické riziko,
- riziko vyplývající z ohrožení obyvatelstva,
- riziko související se zaplavením potenciálních zdrojů havarijního znečištění vody,
- riziko vyplývající z ohrožení citlivých objektů

Použitá kritéria pro hodnocení povodňového jsou uvedena v *Tab. 6.1.*, podrobnější informace k těmto kritériím naleznete v podkapitole 6.2.1.

Tabulka 6.1 Kritéria pro hodnocení povodňového rizika pro stávající stav v záplavových územích a pro návrhový stav po realizaci PPO

i	Vyjádření rizika RI_i	Jednotka	Vyjádření odpovídající funkce $D_{i(p)}$	Jednotka
1	Průměrná roční škoda vztážená na jednotku plochy zaplaveného území	RI_1 [Kč/m ² .rok]	Škody na majetku vztážené na jednotku plochy zaplaveného území	[Kč/m ²]
2	Průměrný roční počet dotčených obyvatel	RI_2 [osob/rok]	Počet dotčených obyvatel	[poč. osob]
3	Průměrný roční počet dotčených kulturních a památkových objektů	RI_3 [objektů/rok]	Počet dotčených kulturních a památkových objektů	[poč. objektů]
4	Průměrný roční počet dotčených potenciálních zdrojů znečištění.	RI_4 [zdrojů/rok]	Počet potenciálních zdrojů havarijního znečištění vody v případě zaplavení během povodně	[poč. zdrojů]

Tyto hodnotící kritéria jsou vyjádřena v podobě průměrného ročního povodňového rizika RI , které vychází ze vztahu:

$$RI = \int_{p_1}^{p_2} D(p) dp \quad (6.1)$$

$D_{(p)}$ funkce kvantifikující potenciální škody

p pravděpodobnost dosažení překročení příslušného N -letého průtoku, vyjádřeno vzorcem

$$p \approx \frac{1}{N} \quad (6.2)$$

Podrobnější popis těchto kritérií je zaznamenán v následujících podkapitolách.

6.2.1 *Přiřazení vah hodnotícím kritériím*

Váhy umožňují přiřadit jednotlivým kritériím různou důležitost, která může výrazně ovlivnit výsledky celkového hodnocení, jelikož jsou pro každé kritérium odlišné. Řešitel přiřazovací váhu má vlastní způsob rozhodování, vlastní priority a to se odráží ve výsledcích. Pro přiřazení vah jednotlivým kritériím je mnoho metod, které jsou rozebrány například v literatuře [40],[49]. Můžeme zmínit například tyto metody, které jsou následně stručně popsány:

- metoda pořadí,
- Fullerova metoda,
- Bodovací metoda,
- Saatyho metoda (použita v této práci).

6.2.1.1 *Metoda pořadí*

Tato metoda spočívá v tom, že se kritéria seřadí dle preferencí, kdy každému kritériu je přiřazeno b_j bodů dle vztahu:

$$b_j = n + 1 - j \quad (6.3)$$

n počet kritérií

j $j=1,2,\dots,n$

Váha se pak vypočte dle vzorce:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j} \quad (6.4)$$

b_j počet přiřazených bodů

n počet kritérií

j $j=1,2,\dots,n$

6.2.1.2 Fullerova metoda

Tato metoda spočívá v párovém srovnávání jednotlivých kritérií. Tedy při n počtu kritérií je počet srovnávání roven $\binom{n}{2}$. Při každém tomto srovnání je důležitějšímu kritériu přiřazen jeden bod. Je zvykem toto srovnávání pro přehlednost provádět v tzv. Fullerově trojúhelníku. Váha těchto kritérií je pak vypočtena dle vzorce:

$$v_j = \frac{f_j}{\frac{n*(n-1)}{2}} \quad (6.5)$$

f_j součet bodů přiřazených j -tému kritériu

j $j=1,2,\dots,n$

6.2.1.3 Bodovací metoda

Tato metoda patří mezi nejjednodušší metody. Spočívá v přiřazení bodů každému kritériu z určité stupnice, ta může mít v podstatě jakýkoli rozsah např. stupnici 1-10. Čím více je bodů, tím více je kritérium preferované. Výhodou například je, že je možné několika kritériím přiřadit stejný počet bodů. Váhy daných kritérií se dále vypočtou stejně jako u metody pořadí, tedy dle vztahu:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j} \quad (6.6)$$

b_j počet přiřazených bodů

n počet kritérií

j $j=1,2,\dots,n$

6.2.1.4 Saatyho metoda

Tato metoda byla použita v předložené diplomové práci, tudíž jí bude věnováno více pozornosti. Byla vytvořena v roce 1980 profesorem Thomasem Saatyem a jedná se o tzv. metodu kvantitativního párového srovnávání, která využívá hodnotící stupnici. Před samotným provedením Saatyho matice bylo provedeno hrubé párové porovnání, které poslouží jako základ.

Hrubé párové porovnání je ovlivněno subjektivním názorem řešitele a udává přehled o důležitosti jednotlivých kritérií v binárním vyjádření. Při porovnávání dvou kritérií se přiřadí „1“ kritériu, kterému dáváme větší důležitost a méně důležitému se přiřadí „0“. Po tomto porovnání se přiřazené hodnoty sečtou. Dle seřazení počtu bodů se určí důležitost kritérií podle velikosti od největšího po nejmenší. Názornost tohoto kroku je vyznačena

v Tab.6.2, kde hodnota h_{ij} je binární porovnání i -tého kritéria s j -tým. U srovnávání i -tého kritéria s j -tým kritériem není hodnota určena. Výsledkem je tedy součet hodnot i -tých kritérií Σh_i .

Tabulka 6.2 Hrubé párové porovnání

	K₁	K₂	K₃	K₄	Σ
K₁	-	h_{12}	h_{13}	h_{14}	$\sum_{j=2}^4 h_1$
K₂	h_{21}	-	h_{23}	h_{24}	$\sum_{j=1,3,4} h_2$
K₃	h_{31}	h_{32}	-	h_{34}	$\sum_{j=1,2,4} h_3$
K₄	h_{41}	h_{42}	h_{43}	-	$\sum_{j=1}^3 h_4$

V následující Tab. 6.3 je uvedeno hrubé párové porovnání, které bylo použito pro multikriteriální analýzu v předložené diplomové práci. Je z ní také patrné, že kritériu dotčených obyvatel byla přiřazena největší důležitost a kritériu kulturních objektů naopak důležitost nejmenší.

Tabulka 6.3 Hrubé párové porovnání pro danou diplomovou práci

	Škoda na majetku	Dotčení obyvatel	Kulturní objekty	Zdroje znečištění	Σ
Škoda na majetku	-	0	1	0	1
Dotčení obyvatel	1	-	1	1	3
Kulturní objekty	0	0	-	0	0
Zdroje znečištění	1	0	1	-	2

Saatyho matice, jak již bylo zmíněno, využívá hodnotící stupnici. Tato hodnotící stupnice byla zvolena následovně dle Tab.6.4.

Tabulka 6.4 Hodnotící stupnice pro danou diplomovou práci

Důležitost	Definice
1	Rovnocenná kritéria
2	Slabě preferované kritérium
3	Středně preferované kritérium
4	Velmi preferované kritérium
5	Absolutně preferované kritérium

Vyjádření Saatyho matice se řídí dle vzorce:

$$s_{ij} = \frac{1}{s_{ji}} \quad (6.7)$$

s_{ij} prvek matice, který porovnává i -té kritérium s j -tým kritériem

Při porovnávání i -tého kritéria s i -tým kritériem, tedy při porovnávání stejného kritéria je výsledek roven 1. Následně je vypočítán geometrický průměr G_i pro všechna kritéria a vyhodnotí se jejich suma ΣG . Dle vzorce (6.8) se pak spočítá váha kritéria.

$$w_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^4 G_i} \quad (6.8)$$

w_i hodnota váhy kritéria

G_i geometrický průměr jednotlivého kritéria

ΣG suma geometrických průměrů

Tabulka 6.5 Obecná Saatyho matice

	K₁	K₂	K₃	K₄	G_i	Váhy
K₁	1	s_{12}	s_{13}	s_{14}	G_1	w₁
K₂	s_{21}	1	s_{23}	s_{24}	G_2	w₂
K₃	s_{31}	s_{32}	1	s_{34}	G_3	w₃
K₄	s_{41}	s_{42}	s_{43}	1	G_4	w₄
					ΣG_i	1

Vyjdou nám tedy váhy všech i -tých kritérií w_i , jejichž součet musí být roven 1. V následující Tab.6.6 je uvedena Saatyho matice, která byla použita pro multikriteriální analýzu.

Tabulka 6.6 Saatyho matice pro danou diplomovou práci

	Škoda na majetku	Dotčení obyvatelé	Kulturní objekty	Zdroje znečištění	G	Váhy
Škoda na majetku	1	0.25	3	0.8	0.88	0.18
Dotčení obyvatelé	4	1	4.5	2	2.45	0.50
Kulturní objekty	0.33	0.22	1	0.33	0.40	0.08
Zdroje znečištění	1.25	0.5	3.03	1	1.17	0.24
				ΣG	4.90	1.00

6.2.2 Škody na majetku

Aplikace metod vyjádření rizik na podkladu potenciálních škod se předpokládá pro plnění úkolů Povodňové směrnice [9] k 22. 12. 2015, tj. pro fázi zpracování plánů zvládnutí povodňových rizik. [26]

Přímé potenciální materiálové škody jsou stanoveny postupem založeným na aplikaci křivek poškození (KP). Konstrukce KP vychází z pořizovacích cen jednotlivé kategorie objektů, z rozboru působení záplavy na jednotlivé kategorie objektů a dílčí částí jejich konstrukcí. Každá z těchto KP je vyjádřena v určitém intervalu hodnot potenciálního poškození. Horní a dolní mez škody je použita z důvodu různých možností uplatnění poruch dílčích částí konstrukce ve výsledné škodě. Skutečná škoda, vyjadřující náklady na uvedení stavby do původního provozuschopného stavu, se pohybuje uvnitř uvedeného intervalu [26].

Jednotkové pořizovací ceny jsou odvozeny z cenových ukazatelů ve stavebnictví, které jsou zpracovány firmou ÚRS pro jednotlivé kategorie podle Jednotné klasifikace stavebních objektů (JKSO). Pro vyčíslení potenciálních povodňových škod metodou KP se využívá následující vztah:

$$D_{ik} = E_{ik} C_{ik} L_{ik} \quad (6.9)$$

Kde

i index objektu v dané kategorii objektů,

k index jednotlivých hodnocených kategorií

E množství či velikost zasaženého objektu dle kategorie [ks],[m],[m²], nebo [m³],

C jednotková cena měrné jednotky dle hodnocené kategorie [Kč/ks],[Kč/m],[Kč/m²], nebo [Kč/m³],

L poškození pro jednotlivé kategorie vyjádřená v závislosti na zaplaveném území či hloubce zaplavení [%],

D škoda daného objektu a kategorie [Kč].

Základní princip výpočtu pro jednotlivé kategorie škod je stále stejný, liší se pouze v měrných jednotkách a cenách jednotlivých kategorií objektů. Jako měrné jednotky jsou využívány [m],[m²], nebo [m³]. Jednotkové ceny jsou uvedeny v *Tab. 6.8 - Tab. 6.14*.

Škody na objektech D_k se sčítají pro jednotlivé kategorie dle vztahu:

$$D_k = \sum_i D_{ik} \quad (6.10)$$

Celková škoda D v hodnoceném území se spočítá přes jednotlivé kategorie škod (aktivit) pro dané Q_N , tedy scénář nebezpečí.

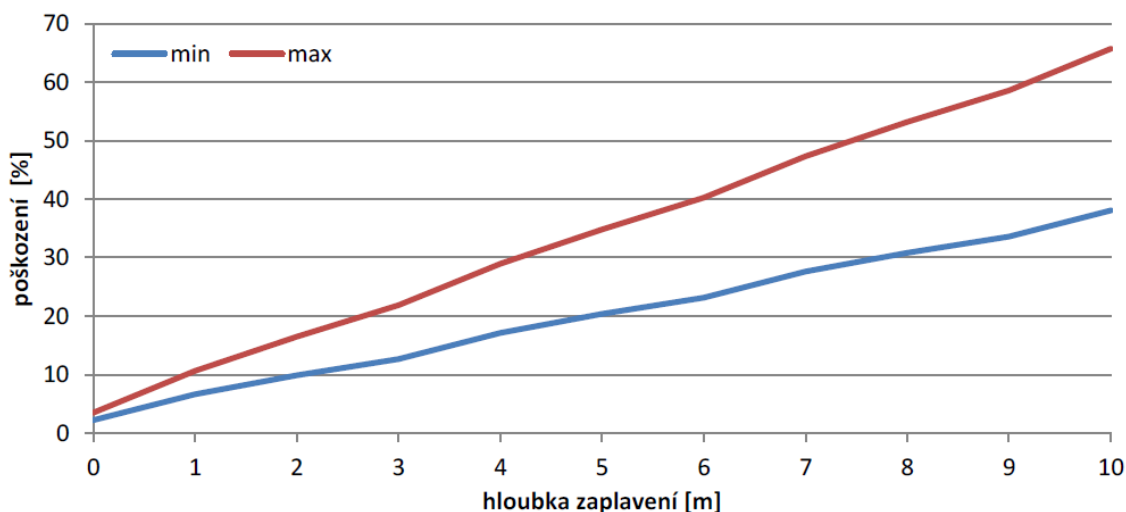
$$D_N = \sum_k D_k \quad (6.11)$$

Výběr objektů pro stanovení potenciálních škod se provádí pomocí průniků vybraných vrstev modelu ZABAGED (Základní báze grafických dat České republiky) a rozlivů pro jednotlivé doby opakování Q_N .

U budov podle kategorie JSKO závisí poškození a tedy i navazující škoda na hloubce zaplavení (Tab. 6.7). Nenulové poškození jak lze vidět na Obr. 6.1 vyjadřuje škodu na podsklepených částí budov.

Tabulka 6.7 Procentuální vyjádření minimálního a maximálního poškození (L) na budovách v závislosti na hloubce zaplavení [26], [34]

Poškození [%]	Hloubka zaplavení [m]										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_{\min}	2,23	6,69	9,93	12,69	17,15	20,38	23,15	27,61	30,84	33,61	38,07
L_{\max}	3,55	10,64	16,5	21,89	28,98	34,84	40,23	47,32	53,18	58,57	65,66



Obrázek 6.1 Křivka poškození vyjadřující minimální a maximální míru poškození budov v závislosti na hloubce zaplavení [34]. Křivka vyjadřuje z důvodu zjednodušení výpočtu poškození vztažené na cenu m^2 jednoho podlaží, tedy zaplavením dalších podlaží se jednotková cena nenavýšuje, jen se zvyšuje procentuální poškození, tak jak je objekt postupně zaplavován [26].

Jednotková cena pro **budovy** je odvozena jako vážený průměr z cenových ukazatelů ve stavebnictví [26]. Pro výpočet škod je zde uvažováno dle *Tab.6.8* s univerzální výškou jednoho podlaží 3 m. Díky tomu lze výslednou pořizovací cenu převést na jednotku plochy.

Tabulka 6.8 Cenové ukazatele pro budovy pro rok 2010 a jejich odvození pomocí váženého průměru [26]

Kategorie podle JSKO	Pořizovací cen [Kč/m ³]	Podíl na celkové ploše
801 Budovy občanské výstavby, kromě halových objektů	6 835	0,0987
802 Budovy občanské výstavby halového typu	5 556	0,0195
803 Budovy pro bydlení	5 054	0,3856
811 Pozemní halové objekty pro výrobu a služby	3 200	0,2259
812 Budovy pro výrobu a služby, mimo halové objekty	6 193	0,2714
Vážený průměr pořizovací ceny na jednotku obestavěného prostoru [Kč/m ³]		5 128
Pořizovací cena na jednotku plochy půdorysu při výšce podlaží 3m [Kč/m ²]		15 384

Ke vzniklým škodám na **vybavení budov** pro bydlení a občanskou vybavenost dochází až od určité úrovně zaplavení užívaných podlaží, proto jsou do odhadu škod zahrnuty pouze budovy s minimální hloubkou zaplavení (h_{\min}) 0,5 m a vyšší. Výpočet jednotkové škody (2 359 [Kč]) na vybavení budov pro bydlení a občanskou vybavenost je vztažen na jednotku půdorysné plochy budovy vyplývá ze statistik ČSÚ (Český statistický úřad), který zveřejňuje informace o bytech a jejich vybavení základními předměty dlouhodobého užívání za předchozí rok.

Škody **pozemních komunikací** jsou při stanovování potenciálních škod rozděleny do dvou skupin. Tedy na silniční a železniční komunikaci. Ceny pro odvození těchto škod vycházejí z ceníku JSKO [30]. Škody na silničních a dálničních sítích v [Kč] jsou vyjádřeny pomocí jednotkové škody ZK_1 v [Kč] vztažené k celkové ploše všech komunikací v [m]. Škody železničních sítí jsou vyjádřeny pomocí jednotkové škody ZK_2 v [Kč/m] vztažené k celkové délce zaplavených kolejí v [m].

Tabulka 6.9 Cenové ukazatele pro pozemní komunikace pro rok 2010/II [26]

Komunikace	Jednotky	Zdroj ceny	Cena dle JSKO	Poškození [%]		Jednotková škoda ZK_i		
				min	max	označení	min	max
Silnice	[Kč/m ²]	822.2.7	3387	2,06	4,12	ZK_1	65	131
Železnice	[Kč/m]	824.1.3	8208	5,8	9,07	ZK_2	467	713

Škody na **mostech** jsou vztaženy na plochu mostovky, kdy při hodnocení je třeba zohlednit úroveň zaplavení mostovky. Dle [26] rozlišujeme 3 úrovně. Pod mostovkou – malá poškození, po úroveň mostovky – hrozí již poškození statiky, nad mostovkou – rozsáhlá poškození. Zde je také třeba zohlednit sklon dna vodního toku charakterizující dynamický účinek proudící vody v místě mostu.

