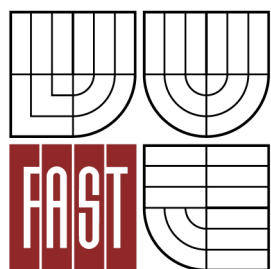




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA OBCE ŽELEŠICE NA TOCÍCH BOBRAVA A HAJANSKÝ POTOK

FLOOD PROTECTION IN THE COMMUNITY ŽELEŠICE FROM STREAMS BOBRAVA AND
HAJANSKÝ POTOK

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VÍT MAREK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV VESELÝ, CSc.

BRNO 2013



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. VÍT MAREK
Název	Protipovodňová ochrana obce Želešice na tocích Bobrava a Hajanský potok
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

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

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

Podklady a literatura

Bogardi, J.: Sediment transport in aluvial streams. Akadémiai Kiadó, Budapest 1974.
Broža, V., Haindl, K., Patera, A.: Provoz vodních děl, ES ČVUT Praha 1989.
Čábelka J., Gabriel P.: Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice [1]. Výzkum na hydraulických modelech a ve skutečnosti. Academia Praha 1987
Kolář, V., Patočka, C., Bém, J.: Hydraulika, SNTL/ALFA Praha 1983.
Veselý, J. a kol.: Splaveninové studie a Souhrnné hodnocení splaveninového průzkumu hlavních toků v Povodí Moravy, s.p.
DP a práce STČ se zaměřením na průzkum a hodnocení splavenin a plavenin v tocích.
Hydrologické, projektové a mapové podklady (Povodí, s.p.).
Údaje od Obce Želešice včetně Povodňového plánu.

Zásady pro vypracování

Pro obec Želešice, okr. Brno-venkov, proveďte studii protipovodňového opatření, zabývejte se záplavovým územím. Pro toky Bobravu a Hajanský potok proveďte prognózu transportu látek toky ve vybraném úseku a vypočtete množství splavenin.
Pro zjištěné hydrologické údaje a situaci v daném území se zabývejte ochranou vybraných objektů a technickým způsobem její realizace s minimalizací dopadů na životní prostředí.
V práci doložte potřebnou technickou dokumentaci. Opatření koordinujte s protipovodňovou dokumentací obce. Zabývejte se vlivem zpětného vzduť při zaústění Bobravy do řeky Svratky.

Předepsané přílohy

.....
doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce je studií protipovodňové ochrany obce Želešice, okres Brno-venkov. V teoretické části se zabývá příčinami vzniku povodní, jejich rozdělením a variantní ochranou ohroženého území. Vlastní práce obsahuje výpočet množství splavenin na tocích Bobrava a Hajanský potok, analýzu kvantitativního vyjádření rizika, doplnění povodňového plánu obce, seznam navržených protipovodňových opatření doplněný o vlastní technický návrh. Posledním bodem je posouzení, zda obci hrozí zpětné vzdutí řekou Svratkou, do které Bobrava ústí.

Klíčová slova

Protipovodňové opatření, záplavové území, riziková analýza, transport látek, ochrana objektů, povodňový plán, zpětné vzdutí

Abstract

This thesis is a study of flood protection in the community Želešice, Brno-venkov. The theoretical part deals with: the causes of flooding, their dividing and deals with options, how to protect endangered area. Main part includes calculations of the amount of sediment in the river Bobrava and the Hajanský stream, analysis of risks by quantitative expression, suggests to complete the flood plan of the community and a list of designed flood control measures with own technical suggestion. The last point is to consider, whether is the community threatened by backwater from the river Svratka, which the river Bobrava flows into.

Keywords

Flood protection measures, flood area, risk analysis, transport of substances, protection of buildings, flood plan, backward backwater

Bibliografická citace VŠKP

MAREK, Vít. *Protipovodňová ochrana obce Želešice na tocích Bobrava a Hajanský potok*. Brno, 2013. 60 s., 15 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc..

Prohlášení:

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

V Brně dne

.....
podpis autora

Poděkování:

V první řadě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jaroslavu Veselému, CSc. za důležité rady a připomínky při jejím vlastním vytváření. Následně bych rád poděkoval panu Ing. Janu Vrbovi, Ing. Jiřímu Kvasničkovi a paní Haně Vaškovičové za ochotu poskytnutí potřebných podkladů k práci. Nejvíce bych zde však rád poděkoval své rodině, přátelům a své přítelkyni za úžasnou podporu během celé doby studia.

Obsah

1.	ÚVOD	10
2.	POVODŇ A PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA	11
2.1.	POVODŇ A JEJICH PŘÍČINY	11
2.2.	VARIANTNÍ OCHRANA PŘED POVODŇEMI.....	13
3.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ÚZEMNÍCH VZTAZÍCH OBCE ŽELEŠICE.....	15
3.1.	POLOHA A OBECNÉ INFORMACE	15
3.2.	MORFOLOGIE POVODÍ BOBRAVY	15
3.3.	GEOLOGICKÉ POMĚRY	16
3.4.	PEDOLOGICKÉ POMĚRY.....	16
3.5.	TOKY A JEJICH CHARAKTERISTIKY.....	17
3.6.	KLIMATICKÉ PODMÍNKY A HYDROLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY TOKŮ	17
3.7.	EXTRÉMNÍ PRŮTOKY A TRANSPORT LÁTEK.....	18
4.	STUDIE PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY OBCE ŽELEŠICE	20
4.1.	RIZIKOVÁ ANALÝZA OBCE PŘED POVODŇEMI	20
4.2.	VÝSLEDEK CELKOVÝCH ŠKOD	27
4.3.	OSNOVA POVODŇOVÉHO PLÁNU OBCE	29
4.4.	PROTIPOVODŇOVÉ OPATŘENÍ V OBCI ŽELEŠICE.....	33
4.5.	VLASTNÍ NÁVRH OPATŘENÍ	35
4.6.	POSOUZENÍ, ZDA JE POTŘEBA UVAŽOVAT ZPĚTNÉ VZDUTÍ ZPŮSOBENÉ ŘEKOU SVRATKOU	49
5.	ZOBECNĚNÍ POZNATKŮ	50
5.1.	UVEDENÍ VÝSLEDNÝCH POTENCIÁLNÍCH ŠKOD.....	50
5.2.	STAVBA NA HAJANSKÉM POTOCE Z HLEDISKA SPLAVENIN.....	50
5.3.	DOSAHLÉ VZDUTÍ ŘEKY SVRATKY	51
6.	ZÁVĚRY PRO PRAXI	52
7.	DOPROVODNÉ SEZNAMY	54
7.1.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
7.2.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	56
7.3.	SEZNAM POUŽITÝCH VZTAHŮ	56
8.	PŘÍLOHY	57
8.1.	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	57
8.2.	VZOR POVODŇOVÉHO PLÁNU VLASTNÍKA NEMOVITOSTI	57
8.3.	FOTOPŘÍLOHA (S POPISEM)	58
8.4.	SEZNAM VLASTNÍKŮ OHROŽENÝCH OBJEKTŮ	60
8.5.	VÝPOČET POTENCIÁLNÍCH POVODŇOVÝCH ŠKOD	60

Seznam tabulek

Tab. 3.1. Hodnoty m-denních průtoků	18
Tab. 3.2. Hodnoty N-letých vod.....	18
Tab. 4.1. Hodnoty redukčního koeficientu r_k	27
Tab. 4.2. Celkové hodnoty potenciálních škod	28
Tab. 4.3. Intenzity blokových dešťů stanice Brno [15].....	37
Tab. 4.4. Výpočet konzumční křivky bezpečnostního přelivu.....	43
Tab. 4.5. Výpočet konzumční křivky spodní výpusti	44

Seznam obrázků

Obr. 2.1. Roční úhrn srážek v ČR (2004, zdroj ČHMÚ)	11
Obr. 2.2. Zemědělské sucho na území ČR ve vegetačním období [18]	12
Obr. 3.1. Poloha území na mapě ČR (zdroj - mapy.cz)	15
Obr. 3.2. Mapa širšího okolí (zdroj - mapy.cz)	16
Obr. 4.1. Situace záplavového území Bobravy - hranice N – letých rozlivů (100; 20; 5) ..	21
Obr. 4.2. Dotčené budovy v rozlivu povodně Q100	22
Obr. 4.3. Mapa hloubek (zdroj mapy - ČUZK)	25
Obr. 4.4. Situace přehradních hrází s hranicemi zatopených ploch (zdroj: mapy.cz).....	34
Obr. 4.5. Situace navrhovaného opatření na katastrální mapě 1:25 000 (zdroj ČUZK)	35
Obr. 4.6. Vyznačení plochy povodí (zdroj ČUZK).....	37
Obr. 4.7. Schéma navrhované hráze - situace (zdroj: online - mapy.cz)	40
Obr. 4.8. Schéma příčného řezu rozdělovacího objektu (zdroj: vlastní).....	42
Obr. 4.8. Situace nádrže na mapě ortofoto (zdroj: mapy.cz)	46
Obr. 5.1. Podélný profil Bobravy a zpětného vzdutí od Svratky	51

Seznam grafů

Graf 4.1. Poškození budovy (%) v závislosti na hloubce zaplavení (hodnoty převzaty z metodiky [20])	23
Graf 4.2. Čára překročení škod za povodně	28
Graf 4.3. Zobrazení analýzy rizika bez PPO a s PPO,	29
N – letost v logaritmickém měřítku.....	29
Graf 4.4. Hydrogram povodňové vlny	39
Graf 4.5. Rozdělení průtočného množství ze srážky.....	42
Graf 4.6. Měrná křivka bezpečnostního přelivu.....	43
Graf 4.7. Měrná křivka výtoky spodní výpusti	45
Graf 4.8. Batygrafické křivky - čáry zatopených ploch a objemů	45
Graf 4.9. Graf plnění nádrže.....	47
Graf 4.10. Redukce povodňového průtoku	48

1. Úvod

Téma této práce jsem si vybral, protože se jedná o navázání na problematiku, která byla předmětem závěrečné práce předešlého studia. Diplomovou prací téma částečně rozšiřuju a zabývám se dalšími otázkami v povodí řeky Bobravy.

V dnešní době je budování protipovodňových opatření nezbytné pro ochranu majetku měst a obcí, které leží v blízkosti vodních toků.

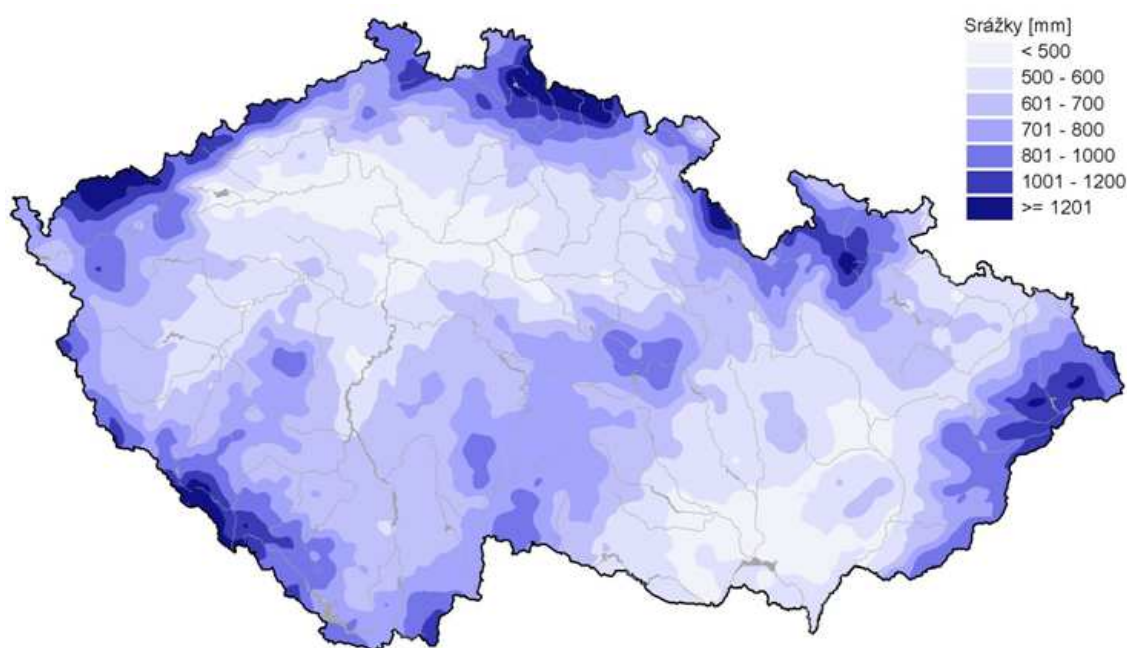
Cílem práce je vypracování studie protipovodňového opatření pro vybranou obec. Práce se bude zabývat mírou ohrožení obce před povodněmi a stavem dosavadních protipovodňových opatření s doplněním o vlastní technické i organizační návrhy. Ty musí být s minimálním dopadem na životní prostředí a v souladu s protipovodňovou dokumentací obce. Součástí práce dále bude výpočet množství splaveného materiálu při povodňových průtocích na obou řešených tocích a určení prognózy těchto dějů. V závěru práce se budu zabývat otázkou, zda je třeba uvažovat zpětné vzdutí, způsobené řekou Svratkou.

2. Povodně a protipovodňová ochrana

2.1. Povodně a jejich příčiny

Povodně v České republice představují největší přímé živelné nebezpečí, kterému je třeba čelit. Povodeň je způsobena mnoha okolnostmi, jež zapříčiní vybřežení vody z koryta a následné ohrožení intravilánu obce, inženýrských sítí, vodohospodářských staveb, obytných a užitných staveb a v nejhorším případě i lidských životů. V České republice bylo povodněmi od roku 1997 (ničivé povodně na Moravě a východních Čechách) do roku 2010 napácháno škod dohromady za 174 miliard českých korun a došlo i ke ztrátám na lidských životech (123). [18] Ochrana obcí před velkou vodou není v mnoha případech na vyšší, ba dokonce ani na stejné úrovni, jak tomu bylo v době jejich postižení (př. Troubky na Přerovsku).

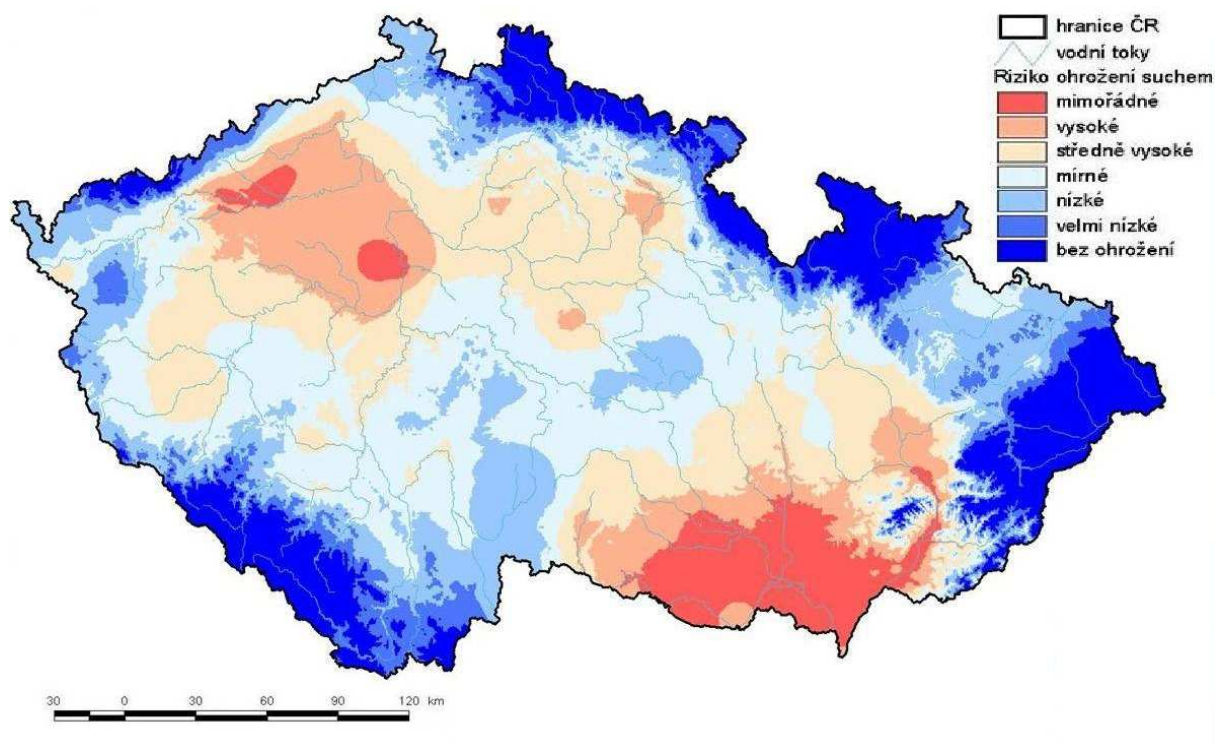
Převážná většina povodňových událostí v České republice je způsobena dlouhotrvající srážkovou činností (povodně 1997, 2002). Rozložení dlouhodobého úhrnu srážek na území ČR je vyobrazeno na obr. 3.1. Další typ povodní vzniká v zimním půlroce pak náhlým oteplením a následným táním sněhové pokrývky (povodně 2006). Rozdělení povodní lze tedy provést dle ročního období, kdy se povodeň uskuteční. Letní typ povodní je následkem krátkodobých přívalových dešťů nebo regionálních dešťů nad větší rozlohou území. Zimní a jarní typ povodní jsou pak následkem tání sněhu v kombinaci se srážkovou událostí doplněné o vytváření a pohyb ledových mas v toku.