Tabulka 6.10 Cenové ukazatele pro mosty pro rok 2010/II [26]

Mosty		Zdroj ceny	Cena dle JSKO [Kč/m ²]	Úroveň zaplavení mostovky	Poškození [%]		Jednotková škoda [Kč/m ²]	
					min	max	min	max
Silniční	ZM ₁	821. 1. průměr	58 019	pod	1,0	1,4	580	812
				po	10,0	20,0	5 802	11 604
				nad	20,0	40,0	11 604	23 208
Železniční	ZM ₂	821. 2. průměr	73 306	pod	1,0	1,4	733	1 026
				po	10,0	20,0	7 331	14 661
				nad	20,0	40,0	14 661	29 322
Lávky	ZM ₃	821. 3. průměr	44 589	pod	1,0	1,4	446	624
				po	10,0	20,0	4 459	8 918
				nad	20,0	40,0	8 918	17 836

Výpočet škod na **inženýrských sítích**, vychází z předpokladu, že jejich sítě jsou vedeny souběžně se všemi komunikacemi, a proto je délka inženýrských sítí (IS) odvozena od délky pozemních komunikací. Jestliže existují informace o chybějících sítích v záplavovém území (např. plynofikace), výpočet zahrnuje pouze sítě vybudované.

Tabulka 6.11 Cenové ukazatele pro inženýrské sítě pro rok 2010/II [26]

Inženýrské sítě		Zdroj ceny	Cena dle JSKO [Kč/m]	Poškození [%]		Jednotková škoda [Kč/m]	
				min	max	min	max
Elektřina	ZIS ₂	828	3 841	0,33	0,98	13	38
Voda	ZIS ₃	827	9 683	0,35	0,39	34	38
Kanalizace	ZIS ₄	827	12 831	0,50	0,52	64	67
Plyn	ZIS ₅	827	9 683	2,00	2,50	19	24
Telekomunikace	ZIS ₆	828	1 598	0,77	2,31	12	37
Celkem	ZIS ₁					142	203

Ke stanovení škody na **sportovních plochách** (venkovní hřiště pro různé druhy sportu) se vychází z průměrné pořizovací ceny jednotlivých typů povrchů (rozděleno dle JKSO) a z jejich možného poškození. K výpočtu se používá univerzální jednotková škoda ZH, který byla odvozena z dílčích cen váženým průměrem dle procenta zastoupení.

Tabulka 6.12 Ceny sportovních povrchů na 1m² pro rok 2010 [26]

Označení	Druh povrchu	Jednotková cena [Kč/m ²]	Zdroj (JKSO)	Poškození [%]		Zastoupení [%]	Jednotková škoda ZH _i [Kč/m ²]	
				min	max		min	max
ZH ₁	Tráva	543	823.3.1	20,0	30,0	50	109	163
ZH ₂	kamenivo	997	823.3.2	40,0	60,0	5	399	598
ZH ₃	Beton	12 341	823.3.4	0,6	1,2	10	74	148
ZH ₄	živičný	1 130	823.3.7	6,0	12,0	10	68	136
ZH ₅	ostatní	1 124	823.3.9	40,0	60,0	25	450	674
ZH	celkem					100	201	308

Jednotková cena škody v **zemědělství**, tedy na rostlinné produkci, je založena na průměrných cenách nákladů na pěstování základních plodin publikovaných Výzkumným ústavem zemědělské ekonomiky a na průměrné roční škodě odvozené z poměrného rozložení škod na jednotlivých plodinách v průběhu roku v závislosti na jednotlivých plodinách v průběhu roku v závislosti na období příchodu povodně.

S přihlédnutím na časté změny pěstovaných plodin na obdělávaných plochách a k relativně malému podílu potenciálních škod v rostlinné produkci vzhledem k celkovým povodňovým škodám, je pro rostlinnou výrobu používána průměrná jednotková cena a škoda vztažená na 1 ha obdělávané plochy.

Tabulka 6.13 Přehled jednotkových škod v rostlinné výrobě vztažených na 1 ha obdělávané plochy (ÚZEI 2009) [26]

Plodina	Oseté/osázené plochy (ZŠČR 2011) [ha]	Náklady na pěstování (ÚZEI 2009) [tisíc Kč/ha]	Ztráta [%]		Jednotková škoda ZZ [tis.Kč/ha]	
			min	max	min	max
Obilniny	1 349 662	19,0	15	80	2,7	14,4
Kukuřice	109 561	23,0	15	80	3,5	18,4
Řepka	373 386	25,0	10	90	2,5	22,5
Slunečnice	28 554	25,0	10	80	2,5	20
Brambory	26 450	84,0	20	80	16,8	67,2
Cukrovka	58 358	49,0	15	80	7,4	39,2
Průměr – vážený		22,2	20	80	4,5	17,8

Škody živočišné výroby jsou stanovovány stejným způsobem, jaký se provádí u škod v průmyslu.

Stanovení potenciální škody v **průmyslu** se provádí pouze u objektů, které leží ve vybraných polygonech účelové stavby. Tím se myslí např. průmyslový podnik, zemědělský podnik, skupinové garáže, atd. Podkladem jednotkové ceny pro škody v průmyslu je celkový statistický přehled ČSÚ pro zpracovatelský a ekonomický průmysl. Hodnota majetku se stanovuje jako součet dlouhodobého majetku, zásob a 1/3 pasiv vlastního kapitálu za poslední dostupný rok z publikovaného období. Výsledný součet je vztažen k celkové ploše průmyslových areálů v České republice a na základě těchto hodnot je odvozena jednotková cena m² průmyslových budov. Škoda je následně definována procentem škody z jednotkové ceny (Tab.6.14).

Tabulka 6.14 Jednotková cena pro škody v průmyslu (C – Zpracovatelský průmysl, D – Energetický průmysl) k posledním známým údajům k roku 2009 [26]

Kategorie		Jednotka	C	D	Celkem
Dlouhodobý hmotný majetek	a	mil. Kč	1 005 898	526 350	1 532 248
Zásoby	b	mil. Kč	340 477	32 391	372 868
Paliva - vlastní kapitál	c	mil. Kč	1 178 412	596 062	1 774 474
Redukce na 1/3 vlastního kapitálu (c/3)	d	mil. Kč	392 804	198 687	591 491
Celkový ohrožený majetek (a+b+d)	e	mil. Kč	1 739 179	757 428	2 496 607
Plocha průmyslových budov	f	ha			10 125
Hodnota majetku na m ² (e/f)		Kč/m ²			23 235
Minimální jednotková škoda - 10%		Kč/m²			2 324
Maximální jednotková škoda - 50%		Kč/m²			3 485

6.2.3 Dotčení obyvatel

Jako podklad pro počet dotčených obyvatel v zájmovém území byl Registr sčítání obvodů a budov, kterého je správcem Český statistický úřad (ČSÚ). Jako součást tohoto registru je vrstva Budovy s číslem domovním, která obsahuje prostorovou lokalizaci budov s číslem domovním ve formě definičního bodu. Rozsah této vrstvy je pro celou Českou republiku (98,4%). Tato vrstva obsahuje několik desítek atributů, lze zmínit například číslo parcely, katastrální území, název obce, název ulice, poštovní směrovací číslo a jiné. Pro výpočet dotčených osob byl použit atribut SUM_BYT (počet bytů v budově). Podrobné informace o této vrstvě naleznete na stránkách ČSÚ (http://www.czso.cz/csu/rso.nsf/i/budovy_s_cislem), stejně tak jako její stažení (http://www.czso.cz/csu/rso.nsf/i/aktualizacni_balicky_budovy).

Pro celkový počet osob pouze počet bytů v budově nestačí. Je třeba také získat informaci o počtu obyvatel na jeden byt. K tomu byl využit geoportál CENIA a vrstva CENIA_OBYV_BYT, která obsahuje kartogram znázorňující průměrný počet obyvatel na

jeden byt v obcích České republiky. Pro obec Zlín je tato hodnota 2,356, pro obec Tečovice je hodnota 2,926 a pro obec Otrokovice je hodnota 2,37. Detailnější informace o této vrstvě jsou k dispozici na internetových stránkách Národního geoportálu CENIA (<http://geoportal.gov.cz>). Celkového počtu osob na jednom adresním bodu dosáhneme tak, že hodnotu počet bytů v daném místě vynásobíme s počtem obyvatel na jeden byt v atributové tabulce *.shp souboru.

6.2.4 Kulturní objekty

Kulturní objekty na této lokalitě bohužel nebyli k dispozici, jelikož prozatím nedošlo k jejich zpracování. V rámci konzultací s příslušným úřadem Zlínského kraje na oddělení památkové péče, jelikož tyto informace sami neměli k dispozici, byla doporučena webová stránka <http://monumnet.npu.cz/monumnet.php>, kde jsou objekty vyčteny. Bohužel pro mou oblast nebyly nalezeny žádné objekty. Pomocí internetu byly vyhledávány pro případné vytvoření vrstvy další webové stránky. Výsledkem tohoto vyhledávání byly zjištěny tyto kulturní objekty: Baťova vila, Památník Tomáše Bati – Dům umění, Zlínský mrakodrap. Všechny tyto objekty se ovšem nevyskytují v rozsahu našich rozlivů. Dále bylo vyhledáváno v oblasti ÚPD, zde byla naleznuta zpráva o návrhu ÚPD, kde byli zahrnuti plochy kulturních památek, jelikož šlo pouze o návrh, nebylo s těmito plochami počítáno, tudíž byla tomuto kritériu ve výpočtech přiřazena hodnota 0.

6.2.5 Zdroje znečištění

Vstupní vrstva ve formátu *.shp., pro tyto zdroje znečištění, byla taktéž konzultována s příslušným úřadem Zlínského kraje.

Čistírna odpadních vod (ČOV), získat tento objekt je možné ze stránek dibavod.cz, kde je tato vrstva ve formě bodů *.shp volně ke stažení. V řešené lokalitě se vyskytuje ČOV Zlín – Malenovice. Tato ČOV je chráněná před povodněmi v průtocích Q5, Q20, Q100. V multikriteriální analýze je tedy započítána v rámci Q500.

Průmyslové zdroje znečištění, zdrojem pro získání těchto informací byl úřad Zlínského kraje, kde opět nebyla k dispozici vrstva znečišťujících zdrojů, ale byla doporučena webová stránka <http://www.povis.cz/html/>, kde si v exportu pro povodňové plány můžeme stáhnout tyto objekty.

6.3 METODA PROMETHEE II

Cílem této metody je stanovit pořadí jednotlivých funkčních ploch, které byly převzaty z územně plánovací dokumentace (ÚPD) z hlediska stupně povodňového rizika. Z těchto dílčích ploch lze odvozovat priority při projektování protipovodňových opatření v daném území.

Metoda je založena na kvantitativně vyjádřených kritériích, která jsou uvedena v *Ta. 6.1* a jsou uvedena s postupy v kapitole 6.2. Při řešení byly brány na zřetel povodňové scénáře *Q5, Q20, Q100, Q500*. Těmto hodnotícím kritériím byla přiřazena váha spočtena dle Saatyho matice (kapitola 6.2.1.4).

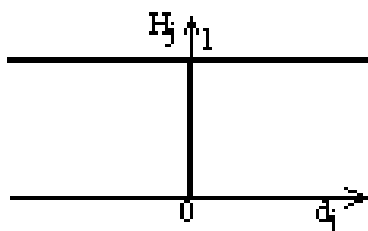
6.3.1 Obecný postup metody PROMETHEE II

Tedy, jak tato metoda pracuje. Metoda vychází z předpokladu, že potřebujeme porovnat m variant A_i ($i=1\dots m$), kdy každá alternativa je hodnocena na základě n kritérií C_j ($j=1\dots n$).

Základem této metody je párové porovnání variant A_i z hlediska všech kritérií C_j . Necht' $g_i(A_u)$ a $g_i(A_v)$ jsou hodnotící parametry vyčíslené v posuzovaných dvou variantách A_u a A_v ($u, v \in \{1, \dots, m\}$) pro kritéria C_j ($j \in \{1, \dots, n\}$). Preference varianty A_u oproti A_v na základě kritérií C_j je vyjádřena tzv. preferenční funkcí $\Pi_j(s_j(A_u, A_v))$, kde:

$$s_j(A_u, A_v) = g_j(A_u) - g_j(A_v) \quad (6.12)$$

Preferenční funkce $\Pi_j(A_u, A_v)$ může dosahovat hodnot v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Hodnota 0 vyjadřuje neurčitost variant A_u a A_v a hodnota 1 znamená, že varianta A_u je výhodnější než varianta A_v . Příklad této preferenční funkce je uveden na *Obr.6.2*.



Obrázek 6.2 Preferenční funkce č.1 metody PROMETHEE

Preferenční funkce dle *Obr. 6.2*, nabývá hodnot 0, 1. Z toho je zřejmé, že tato funkce rozlišuje pouze dva možné vztahy mezi variantami A_u a A_v , tedy neurčitost (0), nebo přednost varianty A_u před A_v (1).

Pokud byly pro všechny možné alternativy dvojic A_i vyčísleny dílčí preference jednotlivých kritérií C_j , pak je možné stanovit tzv. celkovou preferenci dle vztahu:

$$\Pi_{tot}(A_u, A_v) = \sum_j w_j \Pi_j(A_u, A_v) \quad (6.13)$$

w_j zde znázorňují váhy, kterými lze ovlivnit důležitost jednotlivých kritérií a pro které platí $\sum_j w_j = 1$. Pro výsledné pořadí hodnocených variant A_i je třeba ještě vyčíslit tzv. pozitivní a negativní toky. Pozitivní tok Φ^+ pro jednotlivé varianty A_i se vypočte následovně:

$$\Phi^+(A_i) = \frac{1}{m-1} \sum_{u=1}^m \Pi_{tot}(A_i, A_u) \quad (6.14)$$

Pozitivní tok Φ^+ vyznačuje, o kolik varianta A_u převládá nad všemi ostatními hodnocenými variantami. Kdy platí, že čím větší hodnota Φ^+ , tím větší nadřazenost varianty A_u nad ostatními.

Negativní tok Φ^- vyznačuje, nakolik všechny hodnocené varianty převládají nad variantou A_u :

$$\Phi^-(A_i) = \frac{1}{m-1} \sum_{u=1}^m \Pi(A_u, A_i) \quad (6.15)$$

K výslednému srovnání všech posuzovaných variant lze použít dvě základní metody a to PROMETHEE I a II. První metoda vychází z postupného srovnávání pozitivních a negativních toků pro jednotlivé dvojice variant A_u a A_v dle následujících pravidel:

- Když $\Phi^+(A_u) > \Phi^+(A_v)$ a $\Phi^-(A_u) < \Phi^-(A_v)$, pak A_u má přednost před A_v ,
- Když $\Phi^+(A_u) < \Phi^+(A_v)$ a $\Phi^-(A_u) > \Phi^-(A_v)$, pak A_v má přednost před A_u ,
- Když $\Phi^+(A_u) = \Phi^+(A_v)$ a $\Phi^-(A_u) = \Phi^-(A_v)$, pak A_u a A_v jsou identické,
- V ostatních případech, např. když $[\Phi^+(A_u) > \Phi^+(A_v)$ a $\Phi^-(A_u) > \Phi^-(A_v)]$ nebo když $[\Phi^+(A_u) < \Phi^+(A_v)$ a $\Phi^-(A_u) < \Phi^-(A_v)]$, pak A_u a A_v jsou nesrovnatelné.

Z toho tedy vyplývá, že výsledkem metody PROMETHEE I nemusí být ve všech případech kompletní pořadí posuzovaných variant. To je způsobeno poslední podmínkou, která vymezuje vzájemně nesrovnatelné varianty.

Jestliže je třeba kompletní pořadí hodnotících variant, jako v předložené diplomové práci, pak je třeba použít druhou metodu, tedy metodu PROMETHEE II, která zavádí tzv. čistý tok (netflux) :

$$\varphi = \Phi^+ - \Phi^- \quad (6.16)$$

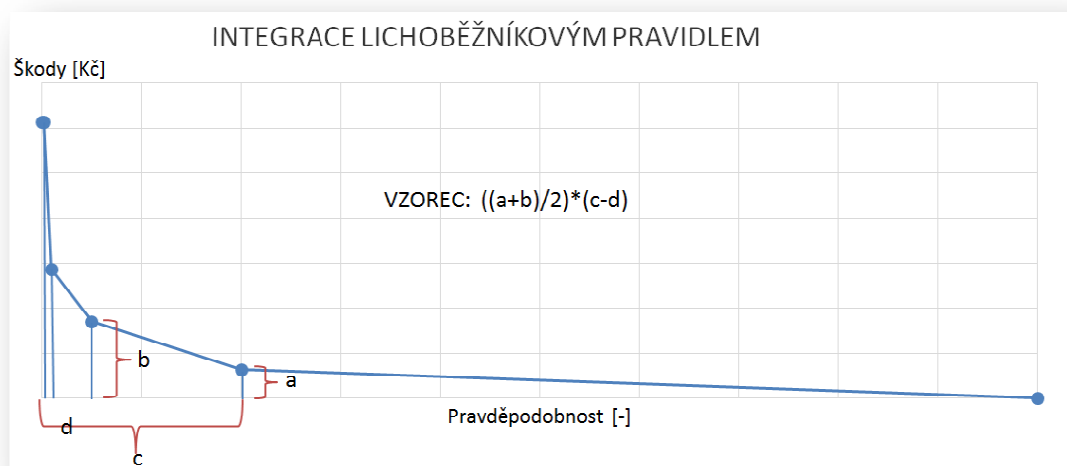
Zde se vypočtené varianty řadí sestupně dle hodnoty číselného toku φ [50].