Obr. 2.1. Rozdělení ročního úhrnu srážek v ČR (2004, zdroj ČHMÚ)

Dalším činitelem při vzniku povodně, poslední dobou hojně diskutovaným, je změna klimatu, jež má přímý vliv na srážkové cykly. Globální klimatické modely předpovídají zvýšení průměrných teplot do roku 2100 o 1,5 až 5,8 stupňů Celsia. V důsledku toho tak bude docházet k neustále častějším výkyvům počasí a zvýšení frekvence přívalových srážek, jež i na malém povodí může mít katastrofální dopad i na zdraví a životy lidí. Příkladem je porovnání naměřených hodnot přívalových srážek v oblasti jižního Německa, kde na jaře a v zimě stouply až o 35 %.[2]

Pozorované změny klimatu s sebou přináší také problematiku sucha v souvislosti s vláhovou bilancí. Níže na obrázku č. 4. 1. je znázorněna míra ohrožení na základě aktuální vláhové bilance za období 1961 – 2000. Výsledné sucho nemusí být následkem celkově nízkého ročního úhrnu srážek, jedná se spíše o jeho časové rozložení a aktuální vydatnost deště. Jen v Evropě vlivem indikace problémů sucha byly během 30 let zaznamenány škody přesahující 100 mld. eur. [18]



Obr. 2.2. Zemědělské sucho na území ČR ve vegetačním období [18]

2.1.1. Přírozená povodeň

Jedná se o hydrologický jev zapříčiněný srážkami, táním sněhu a dalšími meteorologickými jevy. Přírozené povodně lze tedy rozdělit na několik typů.[14]

- zimní a jarní povodně způsobené táním sněhové pokrývky, případně v kombinaci s dešťovými srážkami; výskyt těchto povodní nejvíce na podhorských tocích;
- zimní povodně způsobené ledovými jevy i za zdánlivě nízkých průtocích na toku; výskyt v profilech, které jsou náchylné pro tvorbu seskupení množství ledových ker;
- letní povodně, které jsou důsledkem dlouhotrvajících regionálních dešťů a vyskytují se současně na většině toků jedné oblasti;
- letní povodně způsobené krátkodobými srážkami s velkou intenzitou, však svým rozsahem zasahující jen malá území; povodeň má velice rychlý průběh a může se vyskytovat kdekoli na malých tocích.

Povodí Bobravy, jakož i celá oblast Jihomoravského kraje, je ohroženo spíše povodňovými událostmi, vznikajícími právě přirozeným způsobem, převážně v zimních a jarních měsících.

2.1.2. Povodeň ovlivněná mimořádnými příčinami

Mimořádné příčiny ke vzniku povodně v zájmovém území nejsou na místě. V povodí Bobravy se v současnosti nenachází žádné vodní dílo, které by bylo potenciální hrozbou pro vznik zvláštní povodně s mimořádnými příčinami vzniku. Však v dokumentu Územní studie v oblasti jihozápadně města Brna [1] jsou obsaženy návrhy na výstavbu kaskády přehradních nádrží na řece Bobravě mezi obcemi Želešice a Radostice. Předpokládané využití přehradních nádrží je zdroj vody pro závlahy zemědělských pozemků, rekreace a při omezení odběru vody pro zavlažování je další možností aktivně ovlivnit odtokové poměry v toku. Vodní díla lze tedy řadit mezi protipovodňová opatření na toku, jež jsou v případě potřeby schopny transformovat povodňovou vlnu. Na druhé straně však dochází ke zvýšení rizika vzniku zvláštní povodně z důsledku poruchy přehradní hráze. Více o návrhu v kapitole 4.4.1.

2.2. Variantní ochrana před povodněmi

Existuje několik typů opatření, jimiž lze snižovat škody způsobené povodněmi. Nejúčinnější je vždy jejich rozumná kombinace [2].

Původem vzniku velkých vod jsou kromě intenzivních či dlouhotrvajících regionálních dešťů také přeměny v managementu krajiny. Způsoby obhospodařování velkých zemědělských ploch mají za následek snižování hladiny spodní vody, půda se tedy

vysušuje, ztrácí tak obsah organických látek a tím i svoji přirozenou schopnost retence. Samotné toky postrádají plochy niv, kde docházelo k přirozeným rozlivům (mokřady, lužní lesy), jsou dnes již zastavěny.

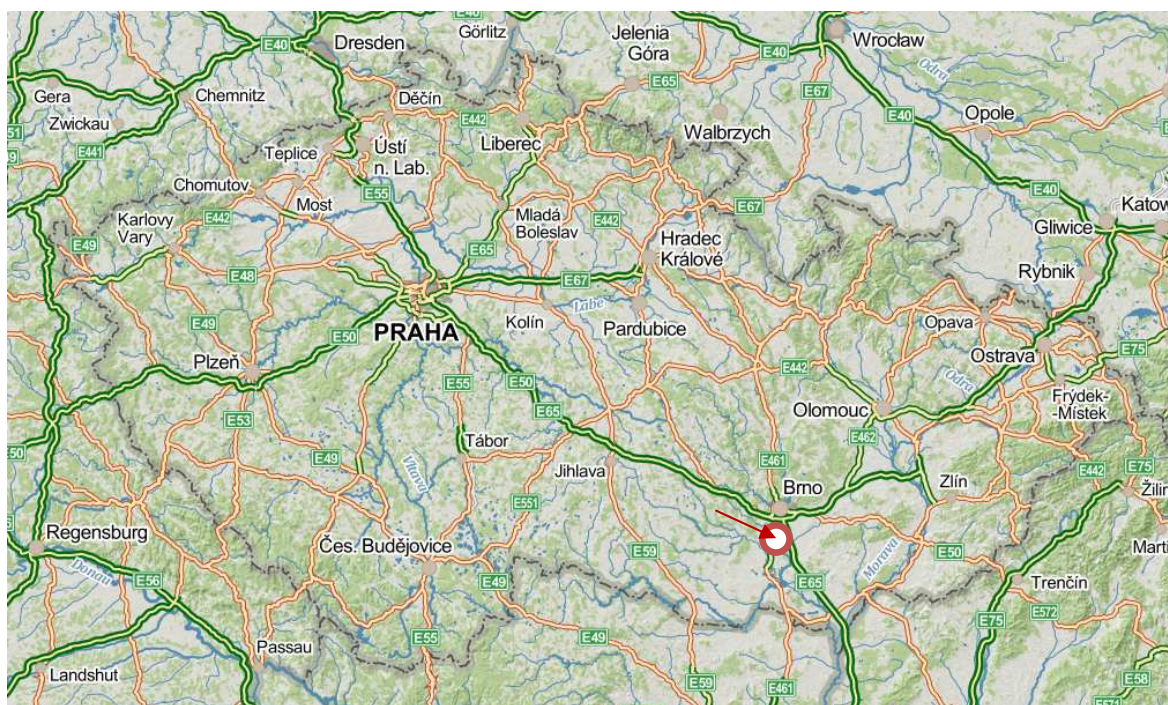
První variantou ochrany určitého území před povodněmi je jeho správné řízení pro možnost přirozené retence. Další variantou ochrany před povodní jsou již technická opatření, která přímým způsobem slouží k zabezpečení majetku a lidských životů. Mělo by však jít o opatření, jež chrání stávající zástavbu, nikoli zástavbu, která díky opatření má možnost vzniku. Jedná se o vodní protipovodňové hráze, mobilní stěny anebo poldry.