6.3.2 Samotné řešení Metody PROMETHEE II

Zde je uveden postup, při vyhotovování mapy Čistého toku metodou PROMETHEE II. Zpracování proběhlo v programech Microsoft Office Excell 2007, MCDA a ArcGis 10.1.

6.3.2.1 Příprava podkladů

Jako podklad pro multikriteriální analýzu metodou PROMETHEE II, slouží připravené váhy dle kapitoly 6.2.1 a vyčíslené kritéria dle kapitol 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4 a 6.2.5. Kritéria byla vyčíslena v programu ArcGis v atributové tabulce a jejich početních funkcí v příkazu *Field Calculator*. Početní funkce probíhaly zvláště, dle *N*-letých scénářů (Q5, Q20, Q100, Q500) a na příslušných dotčených polygonech (formát *.shp.) dle ÚPD. Bylo potřeba dbát na důslednost kontroly hodnot v příslušných polygonech, tedy byl vytvořen identifikátor, dle kterého se hodnoty přiřazovaly do příslušných polygonů. Z těchto vyčíslených kritérií, bylo potřeba získat průměrné roční hodnoty. Toho se dosáhlo vyexportováním příslušných hodnot v příslušné době opakování z programu ArcGis, do programu Microsoft Office Excell. Následně byla z těchto hodnot provedena integrace pomocí lichoběžníkového pravidla (Obr.6.3) v závislosti jednotlivých hodnot v *N*-letých scénářích a příslušných pravděpodobností. Pro dosažení průměrných ročních hodnot, se provedla suma těchto hodnot a tímto krokem byly hodnoty kritérií připraveny.



Obrázek 6.3 Ukázka integrace lichoběžníkovým pravidlem

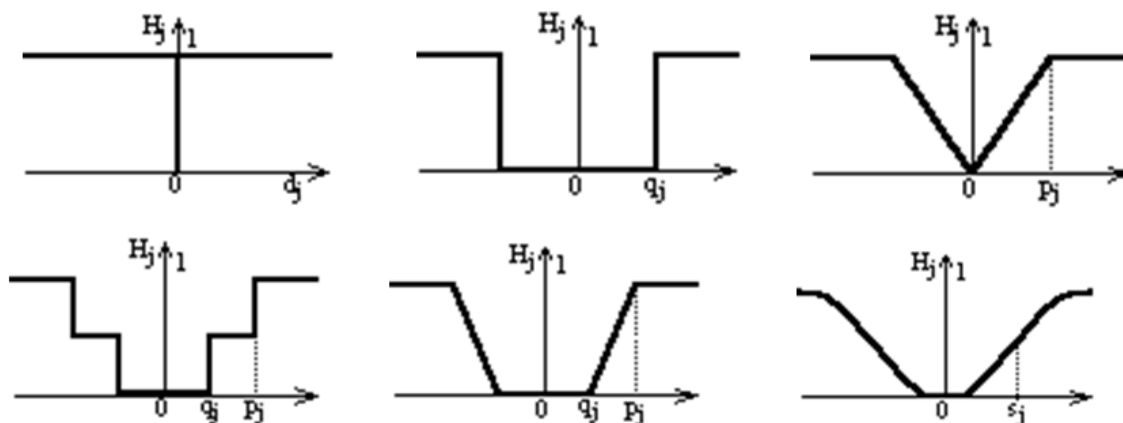
6.3.2.2 Mapové zpracování

Pro stanovení čistého toku metodou PROMETHE II, bylo potřeba pracovat v programu MCDA (Multicriteria Decision Aid), který spolupracuje s programem Microsoft Office Excell. Tedy nejdříve se musela vypracovat vstupující tabulka pro následné vyhodnocení metodou PROMENTHE II a to následujícím způsobem. Jako první, se do excelové tabulky vložily průměrná roční kritéria a jejich identifikátor, pro správné přiřazení k jednotlivým polygonům. V tomto případě byl identifikátor plochy rovný jedné variantě v metodě PROMETHE II, respektive co plocha to varianta. Dále se přiřadily váhy k těmto kritériím a příslušná preferenční funkce, dle které se metoda PROMETHEE II řídí (popsáno v kapitole 6.3.1). Takto připravená tabulka (vzor *Tab. 6.15*), byla připravena k exportu do programu MCDA.

Tabulka 6.15 Příklad vstupní tabulky v programu Microsoft Office Excell

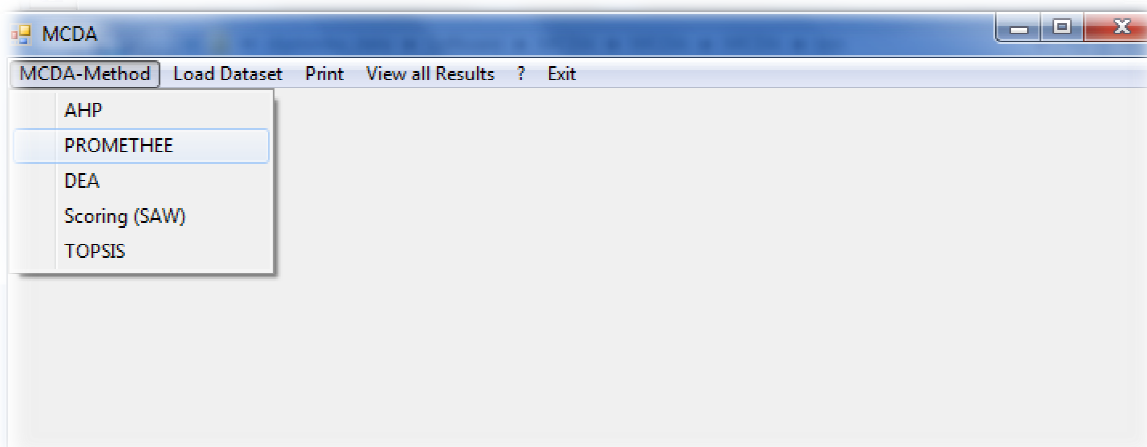
Identifikátor	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
1	3	5	40	55
2	2.5	4.5	45	50
3	4	6	55	45
4	6	7	48	20
5	2.3	3.5	28	50
Weight	0.2	0.3	0.4	0.1
max/min	1	1	1	1
type	1	1	1	1
q				
p				
s				

V *Tab. 6.15* vidíme v prvním řádku náš identifikátor a příslušná kritéria. Průměrné roční hodnoty pro daná kritéria jsou zde smyšlené, slouží pouze pro představu. Do řádku Weight (váhy) se přiřadí příslušné váhy k jednotlivým kritériím. Řádek max/min vyznačuje, čemu dáváme přednost, jestli maximálním, či minimálním hodnotám. Pro maximum je to hodnota 1 a pro minimum je hodnota 0. V diplomové práci byla použita hodnota 1. Řádek type značí typ preferenční funkce (1-6 dle *Obr.6.4*), pro diplomovou práci byla zvolena preferenční funkce 1 z důvodu, jelikož její použití je nejjednodušší a nemusí se stanovovat prahové hodnoty. Prahové hodnoty q , p , s udávají preferenční funkci, jak je zřetelné na *Obr.6.4*. Některé tyto preferenční funkce byly vyzkoušeny, ale bylo by potřeba věnovat delší čas pro jejich chování, vliv na analýzu a stanovování prahových hodnot. Na toto téma by bylo potřeba zpracovat citlivostní analýzu. Pro její obsáhlost nebyla tato citlivostní analýza zpracována, vzhledem k časovým možnostem pro vypracování této diplomové práce.



Obrázek 6.4 Typy preferenčních funkcí

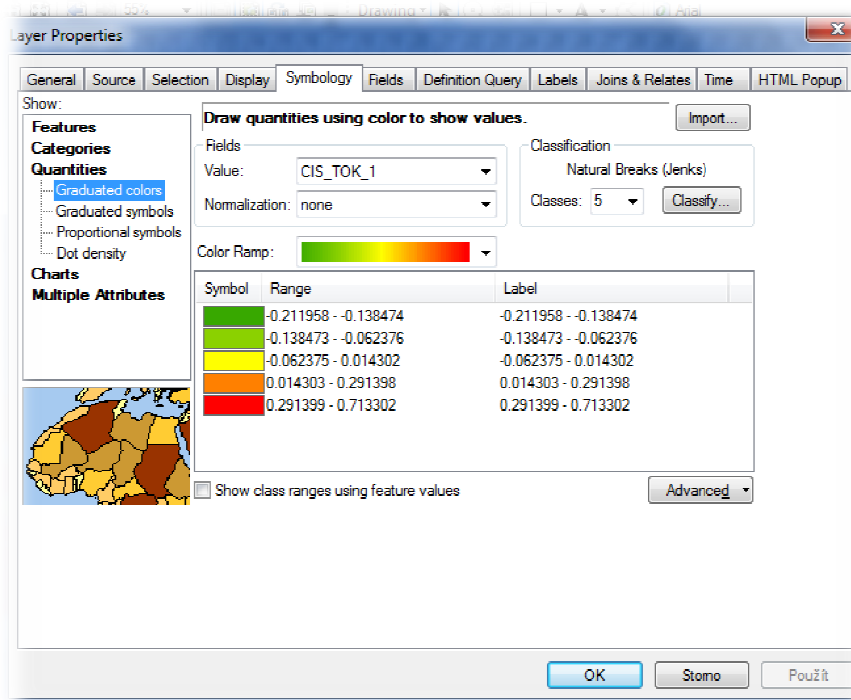
Samotný program MCDA není nijak složitý, pouze zlovíte metodu viz *Obr.6.5*, ve které chcete zpracování provádět, tedy v našem případě metoda PROMETHEE a přes volbu *Load Dataset* vložíte tabulku, která byla zpracována v programu Microsoft Office Excell. Program si sám zpracuje tyto hodnoty do výsledného čistého toku. Výsledné hodnoty získáte pod volbou *View all Result*, kde získáte tabulku se dvěma sloupci. První sloupec je náš identifikátor pro příslušný polygon a ten druhý je hodnota čistého toku. Tuto tabulku vyexportujeme zpět do excelu a připravíme pro import do programu ArcGis. Jelikož program pracoval s naším identifikátorem, nejsou tedy problémy při připojování hodnot k příslušným polygonům.






Obrázek 6.5 Prostředí programu MCDA

Po načtení hodnot do programu ArcGis, který nám nyní poslouží k závěrečné úpravě těchto výsledků, výsledným hodnotám ve vlastnostech přiřadíme škálu barev. Tato úprava není nijak dána metodami, záleží na zhotoviteli, jakému barevnému zobrazení dá přednost. To provedeme ve vlastnostech vrstvy viz *Obr.6.6*. Kde se na kartě *Symbology* zvolí položka *Quantities – Graduated Colors*. Bylo zde zvoleno 5 různých odstínů barev dle kategorie

v rámci zvoleného intervalu dle přirozeného dělení, podle kterých lze v mapovém výstupu zřetelně rozpoznat stupeň zasažení u jednotlivých funkčních ploch ÚPD viz *Obr.6.7*. Je zde tedy viditelné, které oblasti jsou nejvíce zasaženy (barva červená) a které naopak minimálně (barva zelená). Tyto stupně byly zvoleny libovolně, jelikož žádná metodika neuvádí jejich přesné stanovení, s ohledem k vypovídající grafické informaci v mapě. Bylo využito webové stránky http://en.wikipedia.org/wiki/Jenks_natural_breaks_optimization.



Obrázek 6.6 Tabulka vlastností a způsob vykreslení v programu ArcGis

LEGENDA		
KATEGORIE ČISTÉHO TOKU PRO STUPEŇ ZASAŽENÍ PŘI POVODNI		
	-0.212 - -0.139	MINIMÁLNÍ ZASAŽENÍ
	-0.139 - -0.062	MENŠÍ ZASAŽENÍ
	-0.062 - 0.014	STŘEDNÍ ZASAŽENÍ
	0.014 - 0.291	VYŠŠÍ ZASAŽENÍ
	0.291 - 0.713	VYSOKÉ ZASAŽENÍ

Obrázek 6.7 Kategorie čistého toku pro stupeň zasažení při povodni

6.4 HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI

Díky tomuto hodnocení zjišťujeme, zda navržené protipovodňové opatření má význam, jak po stránce funkční, tak po ekonomické. Je zde porovnávána cena za realizaci protipovodňového patření (PPO) proti hodnotě chráněného majetku. Práce se nezabývá výpočtem nákladů na PPO, věnuje se pouze dopočtu hodnoty nákladů, při poměrné ekonomické efektivity rovné 1. Tato hodnota vychází z metodiky ministerstva životního prostředí [48]. Dle této metodiky pro stanovení ekonomické efektivity jsou tyto kritéria:

- poměrná ekonomická efektivity investice PU [-],
- absolutní ukazatel efektivity investice AU [mil.Kč],
- doba návratnosti DN [roky].

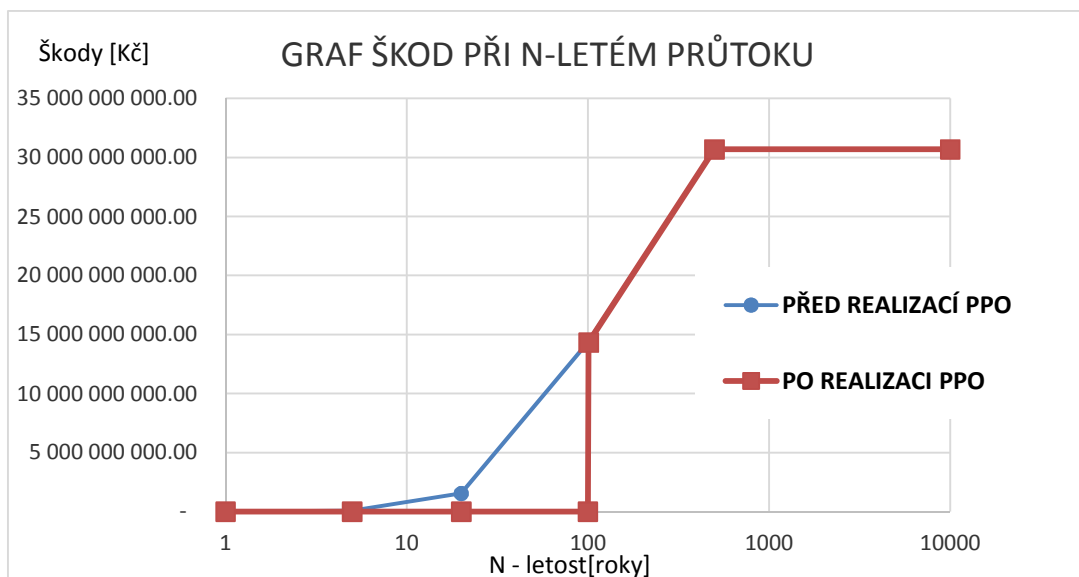
Pro vyčíslení těchto kritérií je nejdříve třeba stanovit průměrné roční riziko pro stav před realizací PPO (Tab. 6.12) a průměrné roční riziko po realizaci PPO (Tab. 6.13) v rámci výskytu škod. Průměrné roční riziko pro stav před realizací PPO, byl vypočten z výskytu škod v N -letých scénářích v závislosti na jejich pravděpodobnosti a zasažení. Výsledné hodnoty se pomocí lichoběžníkového pravidla zintegrovaly a provedla se jejich suma. Výpočet průměrného ročního rizika pro výskyt škod po realizaci PPO neprobíhal stejným způsobem, jelikož stav po realizaci je ve formě ideového návrhu. Výpočet byl tedy proveden za předpokladu úplného snížení stávajícího povodňového rizika povodňovým průtokem Q_{100} . Škody při Q_5 , Q_{20} , Q_{100} byly stanoveny nulově. Ovšem již od Q_{101} vzniknou škody, které jsou počítány dle stávajícího stavu a jsou rovny Q_{100} viz Obr.6.8. Můžeme zde také pozorovat, že výskyt škod od povodňového průtoky Q_{500} je konstantní až do povodňového průtoky $Q_{10\,000}$ (velmi malý přírůstek rizika). A to z toho důvodu, že již při povodňovém průtoky Q_{500} se jedná o zbytkové riziko.

Tabulka 6.16 Výpočet rizika pro stav před realizací PPO

N-letost	Pravděpodobnost	Škody (před realizací PPO) [Kč]	RI [Kč/rok]
1	1	0	0
5	0.2	91 522 732.61	36 609 093
20	0.05	1 549 573 372.55	123 082 208
100	0.01	14 333 906 479.01	317 669 597
500	0.002	30 695 492 821.23	180 117 597
10000	0.0001	30 695 492 821.23	58 321 436
ΣRI (před realizací PPO) [Kč/rok]			715 799 932

Tabulka 6.17 Výpočet rizika pro stav po realizaci PPO

N-letost	Pravděpodobnost	Škody (po realizaci PPO) [Kč]	RI [Kč/rok]
1	1	0	0
5	0.2	0	0
20	0.05	0	0
100	0.01	0	0
101	0.0099	14 333 906 479	709 599
500	0.002	30 695 492 821	177 888 419
10000	0.0001	30 695 492 821	58 321 436
ΣRI (po realizaci PPO) [Kč/rok]			236 919 455



Obrázek 6.8 Graf závislosti hodnoty škody na N-letosti

Dále jsme stanovily kapitalizované riziko RI_s [mil.Kč], které vychází ze vztahu pro výpočet tzv. „věčné renty“.

$$RI_s = \frac{RI_1}{DS} \quad (6.17)$$

RI_1 průměrné roční povodňové riziko

DS roční diskontní sazba v desetinném tvaru (uvažována 0,03)

Poměrná ekonomická efektivnost investice PU dle vztahu (6.18), stanovuje poměr redukce současné hodnoty rizika vlivem realizace PPO a celkových nákladů na PPO. Ukazatel

tedy vyjadřuje poměrnou ekonomickou efektivnost opatření pomocí bezrozměrné veličiny. Tato veličina udává, o kolik bude sníženo současné riziko jednou korunou investice. Jestliže PU nabude hodnot větších jako 1, z dlouhodobého hlediska se jedná o rentabilní investici a naopak.

$$PU = \frac{RI_s(\text{bez PPO}) - RI_s(\text{po realizaci PPO})}{I} \quad (6.18)$$

$RI_s(\text{bez PPO})$ kapitalizované riziko před realizací PPO [mil.Kč]

$RI_s(\text{po realizaci PPO})$ kapitalizované riziko po PPO [mil.Kč]

I celkové náklady na realizaci PPO [mil.Kč]

Absolutní ukazatel efektivnosti AU [mil.Kč] je uveden dle vztahu (6.19) Vyjadřuje finanční efekt navrženého PPO z dlouhodobého hlediska ve finančních jednotkách. Pokud se hodnoty pohybují v kladných číslech, je zřejmá ekonomická rentabilita opatření a naopak.

$$AU = RI_s(\text{bez PPO}) - \{I + RI_s(\text{po realizaci PPO})\} \quad (6.19)$$

$RI_s(\text{bez PPO})$ kapitalizované riziko před realizací PPO [mil.Kč]

$RI_s(\text{po realizaci PPO})$ kapitalizované riziko po PPO [mil.Kč]

I celkové náklady na realizaci PPO [mil.Kč]

Doba návratnosti DN [roky] určena dle vztahu:

$$DN = \frac{I}{RI_1(\text{bez PPO}) - RI_1(\text{po realizaci PPO})} \quad (6.20)$$

$RI_1(\text{bez PPO})$ roční ekonomické riziko před realizací PPO [mil.Kč]

$RI_1(\text{po realizaci PPO})$ roční ekonomické riziko po PPO [mil.Kč]

I celkové náklady na realizaci PPO [mil.Kč]

V rámci této práce byl proveden výpočet ekonomické efektivity dle vztahů (6.17) – (6.20).

Tabulka 6.18 Výpočet ekonomické efektivity

Kapitalizované riziko	Ri_s (bez PPO)	23 859 997 717	[Kč/rok]
	Ri_s (po realizaci PPO)	1 944 047 879	[Kč/rok]
Poměrná efektivity	PU	1.0	[-]
Investiční náklady	I	22 010 000 000	Kč
Absolutní efektivity	AU	- 94 050 161	Kč
Doba návratnosti	DN	33.5	roků

Dle *Tab. 6.18* jsou k dispozici výsledné hodnoty. Můžeme pozorovat výsledná kapitalizovaná rizika, dále je zde zřejmá hodnota poměrné efektivity, tedy 1. Při této hodnotě či vyšší budou navržená PPO efektivní v rámci jejich investičních nákladů. Pokud by hodnota byla menší, navržení PPO s těmito investičními náklady by již byla nevýhodná. Investiční náklady byly tedy spočteny tak, aby poměrná efektivity vycházela 1. Absolutní efektivity vychází v záporných číslech, tedy se nejedná o ekonomická rentabilní opatření. Jako poslední hodnota je uvedena doba návratnosti, která nám vyšla do 33,5 roků.

Tento výpočet nám tedy poslouží k orientační představě investiční částky. Plnohodnotného výpočtu bychom dosáhli, kdybychom měli k dispozici výsledky 2D numerického modelování pro stav po realizaci PPO. Spočítalo by se průměrné roční riziko pro výskyt škod po realizaci PPO, stejným způsobem jako před realizací. Dále by se stanovil rozpočet pro navržené PPO, pro zjištění investičních nákladů. Na konec by se provedly stejné výpočty ekonomické efektivity a hodnoty by se posoudily.

7 PROTIPOVODŇOVÉ OPATŘENÍ

Účelem protipovodňových opatření je úplně eliminovat povodeň, nebo alespoň minimalizovat povodňové škody. Obecně lze říci, že jejich náplní je voda za povodní akumulovat mimo lidská sídla, a v oblasti zástavby co nejdříve vodu odvést.

Dle zákona 254/2001 Sb. [8] ochrana před povodněmi jsou opatření k předcházení a zamezení škod při povodních na životech a majetku občanů, společnosti a na životním prostředí prováděná především systematickou prevencí, zvyšováním retenční schopnosti povodí a ovlivňováním břehu povodní.

Druhů protipovodňových ochrany je několik. Obecně můžeme mluvit o dvou základních druzích protipovodňového opatření (PPO). Tedy o:

- strukturální (technická) opatření,
- nestrukturální opatření.

7.1 STRUKTURÁLNÍ OPATŘENÍ

Jsou to ochrany, které zahrnují převážně úpravy na vodních tocích a inundačním území. Tato opatření se snaží zajišťovat dostatečnou kapacitu koryt, stabilitu dna a břehů koryt, zvýšení retenční schopnosti a transformaci objemu povodňové vlny nádržemi, poldry apod. Rozdělují se do těchto skupin a následně jsou popsány níže:

- zvýšení kapacity koryta (*kap. 7.1.1*),
- ochranné hráze (*kap. 7.1.2*),
- povodňové zdi (*kap. 7.1.3*),
- umělé retenční prostory (*kap. 7.1.4*),
- zvýšení retenční schopnosti krajiny – opatření v povodí (*kap. 7.1.5*).

Podskupinou těchto opatření jsou tzv. **opatření blízka přírodě**. Ty zahrnují především úpravy pro zvýšení retenční schopnosti území a zvýšení jeho infiltračních schopností. Jde o biotechnická a lesotechnická opatření spočívající v návrhu vhodné skladby porostů, konfigurace krajinných prvků a infiltračních území. Tyto přírodně blízka opatření je vhodné koncepčně začlenit do projektů pozemkových úprav, či studií protierozní ochrany území, kdy je vhodná spolupráce s vodohospodářskými pracovníky a s příslušnými správci toků. Další součástí jsou např. úpravy koryt a niv toků s vlivem na protipovodňovou ochranu prováděna přírodně blízkým způsobem. Nebo také realizace opatření podporující přirozenou transformaci povodní v nivách formou tzv. biotechnických opatření, výstavba poldrů apod. [38].

7.1.1 Zvýšení kapacity koryta

Toho lze docílit úpravou koryta tj. zvětšením průtočného profilu, rozšíření koryta, úpravou sklonových poměrů, zkapacitněním objektů na tocích (jezy, stupně, mosty, apod.). Je však nutno dbát na údržbu, jelikož každé koryto se časem opět zanese. Proto je doporučeno provádět prohlídky toku. Pro zabránění možné eroze se koryto může opevnit, ovšem je nutné dbát zřetel na možné narušení biodiverzity v krajině.

7.1.2 Ochranné hráze

Tato problematika je poměrně široká a její rozebrání není předmětem diplomové práce. Podrobněji je popsána v literatuře [44], [47], [Vyhláška č.590/2002 Sb.]. Je zde ovšem vhodné uvést účel těchto hrází.

Účelem ochranných hrází je soustředit vysoké průtoky do mezihrází a zabránit zaplavování intenzivněji využívaného území v zahrází až do určitého návrhového průtoku. Tyto hráze se budují v případech, kdy nelze vytvořit koryto toku s kapacitou požadovaného průtoku z technických, ekonomických či environmentálních důvodů. Těleso hráze může být z homogenního či nehomogenního materiálu. Jako materiál se používá zemina nebo kombinace zeminy s kamenivem. Vhodnost materiálu pro stavbu doporučí inženýrsko-geologický průzkum. Nevýhodou tohoto řešení je například možné porušení hráze, které vede až k jejímu protržení. Poruchu hráze může způsobit jak fauna, tak flóra. Zejména bobří a jiní zastupitelé těchto vodních savců, kteří budují své nory, mohou narušit stabilitu tělesa hráze. Nebezpečné jsou také kořeny rostlin, zejména stromů, které taktéž mohou způsobit rozrušení stability hráze. Další nevýhodou je jejich náročnost na umístění, jelikož hráze mají velký záběr pozemku a důležitý je výběr vhodné zeminy, musí se použít opravdu kvalitní materiál, co se týče propustnosti. Výhodou je estetické hledisko, hrázky mohou také přispět k začlenění toku do struktury města a to například vystavěním cyklostezek. Je zde využít přírodních materiálů. Další výhodou je snížení rozsahu zaplavení, nasměrování proudu do míst s nejnižším potenciálem škod a do předem známých opevněných míst.



Obrázek 7.1 Fotografie protipovodňového hrázkování podél toku Dřevnice v km 16,21 – 18,341

7.1.3 Povodňové zdi

Účel je obdobný jako u ochranných hrází, tedy soustřeďovat vysoké průtoky do prostoru mezi zdmi. Tyto zdi se navrhují pouze přednostně ve stísněných podmínkách zástavby, podél komunikací, apod. Mohou v některých případech působit i jako částečné protihlukové opatření, například v okolí dálnic. Povodňové zdi můžeme rozdělit na:

- stabilní,
- mobilní,
- kombinované.

Stabilní povodňové zdi jsou navrhovány převážně jako betonové konstrukce, které jsou vetknuty do podloží v břehové linii, nebo jako mělce založené úhlové zdi. Zde je nutné zajistit odolnost vůči účinkům prosakující vody odpovídajícím prodloužením průsakové dráhy. To se provádí vertikálním prvkem tedy štetovou stěnou, vibrovanou tenkou stěnou apod. Jako nevýhodu zde můžeme uvést estetiku a trvalé zabránění přístupu k vodě. Ovšem výhodou těchto PPO je, že mohou být vystavena v místech, kde jsou stísněné podmínky, tedy nejsou náročná na záběr pozemku.



Obrázek 7.2 Příklad stabilní protipovodňové zdi [11]

Mobilní povodňové zdi jsou navrhovány tam, kde je nutné zajistit průchod či průjezd ochrannou protipovodňovou linií, nebo v případech, kde je důležité estetické hledisko. Tyto stěny jsou založeny převážně do betonové stěny v úrovni terénu, nebo je lze založit do zvýšené masivní nábrežní zdi. Jako nosný systém zde slouží ocelová konstrukce, která je tvořena ze svislých nosníků s drážkami a hradidly

. Hradidlo může být různého materiálu. Lze zmínit například nerezovou ocel a hliník. Výhodou je možná mechanizace, opětovné použití, nenarušení estetiky města. Dále stejně jako u stabilních PPO je to vystavena v místech, kde jsou stísněné podmínky. Mezi nevýhody patří zajištění skladovacího prostoru, zkoušky mobilních zdí, jejich údržba, pořizovací cena, ale také čas, za který jsou postaveny.



Obrázek 7.3 Příklad mobilní protipovodňové zdi [12]

Kombinované povodňové zdi se provádí v místech, kde musí být umožněn přístup. Mobilní prvek se při povodních instaluje do drážek, které jsou součástí stabilního PPO. Výhody i nevýhody jsou totožné se stabilními i mobilními zdmi.



Obrázek 7.4 Příklad kombinované povodňové zdi [13]

7.1.4 Umělé retenční prostory

Tyto retenční prostory jsou vymezené části objemu údolních nádrží. Objemy mohou být ovladatelné či neovladatelné. Většina nádrží ovšem nemůže zajistit svým retenčním prostorem významnější transformaci extrémních povodní, zejména z pohledu objemu. Transformační účinek návrhové povodně a způsob manipulace na vodním díle je určován manipulačním řádem, nebo také operativním řízením, který je založen např. na využití metod neuronových sítí [44]. Retenční prostory mohou být také zajištěny suchými poldry, které jsou zaplavovány při povodňových stavech a tím transformují část povodňové vlny. Výhodou je významnější transformace povodně.

7.1.5 Zvýšení retenční schopnosti krajiny – opatření v povodí

Tato opatření mají retenční účinek pouze u povodní s nižší extremitou cca do Q_{10} - Q_{20} . Účinek těchto opatření má velký význam z hlediska péče o krajinu, krajinotvorby a pro protierozní ochranu, která úzce souvisí s protipovodňovou ochranou. Jako účinné opatření jsou organizační (tvar a velikost pozemku, zatravnění, rozmíst'ování plodin, směr výsadby půdy, apod.), agrotechnické (hrázkování a důlkování povrchu půdy, mulčování, zatravnění meziřadí apod.) biotechnické protipovodňové opatření (protierozní meze a průlehy, zasakovací pásy, terasování, protierozní nádrže apod.).

7.2 NESTRUKTURÁLNÍ OPATŘENÍ

Toto opatření zahrnuje především operativní a organizování služeb pro havarijní případy, jako jsou kvalifikované hydrologické předpovědi povodňových situací, hlásná a povodňová služba, organizace evakuačních a záchranných prací apod. Patří sem také územní plánování, které hraje taktéž důležitou úlohu při preventivním snižování nepříznivých účinků povodní [44].

Opatření jsou vymezena vodním zákonem 254/2001 a dělí se na následující 2 části:

- přípravná opatření a opatření při nebezpečí,
- opatření za povodně.

Podrobněji v daném vodním zákonu [8].

7.3 DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Doporučená opatření byla navržena na základě zhodnocení současného stavu a na základě PPO, které byly navrženy v minulých letech.

7.3.1 *Zhodnocení současnosti*

Většina objektů na toku Dřevnice již prošly rekonstrukcí. Zejména tedy co se týče jezů a stupňů. Dá se tedy říci, že tyto objekty jsou vyhovující. Problém jsou ovšem mosty. Kolem 20% mostů v řešené lokalitě, dle mapy rizika, jsou nekapacitní pro Q100. Přesněji tedy mosty a lávky v km 5,586; 6,915; 10,817; 12,450 a 13,233. Tento problém se tedy bude muset nadále řešit. Co se týče toku Dřevnice, její koryto bylo upraveno a byla zajištěna průtočnost koryta po povodních v roce 1997. V rámci pochůzek bylo zjištěno, že v několika místech je již koryto zaneseno a dochází k tvorbě menších ostrůvků. Zde stojí za zvážení provést údržbu.

7.3.2 *Stavby protipovodňové ochrany*

V době od roku 1919 až do roku 1963 v řešené lokalitě docházelo k úpravám toku. Byla také provedena rekonstrukce jezu Příluky v roce 2001 a v roce 2006 proběhlo zajištění průtočnosti koryta v km 1,724 – 3,550. Došlo také k rekonstrukci pohyblivého jezu a hrázkování na levém břehu toku v km 16,125 – 18,34 [42].

Po nejzávažnější povodni, která dosud zasáhla řešenou lokalitu, v roce 1997, byly provedeny opravné, či odstraňovací práce. Tyto práce trvaly od roku 1997 až do roku 2002. Jednalo se zejména o úpravu a vyčištění koryta v celé délce protékající Zlínem a Otrokovicemi. Byly realizovány protipovodňové zdi a zemní hráze v lokalitě Otrokovice a Zlínských částech Louky a Lužkovice. Tedy v místech extravilánu byly vybudovány hrázky a v intravilánu města Otrokovice byly vybudovány protipovodňové zdi, které navazují na hrázky. Byla provedena oprava již zmiňovaného jezu v Přílukách a rekonstrukce neminula také několik stupňů.

V roce 1998 byla vyhotovena studie protipovodňového opatření pro Barum Continental, spol.s.r.o. Otrokovice [46]. Účelem bylo ochránění přilehlého území toku Dřevnice před povodněmi. Ochrana byla provedena pro $Q=300 \text{ m}^3/\text{s}$ v Dřevnici a to protipovodňovými zdmi, hrázkami.

Statutární město Zlín má vyhotovenou protipovodňovou ochranu pro Q5 a Q20. Tyto protipovodňové ochrany, jsou dle mého názoru zhodnoceny jako účinné, jelikož již několikrát město ochránily. Nicméně je třeba nadále řešit protipovodňovou ochranu, pro zamezení ničivých škod, které oblast zasáhly v roce 1997.

7.3.3 Ideový návrh protipovodňového opatření

Účelné pro varovný systém by bylo doplnit síť **srážkoměrných stanic** na toku tak, aby na základě skutečně zaměřené srážky a předpovědi počasí by mohla být provedena předpověď průtoků v povodí Dřevnice a s ní spojená varovná protipovodňová služba.

Děle také ke zlepšení ochrany by mohla přispět pravidelná **údržba průtočné kapacity koryta**, probírka břehových porostů a pomístní úpravy nekapacitních úseků. Po povodni, která proběhla v roce 1997, bylo provedeno odtěžení nánosů a oprava koryta přes zástavbu města Zlína [42]. Ovšem při prohlídce toku bylo zjištěno, že v několika místech dochází k zanášení toku, jedná se okolí km 2., 6., 10., 11., 14. Doporučila bych tedy provést údržbu průtočné kapacity.