Jestliže je již zřejmé, že se zástavba nachází v záplavové oblasti, jsou na řadě preventivní opatření pro minimalizaci rozsahu poškození a možných vzniklých škod. V tomto ohledu rozhodují již detaily. Například technické řešení objektů, připravenost obyvatelstva a jejich včasné varování.

3. Základní údaje o územních vztazích obce Želešice

3.1. Poloha a obecné informace

Mapované území zahrnuje obci Želešice vzdálenou 10 km jižním směrem od města Brna. Jedná se o teplou oblast jižní Moravy s nadmořskou výškou okolo 210 m n. m. Výměra katastrálního území obce činí 9,96 km² a spadá pod obec s rozšířenou působností Šlapanice. Polohopisné umístění obce 49°6'58.217"N, 16°34'38.226"E. V obci žije 1440 obyvatel (3. 7. 2006)[13].



Obr. 3.1. Poloha území na mapě ČR (zdroj - mapy.cz)

3.2. Morfologie povodí Bobravy

Obec leží na úpatí Doubravské vrchoviny a protéká jí tok Bobrava, která teče od severozápadu směrem na jihovýchod stejnojmenným přírodním parkem a po 2,4 km za obcí ústí do řeky Svatky na ř. km 36,8. blízko obce Popovice. Tok odvádí vody z povodí o rozloze 187 km². V horní části toku je koryto úzké, málo přehledné, se zákruty a většinou obrostlé stromy. Střední část je tvořena četnými meandry a v dolní části se již rozléhá v otevřené krajině. [3] Želešice leží v mírně svažitém údolí řeky, což má za následek charakteristický údolní ráz krajiny v okolí obce.



Obr. 3.2. Mapa širšího okolí (zdroj - mapy.cz)

3.3. Geologické poměry

Horní část povodí Bobravy je tvořena svory, rulou a krystalickými vápenci. V okolí Rosic u Brna, ve střední části povodí, jsou pleistocenní horniny a horniny mladších třetihor. Přítok Habřina a jeho povodí leží na horninách karbonu. Horniny jako jsou hlubinné vyvřeliny, svory z mladších třetihor, granodiority a sedimenty neogenního, miocenního moře tvoří dolní část povodí.[3]

3.4. Pedologické poměry

Přírodní park Bobrava leží na půdách lesních, středně hlinitých. Místa se vyskytují půdy těžké, jílovité a to v oblasti Troubského potoka a střední část dále tvoří půdy lehké, písčité. Půdy okolo výústí Bobravy jsou aluviálního typu, černozem okolo Ořechova, ve střední části pak rendziny, hnědozemě a lesní půdy, v horní části je půda tvořena až podzoly. [3] Na katastrálním území obce Želešice se nachází lom kamene. Těží se zde amfibolit zelenošedé barvy s velice vysokou pevností.

3.5. Toky a jejich charakteristiky

Bobrava protéká stejnojmenným přírodním parkem a je pravobřežním přítokem řeky Svratky na ř. km 36,8. Pramen leží severozápadně od obce Rudka v Křižanovské vrchovině v nadmořské výšce 495 m mezi vrchy Příčnice a Prachová. V Domašovských lesích stéká údolím jihovýchodním směrem. Trasa dále vede skrze chroustovské údolí, dále Boskovickou brázdou a Doubravskou vrchovinou. Tok odvádí vody z povodí o rozloze 187 km², kde se nachází množství sklonitých úbočí a dochází tak k častým erozím zemin. Tok je sjízdný v délce 26 km z celkové délky 35 km. V horní části toku je koryto úzké, málo přehledné se zákruty, a většinou obrostlé stromy. Střední část je tvořena četnými meandry a v dolní části se již rozléhá v otevřené krajině. [3]

Hajanský potok je pravobřežně zaústěn do Bobravy na 3,906 ř. km. Ve vegetačním období je jeho koryto zarostlé. Svým stavem připomíná spíše zanedbaný příkop a vykazuje minimální, popřípadě žádné průtoky. Osa toku vede za intravilánem obce Hajany podél silniční komunikace ve směru na Želešice. Dále protéká štolou pod tělesem exterritoriální dálnice, vede přes pastviny, skrze zemědělské zařízení v Želešicích a vtéká do Bobravy. Koryto toku je obrostlé přírodními liniovými prvky, tvořenými převážně vzrostlými stromy a keři. Jedinou upravenou částí Hajanského potoka je soutok s řekou Bobravou (viz foto č. 1). Je patrné, že při vyšších průtocích v řece Bobravě dosahuje voda rychlostí, které zapříčiňují vymílání břehové konstrukce, a v tomto případě také podemílá konstrukci soutoku.

3.6. Klimatické podmínky a hydrologické charakteristiky toků

Přírodní park Bobrava leží v teplé oblasti s mírnými teplotami a nízkými srážkami. Průměrná roční teplota je 8,7 °C a na povodí Bobravy spadne v průměru 540 mm za rok. Srážky jsou v průběhu roku nerovnoměrně rozděleny a občasné sucha jsou důsledkem polohy této oblasti, jelikož se nachází v mírném stínu Českomoravské vrchoviny. Rozdíl srážek a odtoku činí 468 mm vodního sloupce, takže řeka Bobrava odvádí zbylých 72 mm specifickým odtokem 2,29 l/s/km². [3]

3.7. Extrémní průtoky a transport látek

3.7.1. Řeka Bobrava

Důležitými podklady pro výpočty transportu látek jsou hydrologické údaje toku a charakteristiky velikosti zrn v podélném profilu toku. Číslo hydrologického pořadí je 4-15-03-002. Parametry průtoků jsou v řešené lokalitě stanoveny pouze pro tok Bobrava viz (tab. 3.1. a 3.2.) a udávají jednotlivé extrémní hodnoty m-denních a N-letých průtoků. [4]

Tab. 3.1. Hodnoty m-denních průtoků

Obec	Lokalita	Zdroj	Rok	m - denní průtoky [m³/s]						
				30	90	180	270	330	355	364
Želešice	Želešice vodočet	ČSHMÚ	1970	1.05	0.46	0.26	0.16	0.08	0.05	0.04

Tab. 3.2. Hodnoty N-letých vod

Obec	Lokalita	Zdroj	Rok	N - leté průtoky [m³/s]						
				1	2	5	10	20	50	100
Želešice	Želešice vodočet	ČSHMÚ	1970	18	26	38	50	59	69	74

Určení velikosti charakteristických zrn bylo předmětem bakalářské práce. Pomocí granulometrické metody a výpočtů bylo určeno celkové roční množství splaveného materiálu z plochy povodí Bobravy. Pro výpočet bylo použito vztahu Meyer – Peter a Müller: [3]

$$q_s = \left(\frac{\gamma \frac{Q_d}{Q} \left(\frac{k_s}{k_r} \right)^{3/2} h_i - 0,047 \gamma_s d_e}{0,25 \left(\frac{\gamma}{g} \right)^{1/3}} \right)^{1/3} \quad (1)$$

Kde q_s - průtok dnových splavenin na jednotku šířky ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

d_e – velikost efektivního zrna (mm)

γ – měrná tíha vody ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)

γ_s – měrná tíha splaveniny pod vodou ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)

Q_d – průtok, který protéká nade dnem ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

Q – celkový průtok protékající profilem ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

k_s – součinitel drsnosti vyjadřující makrodrsnost dna (-)

k_r – součinitel drsnosti vyjadřující odpor rovného dna (-)

i – sklon dna (-)

h – hloubka vody v korytě při průtoku vody Q (m)

g – gravitační konstanta ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)

Součinitele k_s a k_r se ve většině případů volí stejné, a tak je jejich poměr ve vzorci zanedbáván.

Po vytvoření umělé dvouroční průtokové řady, kde byly stanoveny doby trvání jedno a dvouletého průtoku na 5 a 6 dní, bylo pro celý tok zjištěno následující: nejbližše situovaným profilem k obci Želešice je tokem v průběhu dvou let transportováno 3 810 tun splavenin.[3]

Protože dochází k takové míře odnosu materiálu, je nutností navrženého protipovodňového ochrany v povodí, aby mělo též funkci protierozní.

3.7.2. Hajanský potok

Pro Hajanský potok nejsou stanoveny hodnoty m-denních ani N-letých vod. Číslo hydrologického pořadí je 4-15-03-020. V kapitole 4.6.4. je popis výpočtů průtoků na Hajanském potoce podle srážkové události nad jeho povodím. S touto průtokovou řadou bylo také provedeno stanovení transportovaného množství splavenin z povodí.

4. Studie protipovodňové ochrany obce Želešice

4.1. Riziková analýza obce před povodněmi

Pro obec bylo výpočtem stanoveno povodňové nebezpečí. Jedná se o kvantitativní vyjádření rizika, související s potenciálními škodami, které vzniknou v důsledku povodňové události. Výpočet závisí na pravděpodobnosti výskytu N-letých vod v obci. Do úvahy spadají nemovitosti a objekty v blízkosti toku, nikoli ohrožené lidské životy.

Výsledkem analýzy je celková hodnota škod. Následným porovnáním škod s vynaloženými investicemi na ochranu ohrožených objektů lze určit dobu jejich návratnosti.

4.1.1. Použité podklady a software pro výpočet potenciálních škod

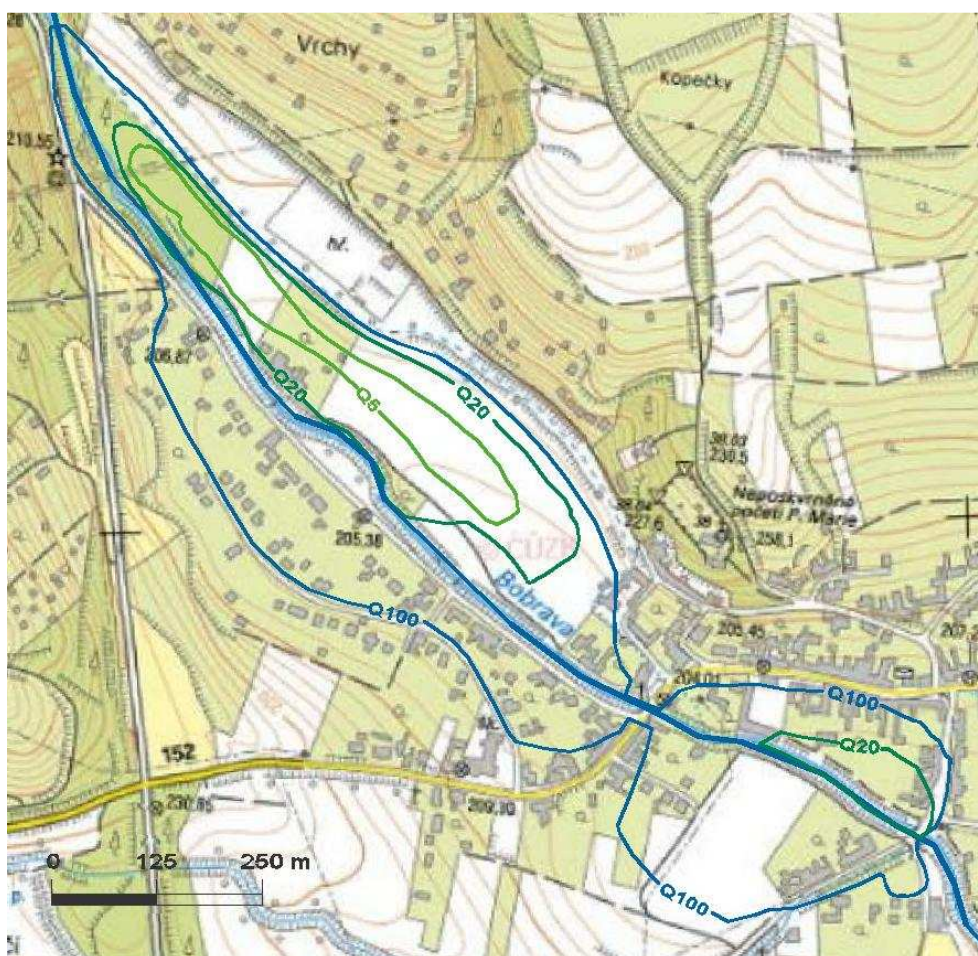
Pro obec Želešice nebyly k dispozici podklady ZABAGED. Proto byly všechny potřebné informace pro charakteristiky ohrožených objektů vyhledány pomocí stránek ČÚZK. Mapy hranic rozlivů, ohrožených objektů a hloubek byly vytvořeny ve studentské verzi programu AutoCAD 2010. Pro vodní tok Bobrava bylo stanoveno ministerstvem zemědělství záplavové území na základě materiálů vypracovaných Povodím Moravy, s.p. Brno. [1] Jsou tedy zpracovány rozlivy N-letých vod a aktivní zóna. Na základě těchto dokumentů, pořízených ze státního podniku Povodí Moravy, byly vykresleny hranice rozlivů na obr 4.1. Mapovým podkladem je základní mapa s měřítkem 1:10 000 a mapa s výškovými údaji v systému Balt po vyrovnání. Měření půdorysných ploch ohrožených objektů bylo provedeno v aplikaci serveru ČÚZK – nahlížení do katastru. Následně byla vytvořena tabulka jednotlivých dotčených objektů, jejich číslo popisné / číslo evidenční, včetně uvedení jmen a adres vlastníků nemovitostí.

4.1.2. Použité podklady

Potřebným podkladem pro tvorbu map standardním způsobem jsou nástroje GIS a digitální model terénu. Ten však pro danou obec pro nedostatek podkladů nemohl být vygenerován, proto je mapa hloubek pro tento úkol vyhotovena na základě hranic rozlivů a vrstevnicového podkladu.