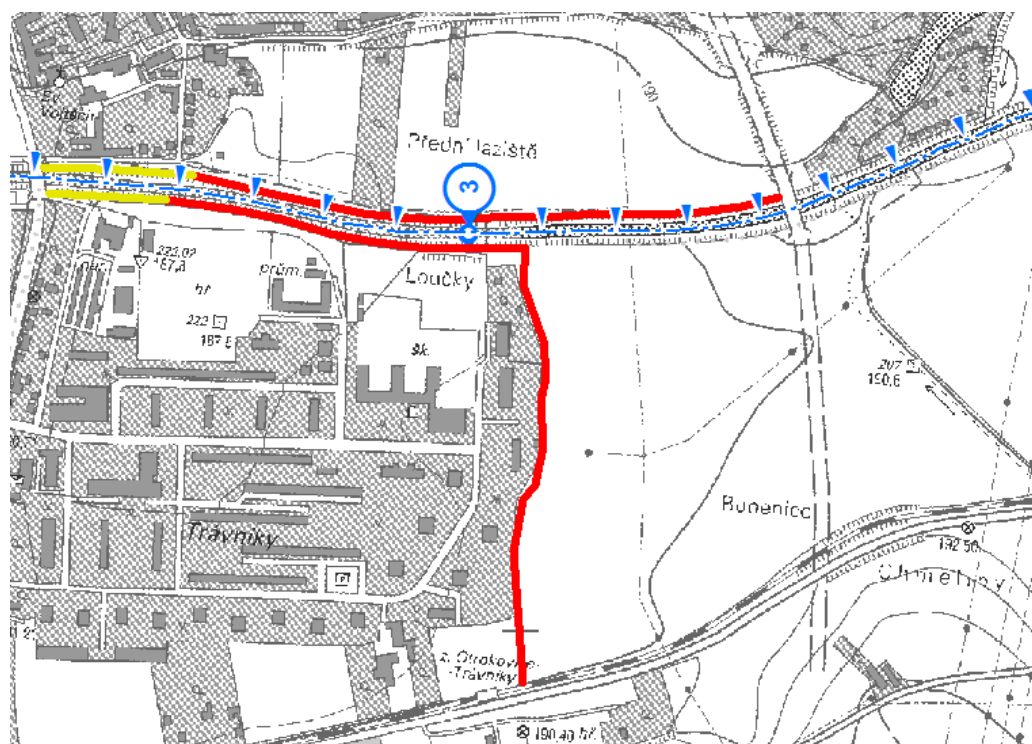
Na řešeném území toku Dřevnice dle výsledků rizikové analýzy lze říci, že okolo 20% **mostů** je nevyhovujících. Za nevhodné objekty se považují ty, které mají v průtočném profilu různé podpěrné a dělicí konstrukce, na nichž se mohou zachytávat plovoucí předměty a objekty. Naplaveniny způsobují zúžení půdních průtočných profilů a také velké vzduť nad nevyhovujícími objekty [42]. Proto by bylo také doporučeno provést rekonstrukci těchto objektů, které jsou vepsány níže. Dle publikace [42] je těchto mostů všem více. Zhruba kolem 15. Do diplomové práce ovšem uváděny nejsou, jelikož nebylo zjištěno, jakým způsobem a na základě jakých hodnot byla jejich kapacita vypočtena. Rozdílnost těchto hodnot může být způsobena nepřesností 1D podkladů. Byla by potřeba se podívat do tohoto výpočtu, který nemám k dispozici, na základě jakých vstupních podkladů byl proveden výpočet a jak proběhl. K přesnému určení těchto nekapacitních mostů, by bylo vhodnější provést nové 2D numerické modelování.

Tabulka 7.1 Výpis nekapacitních mostů

Pořadové číslo	Staničení	Objekt na toku
1	5,586	silniční most u ČOV
2	6,915	Silniční most Tečovice - Malenovice
3	10,817	vlečkový most
4	12,450	Silniční most malý - Čepkovský
5	13,233	silniční most Cigánovský

V rámci multikriteriální rizikové analýzy a jejích výsledků, byly zvoleny oblasti, které by bylo potřeba prioritně chránit. Ovšem v řešené lokalitě je problém stísněných poměrů zástavby podél toku. Zkapacitnění koryta bez zásahu do břehových porostů a okolní zástavby je velmi obtížné, nelze tedy tento problém řešit jiným způsobem, než výstavbou **protipovodňových zdí** na břehové hraně jak stabilních (materiál železobeton), tak mobilních (materiál hliník). Některé plochy na katastrálním území Otrokovice, jsou již chráněny

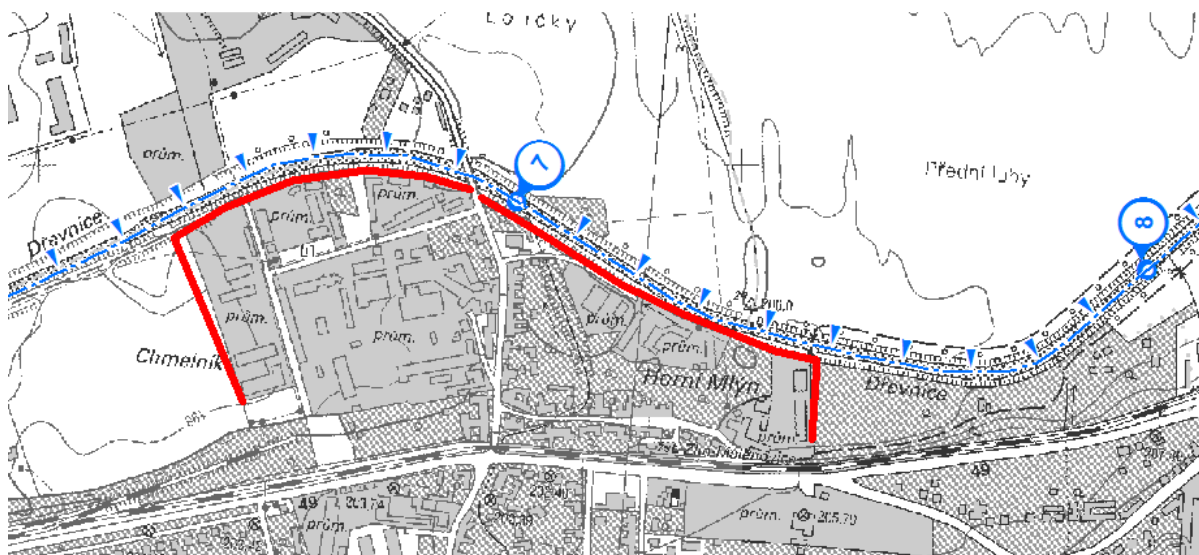
protipovodňovými zdmi, které mají výšku 2 m. Ovšem navazují na ně nekapacitní protipovodňové hrázky. Tudíž navrhuji odstranění stávajících hrázek a vystavění nových stabilních zdí (červené vyznačení), které budou navazovat na stávající zdi (žluté vyznačení) ve stejné výšce 2 m. Navýšení hrází bych nedoporučila z toho důvodu, jelikož by jejich záměr více vstupoval do pozemků, což by mohlo být pro vlastníky pozemků nežádoucí. Na levém břehu by nově vystavěná zeď o délce 1300 m byla navázána na stávající zeď a vedla dále podél zástavby a byla navázána do násypu železniční tratě. Na pravém břehu by se tato zeď o délce 1000 m navázala taktéž na stávající zeď a zavázala by se až do dálničního mostu. Plochy určené k inundaci jsou dle ÚPD kategorizovány jako stávající zeleň, tudíž stavba levobřežní zdi může vést kolem stávající zástavby, jelikož není v plánu tuto plochu dále zastavovat viz *Obr.7.5*. Toto místo je ovšem problematické, jelikož o 2 km dále se řeka Dřevnice vlévá do řeky Moravy a jejich soutok má na tento úsek velký vliv. Doporučila bych tedy pro tuto oblast vyhotovit nové 2D numerické modelování, na základě kterého by se zpřesnila protipovodňová ochrana.



Obrázek 7.5 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Otrokovice (dle osy toku LB km 2,600 – 3,430; PB km 2,620 – 3,430)

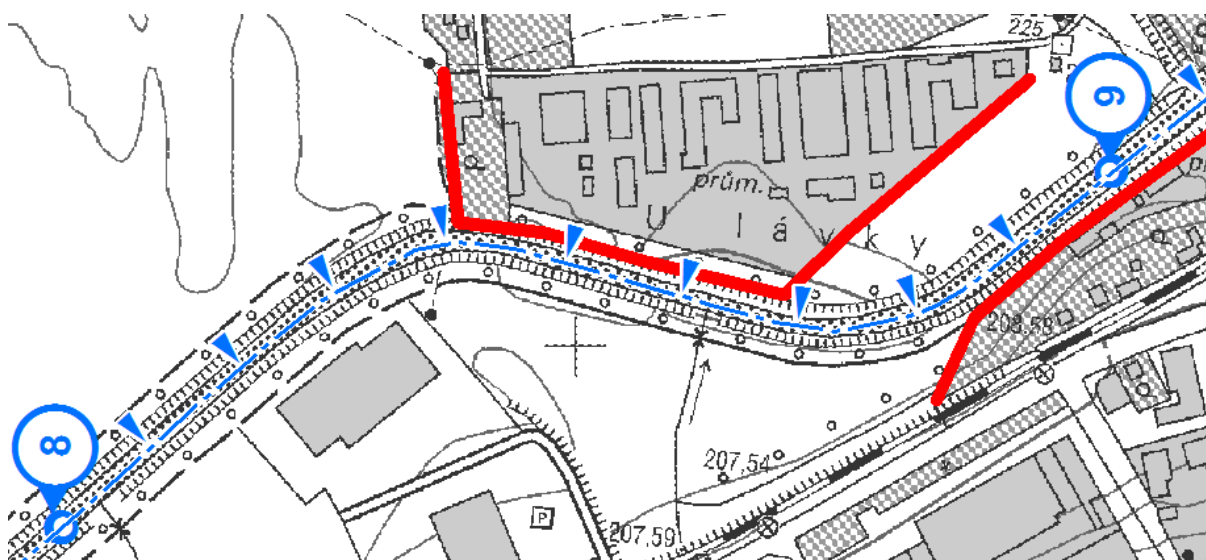
Další výstavba protipovodňových zdí je doporučena v průmyslové zóně, kde by tyto zdi mohly plnit funkci taktéž protihlukovou. Jedná se o místa na katastrálním území Malenovice u Zlína, Louky nad Dřevnicí, Prštne a Zlín. Výška těchto hrází je navrhnutá 2 m a zavazují se do pilířů mostů. Na *Obr.7.6*, je zobrazen návrh protipovodňových stabilních zdí na katastrálním území Malenovice. Levobřežní zeď vede podél areálu v délce 1350 m a výšce 2 m. Zhruba v polovině hráze je silniční most, v tomto místě by se tedy zeď přerušila a

zavázala do pilířů mostu. Jelikož zasažení hloubkou vody při povodni Q100 v tomto areálu není vysoké, předpokládaný rozliv by zůstal v okolním inundačním území. Dle ÚPD je, v těsné blízkosti tohoto areálu návrh, pro výrobní plochy. Tato návrhová plocha je zasažená a je nutné zvážit její další využití.



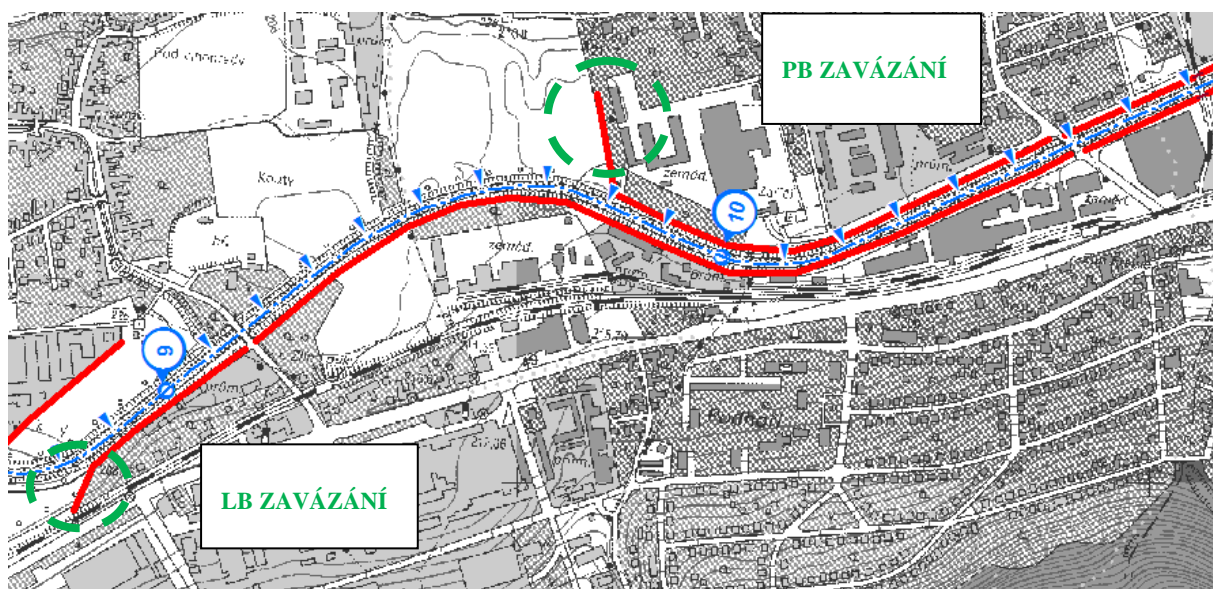
Obrázek 7.6 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Malenovice (dle osy toku LB km 6,650 – 7,480)

Na Obr.7.7, je zobrazen návrh protipovodňových stabilních zdí na katastrálním území Louky nad Dřevnicí. Tato pravobřežní zeď chrání průmyslový areál před možnými povodněmi a umožňuje vylití povodňového průtoku do inundačního území. Zeď vede podél tohoto průmyslového areálu v délce 700 m a výšce 2 m.

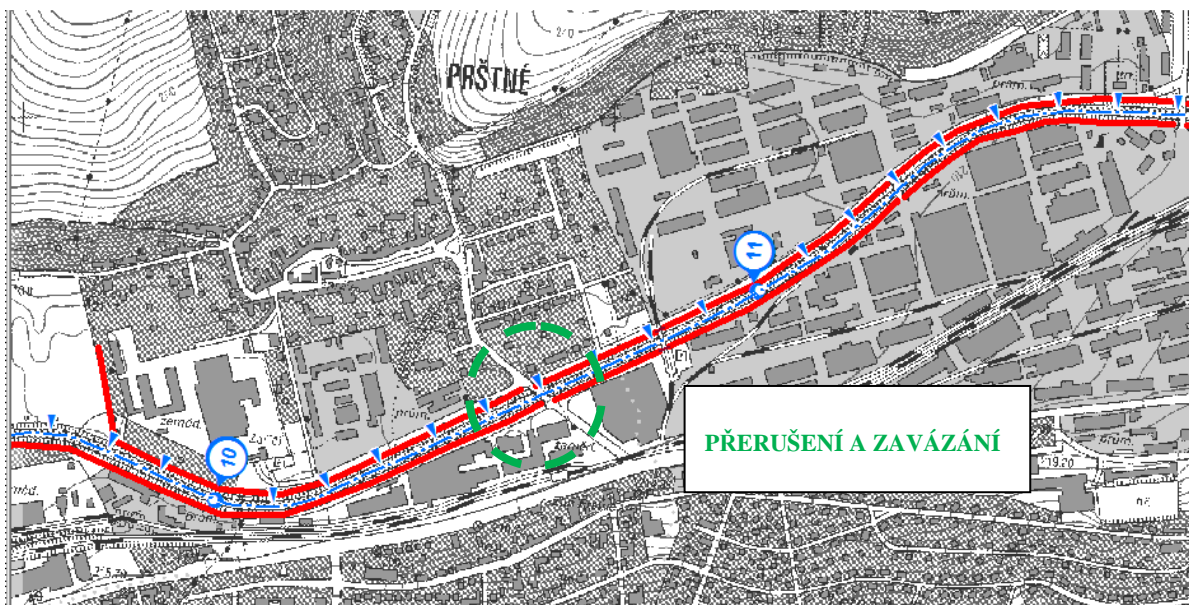


Obrázek 7.7 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Louky nad Dřevnicí (dle osy toku PB km 8,400 – 9,000)

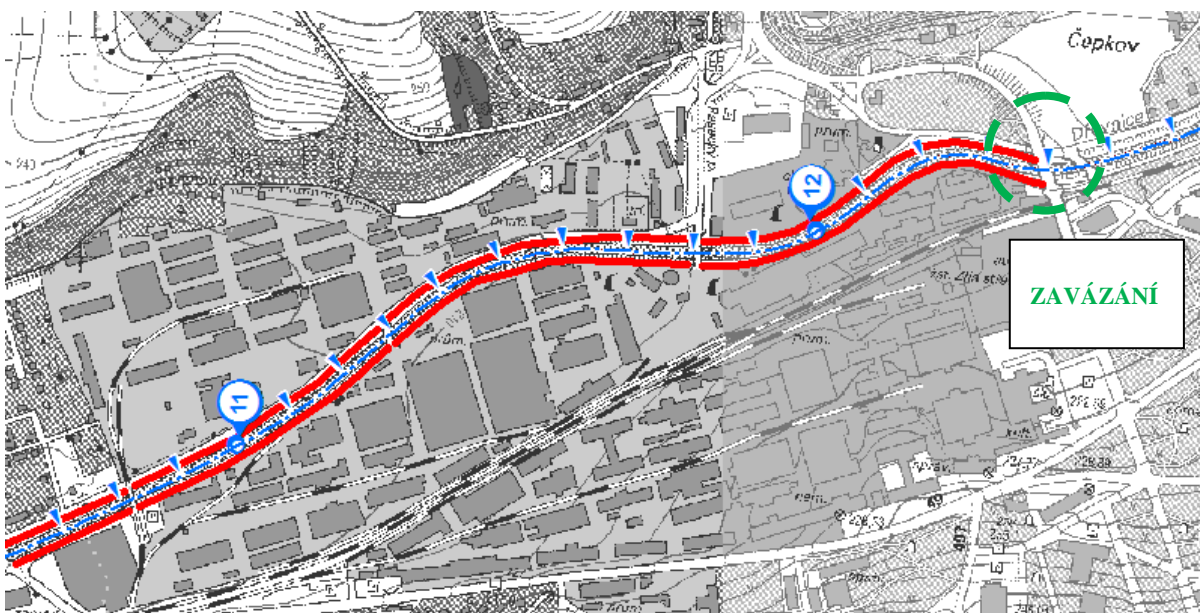
V následujících *Obr. 7.8*, *Obr. 7.9* a *Obr. 7.10* je zaznačena výstavba protipovodňových stabilních zdí na katastrálním území Prštne a Zlín. Tyto zdi jsou v délce celé průmyslové zástavby, která začíná v katastrálním území Prštne a končí v katastrálním území Zlína. Na *Obr.7.8* vidíme začátek levobřežní hráze, která je zavázána dle osy v km 8,850 do násypu železniční tratě a pokračuje až do km 12,390, kde je zavázán do silničního mostu Jižní svahy (*Obr.7.10*). Ovšem v místech výskytu mostů, mezi začátkem a koncem této zdi (*Obr. 7.9*), jsou zdi přerušeny a zavázány do příslušných mostů. Celá délka levobřežní zdi činí 3400 m a výška činí 2 m. Pravobřežní hráz dle *Obr. 7.8*, *7.9* je zavázána dle osy v km 9,800 podél začínající průmyslové zóny tak, aby umožnila vylití povodňového průtoku do inundačního území, ale zároveň zabránila zpětnému zaplavení průmyslové zóny. Konec této zdi se zavazuje taktéž do silničního mostu Jižní svahy v km 12,390 (*Obr.7.10*) a stejně jako u levobřežní zdi se v místech výskytu mostů, mezi začátkem a koncem (*Obr. 7.9*), zdi přerušují a zavazují do příslušných mostů. Její délka činí 2700 m o výšce 2 m. Pohled na celou délku protipovodňových stabilních zdí v průmyslové zóně je zobrazen na *Obr. 7.11*.