4.1.3. Vymezení zpracovaného území

V zájmovém území se nachází intravilán obce s početnou zástavbou. Převážně se jedná o objekty k bydlení rozmístěných podél toku Bobravy. V důsledku rozlivu stoleté povodně dojde k ohrožení 99 rodinných domů a 41 ostatních staveb. Zároveň dojde k zaplavení zemědělské půdy, pozemních komunikací a mostních konstrukcí. Pro tyto ohrožené objekty byla vytvořena analýza ohrožení s výpočtem potenciálních škod v obci dle metodiky pro tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. [20]



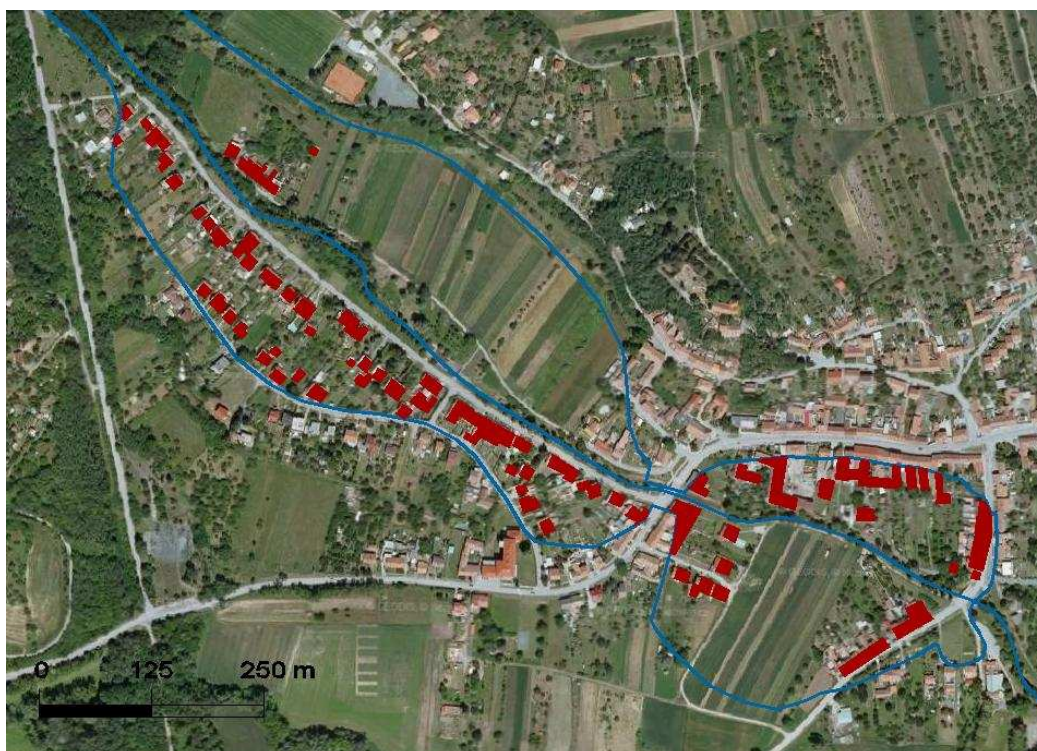
Obr. 4.1. Situace záplavového území Bobravy - hranice N – letých rozlivů (100; 20; 5)

4.1.4. Analýza ohrožených objektů

Na ohroženém území se vyskytují tyto kategorie využití ploch: budovy pro účel bydlení v rodinných domech – městské a příměstské, garáže, pozemní komunikace, zemědělství a jiné stavby. Rozdělení na jednotlivé základní druhy ploch a kategorie zranitelnosti jsou provedeny dle § 4 až § 19 vyhlášky č. 501/2006 Sb.

V obci se nenachází nebo leží mimo ohrožení rozlivu povodně kategorie sportovní plochy a průmysl. Škody pro inženýrské sítě a vodní tok nebyly uvažovány.

Výrazněji je ohrožen pravý břeh, na kterém se nachází větší počet rodinných domů. Avšak objekty na břehu levém podléhají vyšší hloubce zaplavení.



Obr. 4.2. Dotčené budovy v rozlivu povodně Q100

4.1.5. Stanovení přímých potenciálních materiálních škod

Výchozím parametrem pro stanovení potenciálních materiálních škod jsou křivky poškození. Ty jsou sestaveny podle cen, za které je možno objekt či například spotřebič pořídit a uvést do provozu. Rozhodujícími aspekty, působící na hodnoty škodních křivek, jsou hloubka vody, doba transpozice a rychlost protékající povodně. Dle metodiky [20] jsou uvedeny velikosti škod ve dvou hodnotách. Vyjadřují minimální a maximální cenu, za kterou jsme schopni uvést objekt zpět do provozu. Skutečná hodnota poškození se pohybuje v daném intervalu hodnot. Pořizovací ceny jsou odvozeny z cenových ukazatelů ve stavebnictví, které jsou zpracovány firmou ÚRS pro jednotlivé kategorie podle JKSO. Pro vyčíslení potenciálních povodňových škod se používá následující vztah:[20]

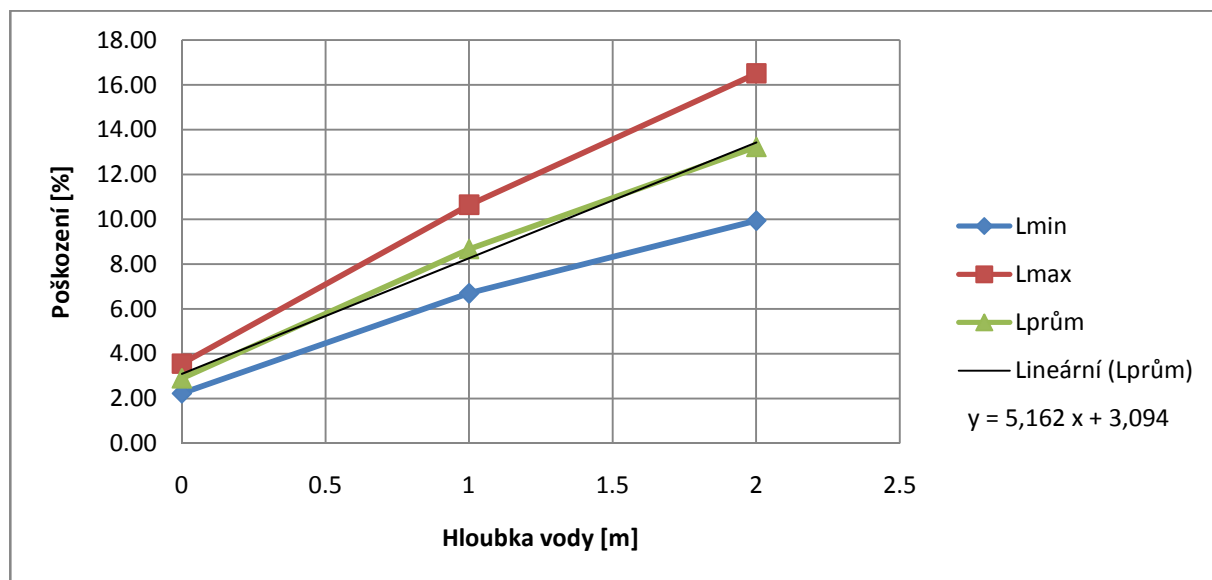
$$D_{ik} = E_{ik} C_k L_k \quad (2)$$

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 zaplavení či hloubce zaplavení (%),
- D škoda daného objektu a kategorie (Kč).

4.1.6. Škody na budovách

Parametry, které určují škody na budovách, jsou dva. Nejprve z mapy hloubek bylo třeba vyčíst, do jaké výšky objektu hladina povodně vystoupá viz. obrázek 4. 3. a následně si zjistit plochy dotčených objektů. Půdorysné plochy budov byly stanoveny ručním měřením na mapových listech katastru nemovitostí ČÚZK.



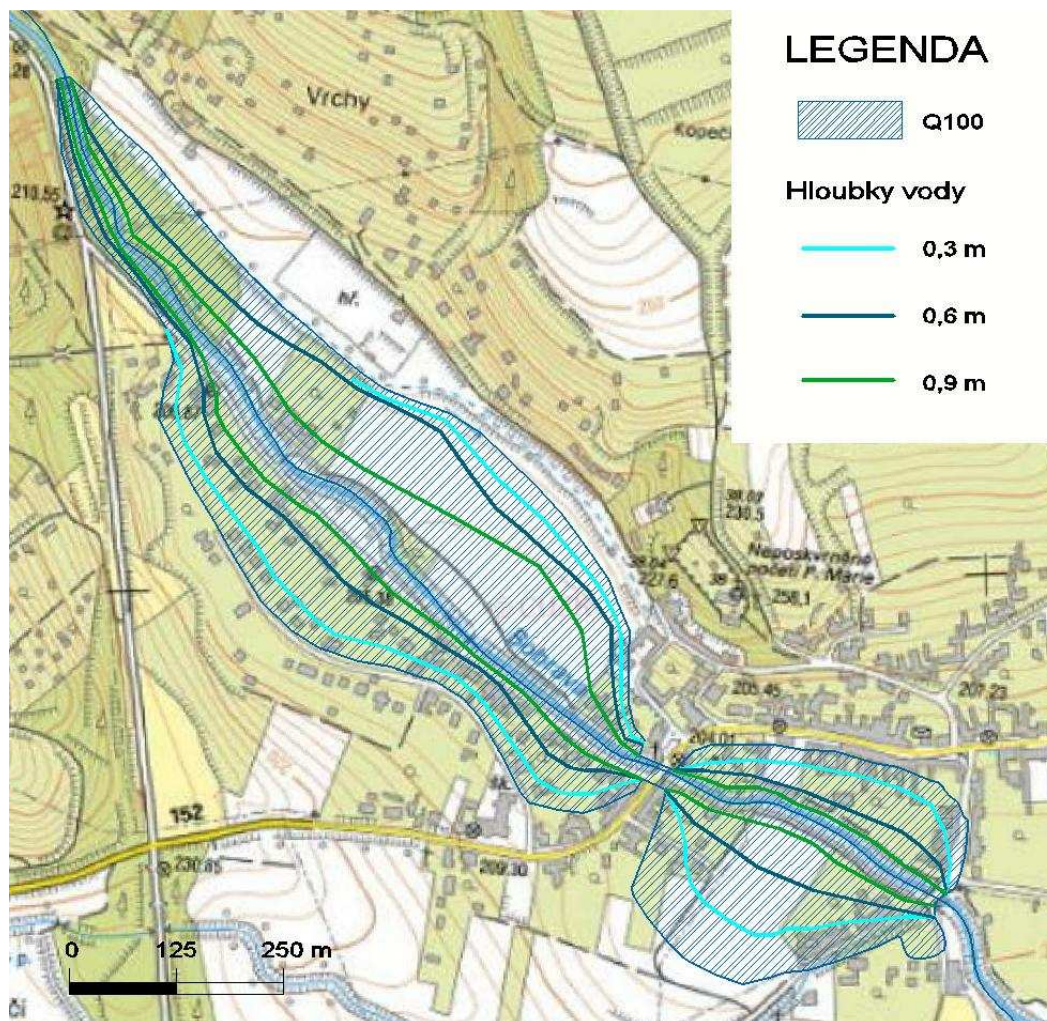
Graf 4.1. Poškození budovy (%) v závislosti na hloubce zaplavení (hodnoty převzaty z metodiky [20])

Pro výpočet procentuelního poškození budov bylo nutné přidat spojnicí trendu k jednotlivým křivkám a následně zobrazit rovnici regrese, do které byla dosazena hloubka vody za neznámou x . Dalším krokem bylo stanovení jednotkové ceny v jednotkách (kč/m^3):

6 558 kč/m^3	objekt k bydlení; rodinný dům; rozestavěná stavba,
3 212 kč/m^3	jiná stavba; garáž; zemědělská stavba; zastavěná plocha a nádvoří.

4.1.7. Stanovení hloubky zaplavení

V důsledku proměnné morfologie území podél břehů toku Bobravy dochází k nerovnoměrnému zalití intravilánu obce. Jednotlivé rozdíly vzniklé hladiny zátopy a povrchem terénu byly stanoveny odpočtem z vrstevnicového podkladu. Vstupními parametry jsou hranice rozlivu a základní mapa v měřítku 1: 10 000 s dělením vrstevnic po jednom metru. Určení rychlosti proudění, ze které společně s hloubkou vychází parametr intenzity povodně a následně matice rizika, nebylo z dostupných dokumentů možné vyvodit. Aby tyto nedostatky byly redukovány ve výsledných škodách za povodně, je předpokladem rovnoměrné rozdělení rychlosti proudění. Reálné hodnotě se následně bude nejvíce přibližovat hodnota průměrná z maximálních a minimálních potenciálních škod. Maximální hloubka při povodni Q100 je 1,1 m.



Obr. 4.3. Mapa hloubek (zdroj mapy - ČUZK)

4.1.8. Škody na vybavení budov pro bydlení

K poškození na vybavení budov, které jsou určeny pro bydlení, dochází až od určité hloubky zaplavení užívaných podlaží jednotlivých objektů. Tato hloubka je stanovena na hodnotu ($h_{\min}$) 0,5 m a vyšší. Převzaté hodnoty minimálních a maximálních jednotkových cen na vybavení budov pro bydlení jsou výsledkem statistik ČSÚ.[20]

Při stanovení těchto škod byl použit následující vztah:

$$D_v = A \cdot Z_v \quad (3)$$

kde A je půdorysná plocha zasažených budov pro bydlení a občanskou vybavenost s hloubkou zaplavení $h_{\min} = 0,5$ m a více (m^2)

Z_v jednotková škoda ($Kč/m^2$)

Byly stanoveny maximální a minimální hodnoty jednotkových cen dle procenta poškození. $Z_{v\min} = 1\,291$ Kč/ m^2 , $Z_{v\max} = 2\,458$ Kč/ m^2

4.1.9. Škody na pozemních komunikacích

Cena pozemní komunikace je stanovena dle metodiky na základě určení jednotkové ceny za běžný metr vozovky. Na zasaženém území se nachází 3 typy komunikací. Silnice s náhradní šířkou 10 m, ulice s náhradní šířkou 8 m a cesta s šířkou 3 m. Jednotková cena je následně vztažena na 1 m². Minimální jednotková cena je dle metodiky [20] 70 (Kč/m²) a maximální hodnota je 140 (Kč/m²).

$$D_v = A \cdot Z_K \quad (4)$$

kde A je Zaplavená plocha komunikací (m²) – u liniových objektů přepočtená přes náhradní šířky,

Z_K jednotková škoda (Kč/m²) – minimální a maximální.

4.1.10. Škody na mostech

V oblasti záplavového území se nachází 2 silniční mosty a jedna lávka pro pěší. První most leží na silnici vedoucí ze směru od Brna na Ořechov – ulice 24. dubna. Součástí silničního mostu je také vyvýšený most pro pěší. Druhý most se nachází na ulici Družstevní.

Poškození mostu závisí na tom, do jaké výšky sahá hladina vody od úrovně mostovky a jaký je sklon podélného profilu toku a s ním související dynamický účinek proudící vody v daném místě. Dle výkresu podélného profilu je sklon dna 3 ‰. Byla určena koeficientem rk = 1 viz tab. 4.1. Dle metodiky pro tvorby map [20] určuji jednotkovou cenu škody pro výšku hladiny sahající nad úroveň mostovky. Tato hodnota je uvedena jako stav, kdy již hrozí porušení statiky mostu. Minimální hodnota jednotkové škody je 5 463 (Kč/m²) a hodnota maximální je 10 926 (Kč/m²).

Vztah pro výpočet škod:

$$D_{Mo} = A \cdot Z_{Mi} \cdot rk \quad (5)$$

kde A je plocha mostovky (m²)

Z_{Mi} jednotkové škody (Kč/m²) – minimální a maximální.

rk redukční koeficient dle podélného sklonu dna vodního toku -

Tab. 4.1. Hodnoty redukčního koeficientu r_k

Podélný profil dna vodního toku [‰]	Redukční koeficient
0 - 1	0,85
1 - 2	0,90
2 - 6	1,00
> 6	1,15

4.1.11. Škody v zemědělství

Výše škod v zemědělství obecně závisí na typu plodiny, která je pěstována (obilniny, kukuřice, řepka, slunečnice, přadný len, brambory, cukrovka). Velikost poškození rostlinné produkce záleží na stádiu růstu plodiny - tedy na měsíci, kdy se událost povodně vyskytuje. Pro výpočet škody byla v tomto případě použita hodnota ceny za průměrné ztrátové ceny ze všech jmenovaných plodin dle metodiky tvorby map povodňového nebezpečí [20] (str. 60). Minimální jednotková cena je tedy 4 400 (Kč/ha) a maximální hodnota je 17 600 (Kč/ha).

Vztah pro výpočet:

$$D_z = A \cdot Z_z \quad (6)$$

kde A je zaplavená plocha zemědělské půdy ha

Z_z jednotková škoda (Kč/ha) – minimální a maximální.