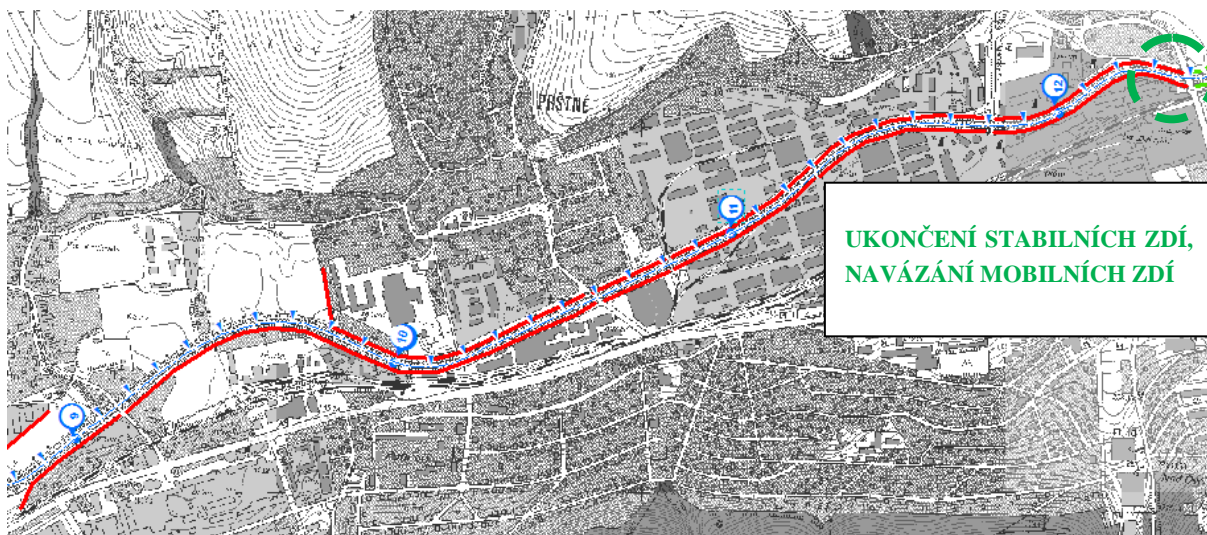
Obrázek 7.8 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Prštne (dle osy toku LB km 8,700 – 12,390; PB km 9,800 – 12,390)



Obrázek 7.9 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Prátné (dle osy toku LB km 8,700 – 12,390; PB km 9,800 – 12,390)

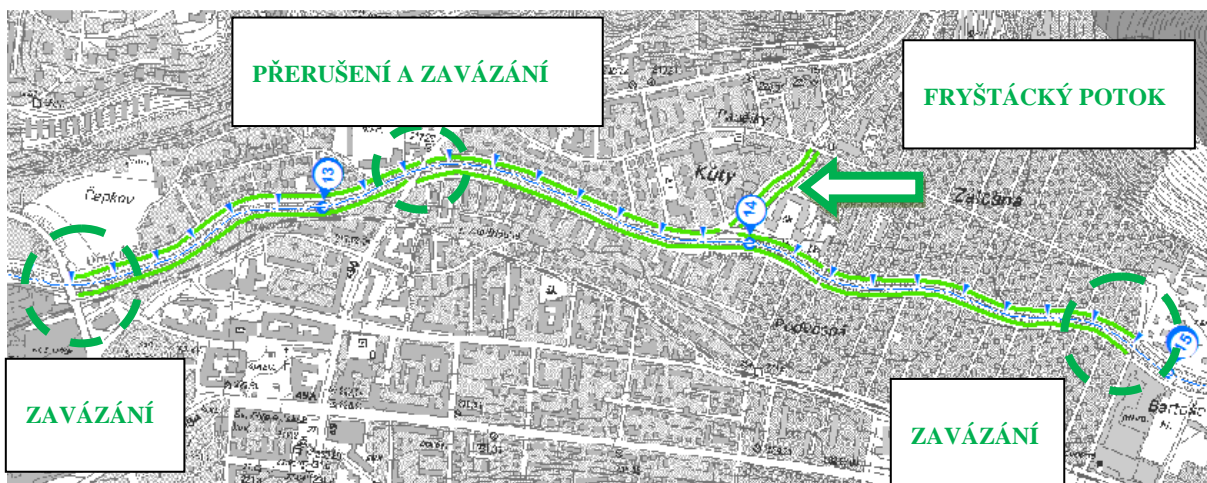


Obrázek 7.10 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Zlín (dle osy toku LB km 8,700 – 12,390; PB km 9,800 – 12,390)



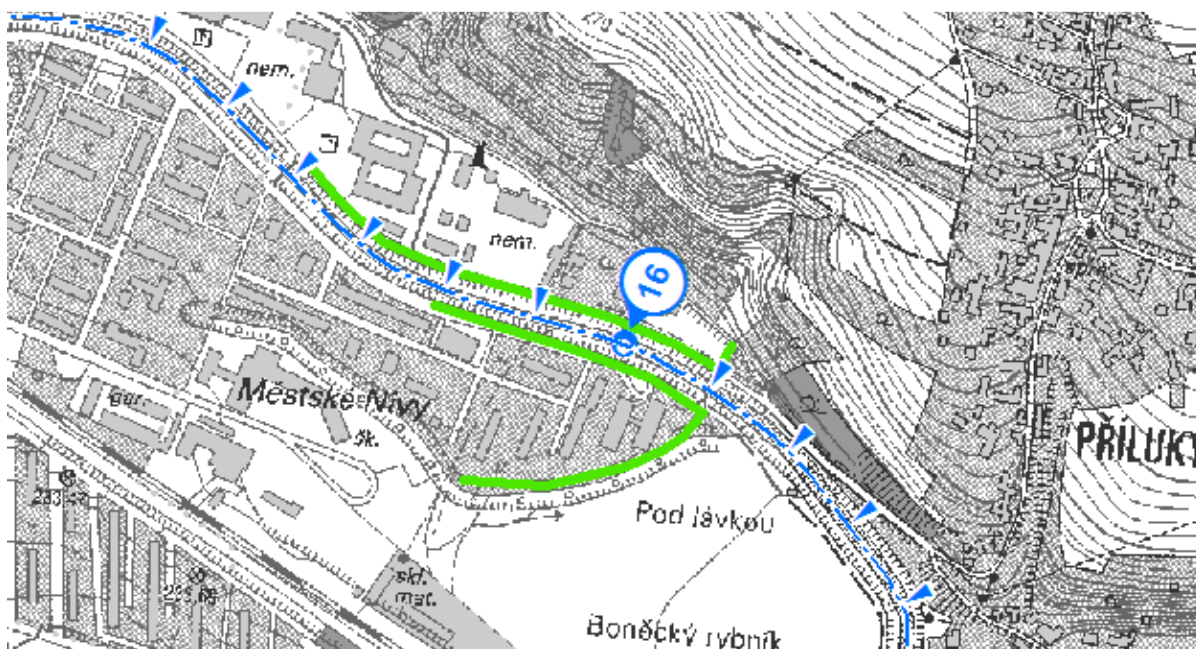
Obrázek 7.11 Pohled na celou délku protipovodňových stabilních zdí v průmyslové zóně (dle osy toku LB km 8,700 – 12,390; PB km 9,800 – 12,390)

V městské části Zlína byla ochrana zvolena mobilními protipovodňovými zdmi Obr. 7.12 a 7.13. Ochrana zde je z důvodu, že se jedná o zastavěnou část města v plochách bydlení, smíšených ploch a občanské vybavenosti. V tomto místě se zvolily mobilní zdi (zelené označení), z důvodu stísněných prostorů a nevhodnosti stabilních zdí. Navržené mobilní zdi zde volně navazují na stávající zdi, které jsou v průmyslové zóně města viz Obr.7.11. Na Obr.7.12 je patrné jejich umístění jak na levobřežní části, tak na pravobřežní části. Základ pro tyto mobilní zdi bude do výšky terénu. Začátek levobřežní i pravobřežní části začíná zavázáním do silničního mostu Jižní svahy a pokračuje po silničním mostu u nemocnice v km 14,909, u kterého jsou ukončeny. V místech výskytu mostů, se stejně jako stávající zdi i mobilní zdi přerušují a zavazují do příslušných mostů. Levobřežní mobilní zeď je o celkové délce 1600 m a výšce 2 m. Pravobřežní zeď je rozdělena do dvou částí, které rozděluje přítok Fryštáckého potoka. První část mobilní zdi má délku 1500 m a průměrnou výšku 2 m. Druhá část má délku 900 m a výšku taktéž 2 m. Zdi jsou také navrhnuty podél Fryštáckého potoka po obou březích se zavázáním do mostů. Délka levobřežních mobilních zdí je 250 m s výškou 1,5 m a pravobřežní mobilní zeď je 250 m dlouhá a 1,5 m vysoká.



Obrázek 7.12 Umístění nových protipovodňových mobilních zdí v katastrálním území Zlín (dle osy toku LB km 12,390 – 14,909; PB km 12,390 – 14,909)

Na konci vybrané lokality pro diplomovou práci, bych navrhla mobilní opatření po obou březích. Dle Obr.7.13 je na levém břehu zvolena mobilní zeď se zavázáním podél zástavby do skrytých zděří na začátku i konci, aby se zamezilo vtoku do zástavby. Zeď je navrhována o délce 550 m s výškou 1,5 m. Na pravém břehu bych zvolila mobilní protipovodňovou zeď v délce 550 m a výšce 1,5 m. Její zavázání by bylo ovlivněno na začátku lávkou a na konci zástavbou areálu. Opět v těchto místech by byly slupice ukotveny do zděří. Jelikož se jedná o nemocniční areál, zvažovala bych v celé délce nemocničního areálu výstavbu stabilních zdí.



Obrázek 7.13 Umístění nových protipovodňových mobilních zdí v katastrálním území Zlín (dle osy toku LB km 15,800 – 16,100; PB km 15,600 – 16,100)

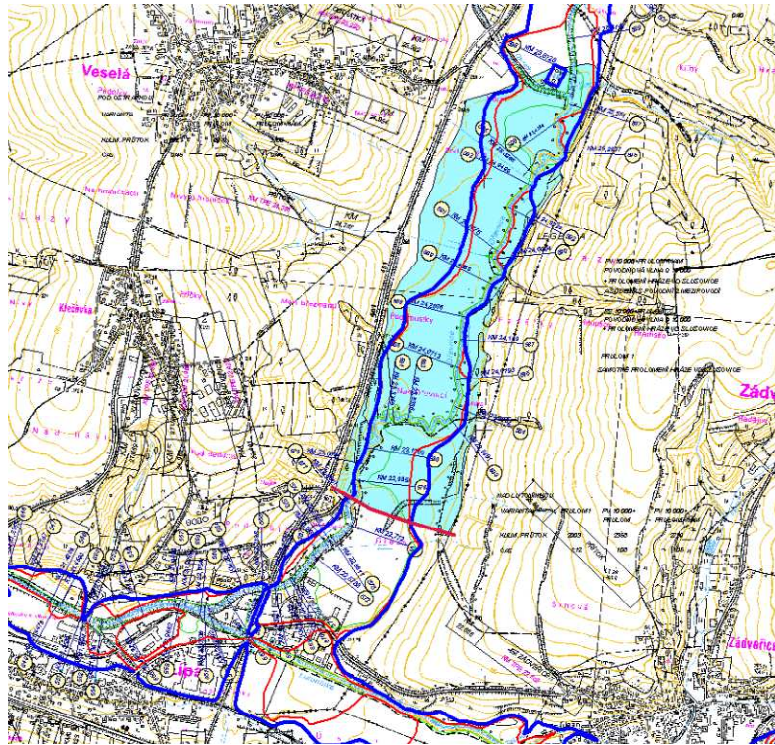
Abychom zjistili do jaké míry toto protipovodňové opatření je účinné, provedlo by se nové 2D numerické modelování. Zjistilo by se tedy, jak se povodňová vlna chová. Zda dojde k rozlítí pouze do určených inundačních míst a zda ideový návrh určené oblasti ochrání.

7.3.4 Zhodnocení ideového návrhu

Tenhle ideový návrh je proveden za předpokladu, že by nedošlo k výstavbě poldrů. Volba výstavby poldrů by byla vhodnější, než výstavba zdí, z důvodů výšky a délky zdí. Problémy by vznikali u mobilních protipovodňových zdí, jelikož při tak velké délce a výšce by byl problém s jejím časem vystavení a i celkovým uskladněním. Dále po estetické stránce tato volba také není vhodná. Proto bych řešila variantu, která se nevztahuje ke zvolenému území, ale bude mít na něj velký vliv. A to výstavbou suchého poldru. V publikaci [42] byla doporučena výstavba poldru na katastrálním území Veselá na toku Dřevnice pod Slušovicemi. Potenciální retenční nádrž by měla být o objemu 5 mil. m³ a vyřešila by protipovodňovou ochranu zbývajících nekapacitních úseků ve Zlíně. Bylo by ovšem vhodné provést 2D numerické modelování, pro přesné stanovení vlivu tohoto poldru na řešenou oblast. V následujícím *Obr.7.14* je vyznačeno potenciální umístění tohoto poldru a v *Obr.7.15* je z publikace [42] zobrazeno podrobnější umístění.



Obrázek 7.14 Umístění suchého poldru



Obrázek 7.15 Detail místa pro suchý poldr [42]

8 ZÁVĚR

V diplomové práci byla na základě dostupných podkladů, provedena Multikriteriální riziková analýza na vybrané lokalitě toku. Řešeným územím byla část řeky Dřevnici v km 2,340 – 16,633 na základě dostupných podkladů. Multikriteriální analýza byla provedena metodou PROMETHE II. Tato metoda byla vybrána z toho důvodu, jelikož umožňuje analýzu povodňových rizik v odlišných jednotkách, v našem případě [Kč/m²], [poč. osob], [poč. objektů], [poč. zdrojů]. Závěr byl rozdělen do několika částí, dle posloupnosti zpracování.

8.1 RIZIKOVÁ ANALÝZA

Multikriteriální analýze předchází Riziková analýza na této lokalitě, pomocí programu ArcGis 10.1. Tato analýza se provádí pro povodňové scénáře Q5, Q20, Q100, Q500 a je shrnuta v následujících podkapitolách.

8.1.1 Úprava podkladů

Jako první bylo potřeba shromáždit potřebné podklady různých typů a forem. Například lze zmínit výsledky 1D numerického modelování, mapové podklady a jiné. Některé podklady bylo nutné upravit, nebo dále zpracovat. Jako první byl poupraven podklad z 1D numerického modelování [7] o velikosti buňky 10 x 10m. Pro Multikriteriální analýzu by bylo vhodnější pracovat s rastrovými daty o velikosti 2 x 2m, ale bohužel nebyly k dispozici. Tyto data obsahují v každé buňce příslušnou informaci, v našem případě informace o hloubkách a rychlostech v příslušných *N*-letých scénářích v daném úseku. Rastry byly upraveny tak, že tzv. „NODATA“ byla převedena na tzv. „nenulové“ hodnoty a ty se následně ořízly. Dále se upravovala ÚPD, která byla poskytnuta ve formátu *shp., jelikož nebyla v aktuální verzi. Tuto verzi bylo potřeba poupravit dle aktuálního formátu *pdf, který byl k dispozici na stránkách Zlínského kraje. Poté byly vyhotoveny mapy nebezpečí v daných scénářích, mapa ohrožení a mapa rizika, které byly podloženy základní rastrovou mapou ČR v měřítku 1: 10 000.

8.1.2 Mapy povodňového nebezpečí

Mapy povodňového nebezpečí jsou podmíněny hloubkami a rychlostmi vody *N*-letých scénářích, dle výpočtového vztahu (5.1). Rychlosti zde významně výsledek neovlivnili, jelikož při zobrazení rychlostí větších než 1 m/s se plochy zobrazili pouze v korytě, nikoli v inundačním území. Samotné nebezpečí je zde rozděleno dle [26]. Po zpracování map nebezpečí bylo zjištěno, že vstupní rastry hydraulických výsledků [7] nebyli optimální. Zejména v rastru Q500 byly objeveny ostrůvky nekontinuálního rozlité, které byli v rámci jednoho či více pixelů. Pravděpodobná příčina, bude nepřesností digitálního modelu terénu

(DMT), ze kterého byly hloubky vytvořeny. Tyto chyby byly opraveny, ovšem bylo by vhodné provést 2D numerické modelování, nebo mít lepší DMT.

8.1.3 Mapa ohrožení

Mapa povodňového ohrožení je výsledkem maximálního ohrožení daných N-letých scénářů. Je vytvářena pomocí kategorie ohrožení a daného barevného rozlišení – červená (vysoké ohrožení), modrá (střední ohrožení), oranžová (nízké ohrožení) a žlutá (reziduální ohrožení). Díky této mapě bylo zjištěno, že řešená oblast je chráněna před povodňovými průtoky Q5, Q20, jelikož v minulosti zde již byla provedena protipovodňová opatření jako reakce na povodně v roce 1997. V mapě můžeme pozorovat, že vysoké a střední ohrožení je tvořeno převážně scénářem Q100. U výsledné mapy ohrožení byly ještě provedeny korekce, tak jak je uvedeno v metodice. Tedy došlo k vyretušování oblastí, kde například uprostřed vysokého rizika byla malá oblast, velikosti 1 až několika pixelů, středního ohrožení či naopak.

8.1.4 Mapa rizika

Mapu povodňového rizika získáme překrytím mapy povodňového ohrožení a ÚPD, tedy informacemi o kategorii zranitelnosti. Tato výsledná mapa znázorňuje územní celky, na kterých bylo překročeno přijatelné riziko. Tyto vzniklé ohrožené plochy, nemůže ovšem ještě považovat za hotové. Je třeba upravit ohrožení v místech, kde je územní celek označen například pouze jedním pixelem ohrožení a nezasahuje do části budov. Úprava spočívá v odstranění těchto oblastí. Upravené polygony využití z ÚPD, bylo následně vyznačeno specifickým označením fáze dle metodiky [26] na: stav, návrh, popřípadě výhled. V našem případě se ovšem návrhové plochy nevyskytovali. Tyto jednotlivé fáze dále rozdělujeme dle metodiky [20] na kategorie zranitelnosti území. Tedy na bydlení, míšené plochy, občanská vybavenost, technická infrastruktura, dopravní infrastruktura, výrobní plochy a sklady, sport a hromadná rekreace. Je zde také důležité brát v potaz citlivé objekty. Několik těchto objektů se vyskytuje v rizikové oblasti a jsou dle metodiky [26] rozděleny následovně: školství, zdravotnická a sociální péče, policie – armáda – hasičský záchranný sbor, nemovitá kulturní památka, energetika, vodohospodářská infrastruktura a zdroje znečištění. V našem případě se v rizikové oblasti vyskytují objekty školství, hasičský sbor a energetika (RWE). Na územních celcích, kde je povodňové riziko vyšší než přijatelná míra, je třeba povodňové riziko snížit na přijatelnou hodnotu. V mapě je tedy pozorovatelné, že by bylo potřeba zabránit vysokému ohrožení na katastrálním území v Otrokovicích. Dále ochránit průmyslovou zónu, která začíná na katastrálním území Malenovice přes Louky nad Dřevnicí, Prštné a končí v katastrálním území Zlín a v neposlední řadě také městskou část Zlína. Toho se dosáhne vhodnou výstavbou protipovodňového opatření, viz kapitola 7.3.3.

8.2 MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA

Multikriteriální analýza pro zadanou lokalitu byla provedena, již zmíněnou metodou PROMETHEE II a to pomocí programů Microsoft Office Excell 2007, MCDA a ArcGis 10.1.

8.2.1 Stanovení vah

Pro toto stanovování je mnoho variant, které jsou stručně popsány v kapitole 6.2.1. Tyto varianty byly vyzkoušeny a jejich výsledky byly velmi podobné. Ovšem lze použít jen jednu z nich. Použita tedy byla poměrně jednoduchá metoda Saatyho matice, jelikož její stanovování je nejvhodnější pro použití do diplomové práce. Je stanovena na principu kvantitativního párového srovnávání, která využívá hodnotící stupnici. Obvykle se toto stanovování provádí v týmu expertů, kteří dle svých priorit přiřadí jednotlivé váhy kritériím a tyto výsledky se následně zprůměrují. Jelikož tato práce byla vyhotovována pouze jednou osobou, přiřazení vah je subjektivní dle preferencí zhotovitele.

8.2.2 Hodnotící kritéria

Mezi tyto hodnotící kritéria patří škoda na majetku, dotčení obyvatel, kulturní památky a zdroje znečištění. Škody na majetku byly provedeny dle metodiky [26] pro všechny N -leté scénáře. Dotčení obyvatel bylo získáno vynásobením hodnot vrstvy Budovy s číslem domovním (formát *.shp.) k dispozici na stránkách Registru sčítání obvodů a budov a vrstvy CENIA_OBYV_BYT (formát *.shp.), která je k dispozici na geoportálu CENIA. Kritérium kulturních památek ovšem nebylo k dispozici. V rámci hledání na webových stránkách bylo ohledáno několik objektů. Ani jeden z nich se však nevyskytoval v zasaženém území, tudíž se do multikriteriální analýzy nezapočítávaly a pro toto kritérium byla dosažena nulová hodnota. Bylo by vhodné, toto kritérium zpracovat a výsledky uvést například u některých z příslušných orgánů. Pro zdroje znečištění byl stáhnut soubor ve formátu *.dbf ze stránek www.povis.cz. Tyto objekty byly vytvořeny do požadovaného formátu *.shp a použity pro analýzu. Jelikož k analýze je nutná průměrná roční hodnota každého hodnotícího kritéria, je nutné provést integraci těchto hodnot v N -letých scénářích a to pomocí lichoběžníkového pravidla v závislosti na příslušné pravděpodobnosti. S takto připravenými hodnotícími kritérii se může přejít k řešení metody PROMETHEE II.

8.2.3 Metoda PROMETHEE II

Jak již bylo zmíněno, analýza byla provedena metodou PROMETHEE II, jejímž výsledkem je tzv. čistý tok, který udává žebříček funkčních ploch ÚPD od nejohroženějších po nejméně ohrožené. Vstupem byla vytvořená tabulka v excelu, jelikož program MCDA, ve kterém je tato analýza prováděna, s tímto programem úzce spolupracuje. Tabulka je tvořena identifikátorem pro přiřazení k polygonům funkčních ploch ÚPD, kritérii, přiřazenými váhy a

výběrem preferenčních funkcí. V programu se zvolí pouze metoda řešení a vloží se vytvořená tabulka. Program nám porovná varianty na základě vah a kritérií. Následně nám poskytne výsledek, který si převedeme opět do excelu a následně připojíme do programu ArcGis. V tomto programu provedeme úpravy barevné škály a tím provedeme výslednou mapu čistého toku. Bylo zvoleno 5 kategorií barev, kdy každá udává určitý interval hodnoty čistého toku. Pro tento zvolený interval a i zvolené barvy není nijak dána metoda, která by udávala interval či škálu barev. Závisí tedy na tvůrci map, pro jaké toto vykreslování se rozhodne. 5 kategorií zde bylo vybráno z důvodu přehlednosti mapy, aby pro každého člověka bylo hned jasné, které plochy jsou nejvíce zasaženy (barva červené) a které naopak nejméně zasaženy (barva zelená). Do budoucna bych doporučila zpracovat rešerši a vytvořit metodiku, nebo doplnit stávající metodiku. Ovšem informace čistého toku samy o sobě, neudávají vypovídající hodnotu. V rámci práce jsem se tedy rozhodla, stanovit k intervalům stupeň zasažení u jednotlivých funkčních ploch. A to dle míry tohoto zasažení. Tedy minimální zasažení, menší zasažení, střední zasažení, vyšší zasažení a vysoké zasažení. Pomocí těchto stupňů, jsou zjednodušeny a zpřehledněny výsledky z metody PROMETHEE II. Z výsledné mapy (B.9) je pozorovatelné, kterým územním celkům je třeba věnovat zvýšenou pozornost z důvodu povodňového rizika. Tedy které oblasti je třeba prioritně chránit a navrhnout pro ně přiměřená protipovodňová opatření. Nebo například v místech, kde jsou výhledové či návrhové stavy ÚPD, je třeba nedoporučit budoucí výstavbu, z hlediska stupně zasažení při povodni.

V rámci této práce byly vyhotoveny ještě dvě mapy (B.10, B.11) s průměrným ročním výskytem škod při povodni a s průměrným ročním zasažením osob při povodni a. Jsou to tedy mapy našich vstupujících kritérií. Zvoleny byly pouze dvě kritéria z toho důvodu, že hodnoty kulturních objektů a zdrojů znečištění v této analýze nehrají buďto žádnou a anebo velice malou roli. V těchto mapách je tedy umožněn přehled daných kritérií zvlášť a je možno je porovnávat mezi sebou, jelikož ne každý je zastáncem stejného kritéria.

Jako závěrem pro toto vyhodnocení by se dalo říci, že nejvíce ohrožené plochy multikritériální analýzy metodou PROMETHEE II, vyšly podobně jako plochy v riziku. Z mého hlediska tedy funkčnost této analýzy je jistě přínosná pro rozšíření rizikové analýzy, ovšem doporučila bych její rozvětvení v rámci doporučení kategorizace, intervalů a jejich stupni zasažení. Také by bylo vhodné provést rešerši na chování preferenčních funkcí a jejich vlivu na daný problém.

8.2.4 Ekonomická efektivnost

V návaznosti na míře zaplavení N -letých scénářů, bylo spočteno hodnocení ekonomické efektivnosti. V tomto výpočtu se vycházelo pouze ze stávajícího stavu, jelikož diplomová práce se nezabývá přímým návrhem PPO a jeho následným posouzením. V diplomové je pro PPO navrhnout pouze ideový návrh. Samotné ekonomické efektivnosti

předcházet výpočet průměrného ročního rizika pro výskyt škod, který se počítá pro stav před a po realizaci PPO. Průměrné roční riziko, pro stav před realizací PPO, bylo vypočteno z hodnot škod v N -letých scénářích, v závislosti na jejich pravděpodobnosti a zasažení. Výsledné hodnoty se zintegrovali pomocí lichoběžníkového pravidla a provedla se jejich suma. Výpočet průměrného ročního rizika pro výskyt škod po realizaci PPO neprobíhal stejným způsobem, jelikož stav po realizaci je ve formě ideového návrhu. Výpočet byl tedy proveden na faktu úplného snížení stávajícího povodňového rizika povodňovým průtokem Q100. Výskyt škod při Q5, Q20, Q100 byl stanoven nulově. Ovšem již od Q101 vzniknou škody, které jsou počítány dle stávajícího stavu a jsou rovny Q100. Další krok již byl stejný jako před realizací PPO. Závislost celkového výskytu škod, před realizací PPO a po realizaci PPO, s pravděpodobností, je od povodňového průtoku Q500 konstantní až do povodňového průtoku Q10 000, kdy se jedná o velmi malý přírůstek rizika. A to z toho důvodu, že již při povodňovém průtoku Q500, se jedná o zbytkové riziko. Následně se spočítala ekonomická efektivnost dle výrazů (6.17) – (6.20). Pomocí těchto výpočtu zjistíme, zda jsou investiční náklady efektivní. V našem případě ovšem náklady nebyly stanoveny. Výpočet tedy slouží k orientační představě investiční částky, která ještě splňuje ekonomickou efektivnost. Plnohodnotného výpočtu bychom dosáhli, kdybychom měli k dispozici výsledky 2D numerického modelování pro stav po realizaci PPO. Spočítalo by se průměrné roční riziko pro výskyt škod po realizaci PPO, stejným způsobem jako před realizací. Dále by se stanovil rozpočet pro navržené PPO, pro zjištění investičních nákladů. Na konec by se provedly stejné výpočty ekonomické efektivnosti a hodnoty by se posoudily, jak je zmíněno v kapitole 6.4.

8.3 IDEOVÝ NÁVRH PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ

V rámci provedených map v této práci byl proveden ideový návrh protipovodňového opatření. Vzhledem k tomu, že se z velké části jedná o místa s omezeným přístupem, byla doporučena PPO, která jsou podrobněji uvedena v kapitole 7. Jedná se především o údržbu průtočné kapacity koryta a rekonstrukci několika mostů, které jsou pro oblast nekapacitní. Dále je doporučena výstavba protipovodňových stabilních a mobilních zdí. Návrh stabilních zdí z estetického hlediska není příliš vhodný, byl tedy zvolen v průmyslové zástavbě, kde může sloužit i jako protihlukové opatření. V městské část bylo zvoleno řešení mobilních zdí se základem v rovině terénu, jelikož jiná varianta pro zastavěnou oblast není vhodná. Musíme ovšem dbát na fakt, že výstavba mobilní zdi je časově náročná. Úseky pro navržené mobility mají délku v rozmezích 0,5 - 2 km a výšku 2 m až 1,5 m. Vzhledem k délce, vznikne problém s jejich včasným postavením a jejich uskladněním. Po návrhu PPO by bylo vhodné provést 2D numerické modelování, aby se zjistilo, jaký vliv toto opatření skutečně bude mít pro danou lokalitu. Zda dojde k rozlívání pouze do určených inundačních míst a zda ideový návrh určené oblasti ochrání. Osobně bych se přikláněla k variantě, která sice není v rámci mého úseku, ale vyhnula by se problémům, které vznikají při vystavení těchto zdí a to vystavením

poldru. Dle publikace [42], která se taktéž věnovala tomuto problému, ovšem pro globálnější území než je řešeno v této diplomové práci, je doporučeno vystavení poldru v katastrálním území Veselá pod Slušovicemi. Tento poldr je předběžně navržen na objem 5 mil. m³ a jeho výstavba by zachytila zbývající povodňovou vlnu pro nekapacitní úseky v mé lokalitě. Bylo by ovšem vhodné i pro tento návrh provést 2D numerické modelování pro skutečné zjištění funkce tohoto opatření, tedy do jaké míry ochrání území před povodní.

.....

Bc. Ivana Marková

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 3.1 Mapa zájmového území [2].....	12
Obrázek 4.1 Přehled zjištěného rozsahu záplav za hranicí rozlivu Q100 [41].....	14
Obrázek 4.2 Mapa zájmového území [41].....	15
Obrázek 5.1 Schéma postupu metod matice rizika pro daný scénář nebezpečí [25].....	20
Obrázek 5.2 Matice rizika dle vztahu (5.2) [26].....	21
Obrázek 5.3 Bodové značky pro vyjádření citlivých objektů [26].....	23
Obrázek 6.1 Křivka poškození vyjadřující minimální a maximální míru poškození budov v.33	
Obrázek 6.2 Preferenční funkce č.1 metody PROMETHEE	39
Obrázek 6.3 Ukázka integrace lichoběžníkovým pravidlem.....	41
Obrázek 6.4 Typy preferenčních funkcí.....	43
Obrázek 6.5 Prostředí programu MCDA.....	43
Obrázek 6.6 Tabulka vlastností a způsob vykreslení v programu ArcGis	44
Obrázek 6.7 Kategorie čistého toku pro stupeň zasažení při povodni.....	44
Obrázek 6.8 Graf závislosti hodnoty škody na N-letosti.....	46
Obrázek 7.1 Fotografie protipovodňového hrázkování podél toku Dřevnice v km 16,21 – 18,341	51
Obrázek 7.2 Příklad stabilní protipovodňové zdi [11]	52
Obrázek 7.3 Příklad mobilní protipovodňové zdi [12].....	53
Obrázek 7.4 Příklad kombinované povodňové zdi [13].....	53
Obrázek 7.5 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Otrokovice (dle osy toku LB km 2,600 – 3,430; PB km 2,620 – 3,430).....	57
Obrázek 7.6 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Malenovice (dle osy toku LB km 6,650 – 7,480).....	58

Obrázek 7.7 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Louky nad Dřevnicí (dle osy toku PB km 8,400 – 9,000)	58
Obrázek 7.8 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Prštné (dle osy toku LB km 8,700 – 12,390; PB km 9,800 – 12.390)	59
Obrázek 7.9 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Prštné (dle osy toku LB km 8,700 – 12,390; PB km 9,800 – 12.390)	60
Obrázek 7.10 Umístění nových protipovodňových zdí v katastrálním území Zlín (dle osy toku LB km 8,700 – 12,390; PB km 9,800 – 12.390)	60
Obrázek 7.11 Pohled na celou délku protipovodňových stabilních zdí v průmyslové zóně (dle osy toku LB km 8,700 – 12,390; PB km 9,800 – 12.390).....	61
Obrázek 7.12 Umístění nových protipovodňových mobilních zdí v katastrálním území Zlín (dle osy toku LB km 12,390 – 14,909; PB km 12,390 – 14,909).....	62
Obrázek 7.13 Umístění nových protipovodňových mobilních zdí v katastrálním území Zlín (dle osy toku LB km 15,800 – 16,100; PB km 15,600 – 16,100).....	62
Obrázek 7.14 Umístění suchého poldru	63
Obrázek 7.15 Detail místa pro suchý poldr [42]	64

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.1 N-leté průtoky pro měrnou stanici Zlín.....	11
Tabulka 4.1 Objekty na toku [36].....	16
Tabulka 5.1 Klasifikace ohrožení dle [26]	22
Tabulka 5.2 Přijatelné riziko pro jednotlivé kategorie zranitelnosti území [26].....	22
Tabulka 5.3 Citlivé objekty	23
Tabulka 6.1 Kritéria pro hodnocení povodňového rizika pro stávající stav v záplavových územích a pro návrhový stav po realizaci PPO	27
Tabulka 6.2 Hrubé párové porovnání	30
Tabulka 6.3 Hrubé párové porovnání pro danou diplomovou práci.....	30
Tabulka 6.4 Hodnotící stupnice pro danou diplomovou práci	30
Tabulka 6.5 Obecná Saatyho matice	31
Tabulka 6.6 Saatyho matice pro danou diplomovou práci	31
Tabulka 6.7 Procentuální vyjádření minimálního a maximálního poškození (L) na budovách v závislosti na hloubce zaplavení [26], [34].....	33
Tabulka 6.8 Cenové ukazatele pro budovy pro rok 2010 a jejich odvození pomocí váženého průměru [26].....	34
Tabulka 6.9 Cenové ukazatele pro pozemní komunikace pro rok 2010/II [26].....	34
Tabulka 6.10 Cenové ukazatele pro mosty pro rok 2010/II [26].....	35
Tabulka 6.11 Cenové ukazatele pro inženýrské sítě pro rok 2010/II [26].....	35
Tabulka 6.12 Ceny sportovních povrchů na 1m ² pro rok 2010 [26].....	36
Tabulka 6.13 Přehled jednotkových škod v rostlinné výrobě vztažených na 1 ha obdělávané	36
Tabulka 6.14 Jednotková cena pro škody v průmyslu(C – Zpracovatelský průmysl, D – Energetický průmysl) k posledním známým údajům k roku 2009 [26].....	37
Tabulka 6.15 Příklad vstupní tabulky v programu Microsoft Office Excell.....	42

Tabulka 6.16 Výpočet rizika pro stav před realizací PPO.....	45
Tabulka 6.17 Výpočet rizika pro stav po realizaci PPO.....	46
Tabulka 6.18 Výpočet ekonomické efektivity	48
Tabulka 7.1 Výpis nekapacitních mostů.....	56

11 SEZNAM PŘÍLOH

A. Fotodokumentace

B. Mapové přílohy

B.1 Situace širších vztahů

B.2 Situace přehledná

B.3 Mapa nebezpečí Q5

B.4 Mapa nebezpečí Q20

B.5 Mapa nebezpečí Q100

B.6 Mapa nebezpečí Q500

B.7 Mapa ohrožení

B.8 Mapa rizika

B.9 Čistý tok metody PROMETHE II při povodni

B.10 Průměrný roční výskyt škod při povodni

B.11 Průměrný roční počet osob zasažených při povodni

PŘÍLOHA Č. A

FOTODOKUMENTACE





Foto 001: Dálniční most v km 3,379



Foto 002: Stupeň Kvítkovice - Tečovice v km 3,550



Foto 003: Lávka + plynovod v km 4,128



Foto 004: Výtok z ČOV v km 5,324



Foto 005: Silniční most u ČOV v km 5,586



Foto 006: Silniční most Tečovice - Malenovice v km 6,915

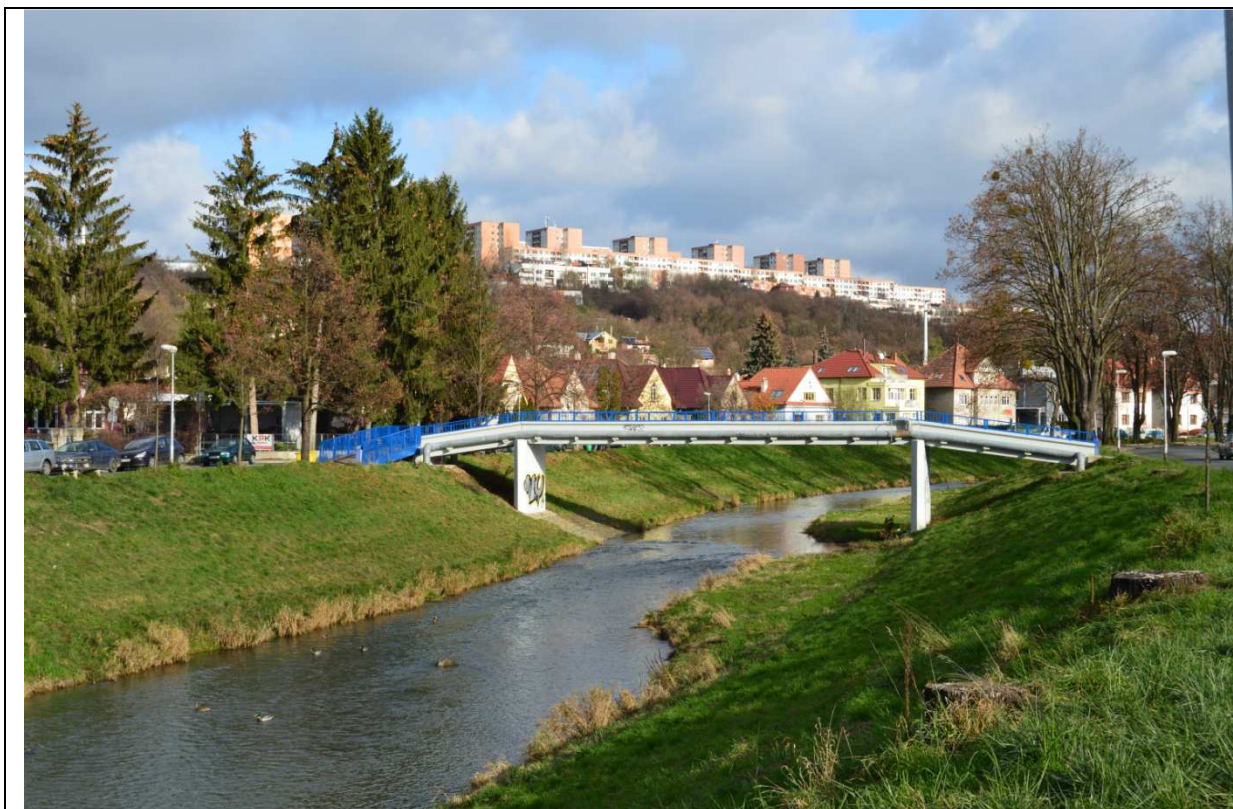


Foto 007: Silniční most v 9,057

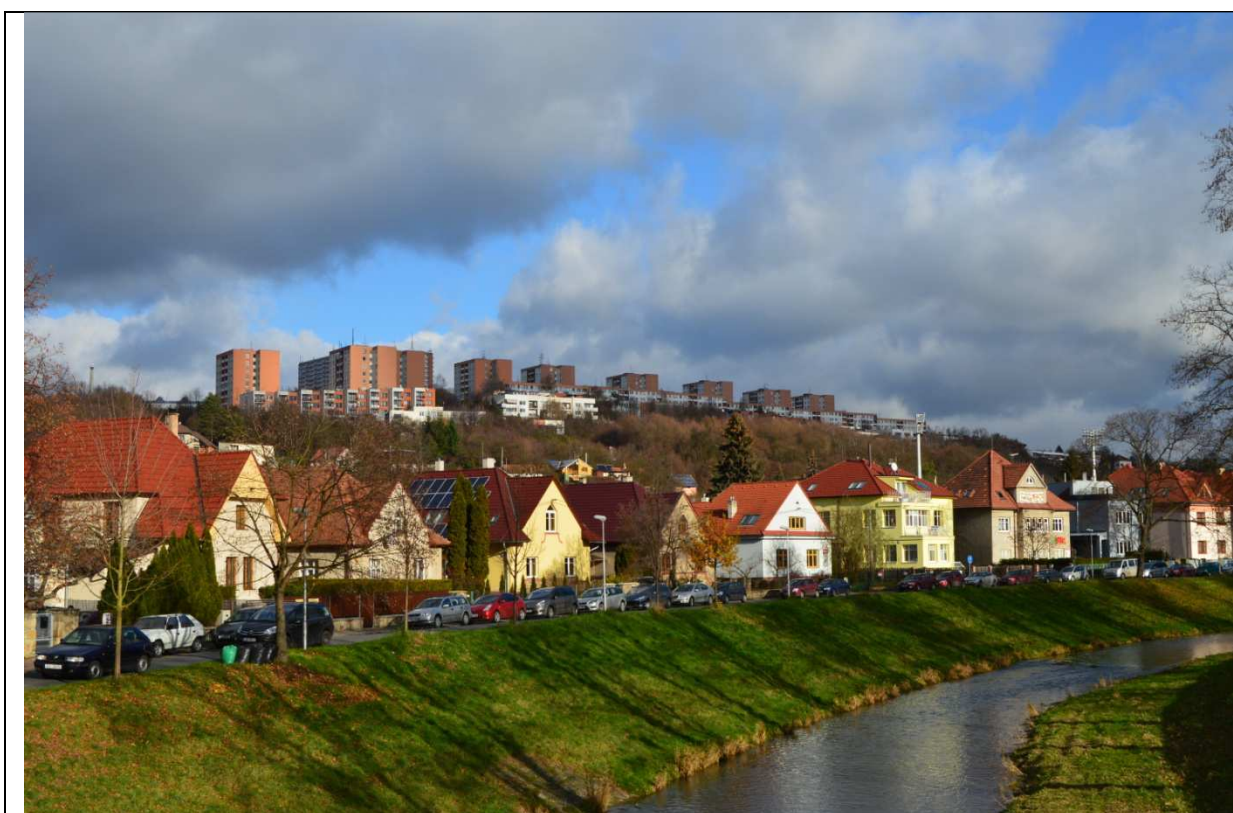


Foto 008: Pohled z mostu v km 9,057

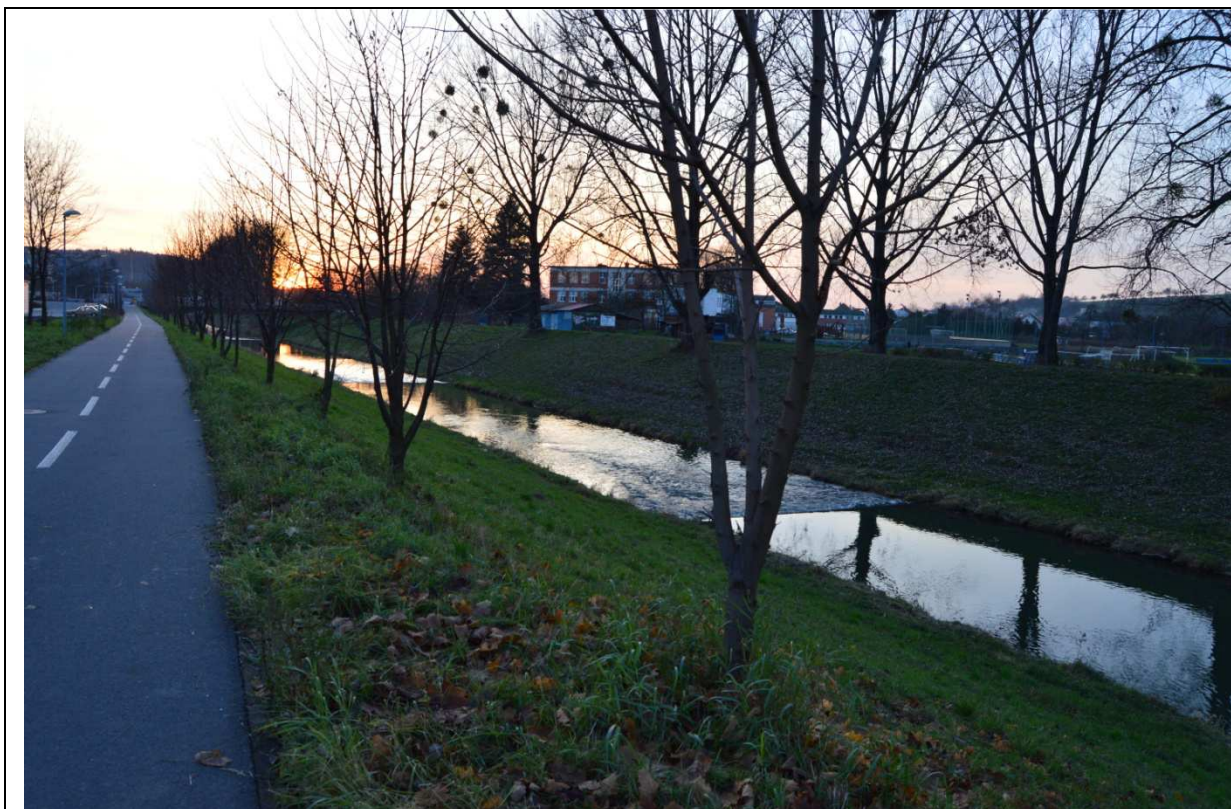


Foto 009: Práh v km 9,075 a 9,197



Foto 010: Jez louky v km 9,398



Foto 011: Jez louky v km 9,398 s výpustí



Foto 012: Lávka v km 9,649



Foto 013: Lávka v km 9,964



Foto 014: Silniční most Prštné v km 10,493



Foto 015: Práh v km 10,605



Foto 016: Vlečkový most v km 10,817



Foto 017: Stupeň Pržtné v km 10,951



Foto 018: Produktovod v km 11,176



Foto 019: Práh v km 11,389



Foto 020: Silniční most Cigánecký v km 13,291



Foto 021: Silniční most Cigánecký v km 13,233 a práh v km 13,337



Foto 022: Most v km 13,233, práh v km 13,337 a limnigrafická stanice v km 13,340

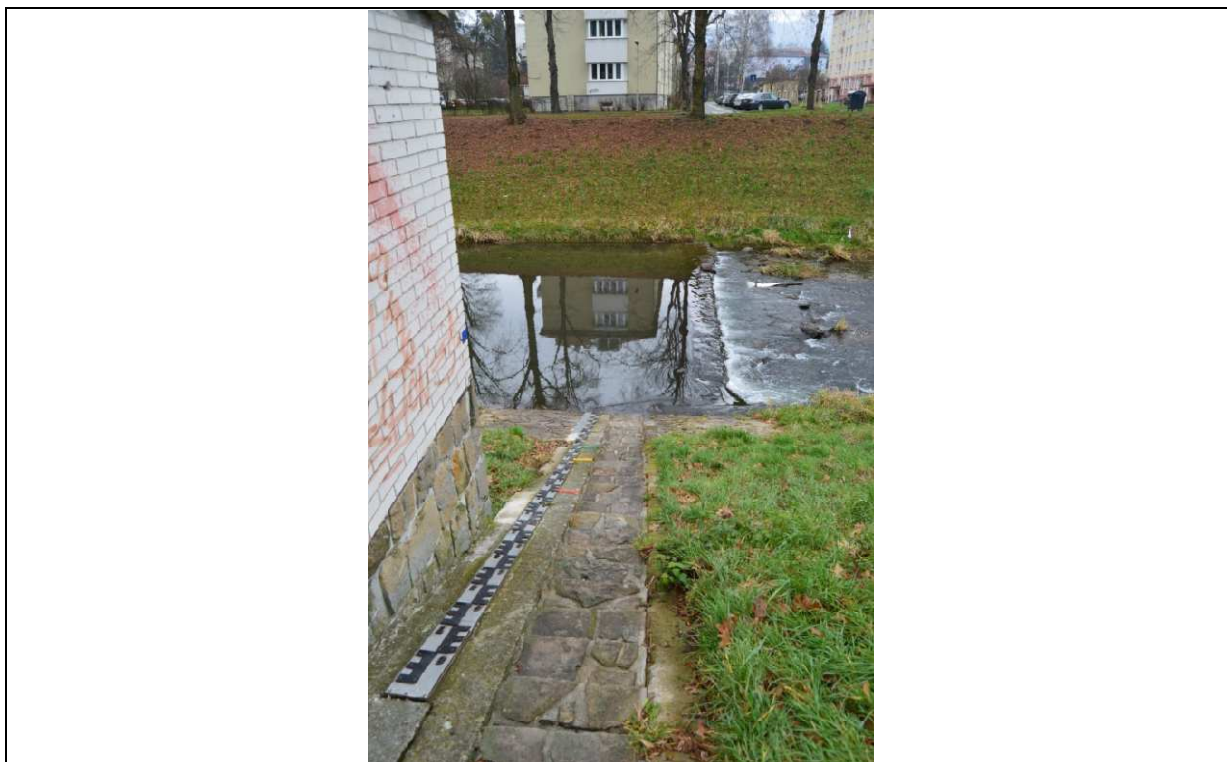


Foto 023: Limnigrafická stanice v km 13,340



Foto 024: Lávka v km 13,613



Foto 025: Lávka v km 13,613



Foto 026: Stupeň v km 13,690



Foto 027: Soutok Dřevnice, Fryštácký potok v km 13,780



Foto 028: Koryto toku v km 13, 770



Foto 029: Silniční most Zálešná-Podvesná a výpust v km 14,082



Foto 030: Jez Podvesná v km 14,125



Foto 031: Lávka v km 14,544



Foto 032: Opevnění v km 14, 550



Foto 033: Silniční most u nemocnice v km 14,909, zanesené koryto



Foto 034: V pozadí práh v km 14, 943



Foto 035: Práh v km 15,063 a hraniční potok v km 15,071



Foto 036: Stupeň Příkladky I v km 15,693



Foto 037: Lávka 15,992



Foto 038: Jez příluky II 16,125



Foto 039: Jez Příluky II v km 16,125



Foto 040: Pohled na suchý poldr v km 16,633