4.2. Výsledek celkových škod

Součtem výsledků potenciálních škod všech kategorií při vzniklých rozlivech Q100, Q20 a Q5 byly zjištěny celkové škody. Na základě těchto hodnot bylo vyjádřeno průměrné roční ekonomické riziko RI dle vztahu:

$$RI = \int_0^{p_h} D(p) dp \quad (7)$$

kde p je pravděpodobnost dosažení nebo překročení příslušného N -letého kulminačního průtoku vyjádřená vztahem:

$$p = 1 - e^{-\frac{1}{N}}, \quad \text{resp. } p = \frac{1}{N} \quad \text{pro cca } N > 5 \quad (8)$$

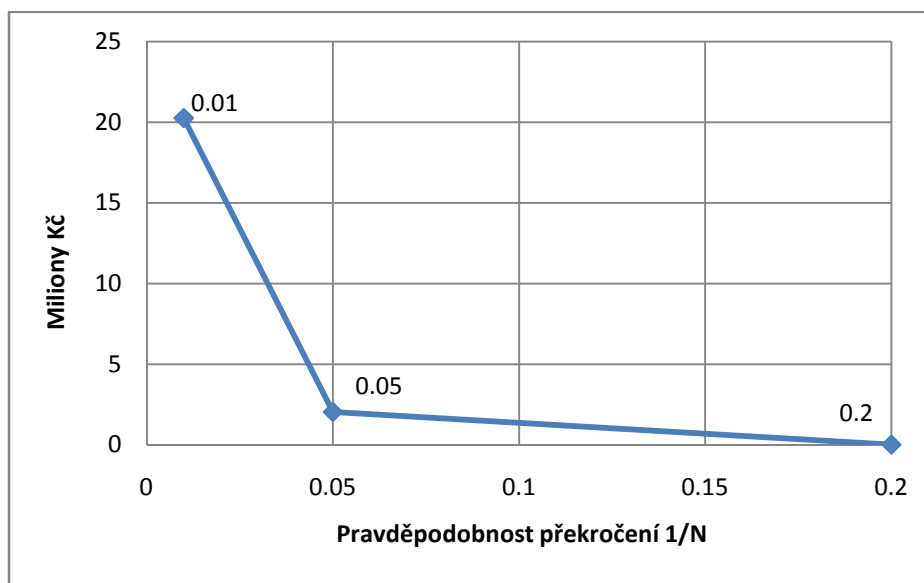
přičemž p_h značí pravděpodobnost překročení tzv. neškodného průtoku. $D_{(p)}$ vyjadřuje funkční závislost na základě potenciálních škod. Vzorové výpočty jsou z důvodu velikosti rozsahu uvedeny pouze pro hodnotu povodně Q_{20} v příloze 8.5. - výpočty potenciálních povodňových škod. V tom případě je v ohrožení pouze 11 nemovitostí a zemědělská půda.

Tab. 4.2. Celkové hodnoty potenciálních škod

Škody	Q_{100}	Q_{20}	Q_5
$D_{\min}$	14 293 000	1 432 320	11 479
$D_{\text{prům}}$	20 251 035	2 047 274	28 697
$D_{\max}$	26 209 473	2 662 272	45 915

Numerickou integrací byla pomocí lichoběžníkového pravidla vytvořena čára překročení průměrných škod $D(p)$ viz graf 4.2. dle vzorce: [20]

$$RI = \sum_{k=1}^p \frac{D(p_{k+1}) + D(p_k)}{2} \cdot |p_{k+1} - p_k| \quad (9)$$



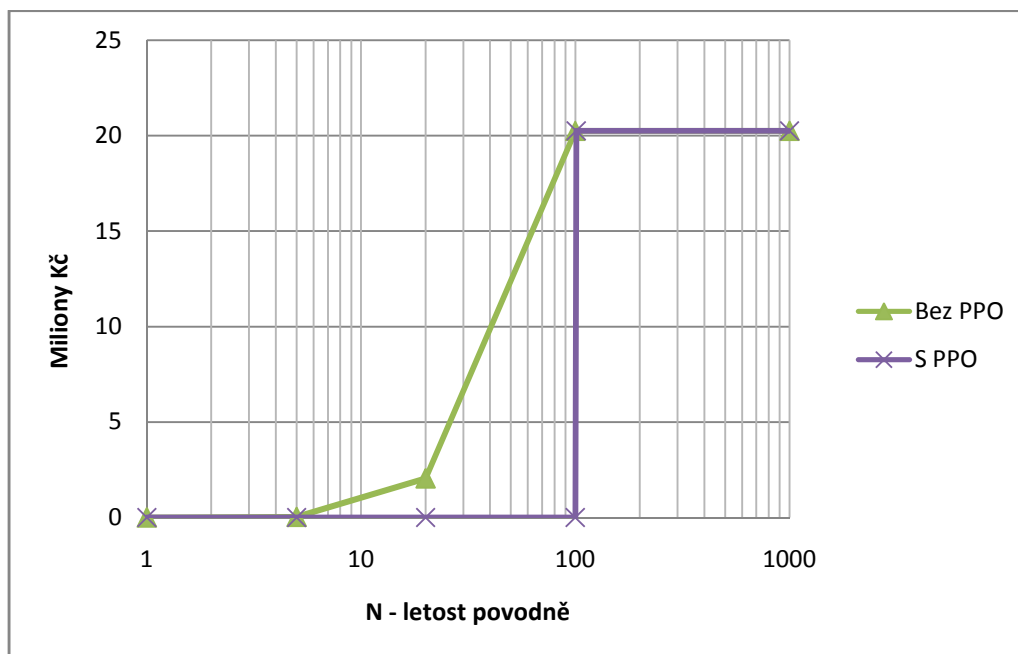
Graf 4.2. Čára překročení škod za povodně

4.2.1. Návratnost vynaložené investice

Na grafu č. 4. 3. jsou zobrazeny 2 varianty možného řešení. Tou první je čelit vzniklým ztrátám z povodní – tedy bez PPO, nebo druhá varianta je realizovat protipovodňová opatření pro různé stupně rizika na základě N-letosti povodně. Předpokladem tohoto výpočtu je, že se vyšší povodeň jak Q_{100} nebude vyskytovat.

Do výpočtu zasahuje veličina poměrné efektivnosti. Je to podíl, kde v čitateli se nachází rozdíl současné hodnoty rizika bez PPO od současné hodnoty rizika s PPO a ve

jmenovateli jsou investiční náklady. Pro ochranu ohrožených objektů na úroveň stoleté povodně by bylo třeba vynaložit 9,9 mil. Kč. S hodnotou poměrné efektivnosti $PU=1$ a s roční diskontní sazbou kapitalizovaného rizika 3% by pak doba návratnosti dle výpočtů byla 33 let.



Graf 4.3. Zobrazení analýzy rizika bez PPO a s PPO,
N – letost v logaritmickém měřítku

4.3. Osnova povodňového plánu obce

4.3.1. Povodňové orgány

Povodňové orgány jsou odlišné v období mimo povodeň a v období za povodně. V období mimo povodně se jedná o orgány obcí, obcí s rozšířenou působností, krajské úřady, Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo vnitra. Po dobu povodně jsou povodňovými orgány povodňové komise obcí, obcí s rozšířenou působností, krajů a Ústřední povodňová komise. Povodňové komise koordinují práce pro povodňovou ochranu. Jejich působnost a složení závisí na velikosti území, které je povodňovou událostí postiženo.

Pro Jihomoravský kraj je vypracován povodňový plán, jenž je podkladem pro rozhodování krajské povodňové komise. Ta je povolána, je-li zasaženo rozsáhlé území o několika obcích s rozšířenou působností nebo pokud povodňové komise obcí s rozšířenou působností nejsou schopny vlastními silami a prostředky zajistit ochranu před povodněmi a pokud není vyhlášen krizový stav podle ust. § 77 odst. 9 vodního zákona. [16]

4.3.2. Opatření k ochraně před povodněmi

Obecné rozdělení protipovodňových opatření jsou následující: [11]

- přípravná – zpracování povodňových plánů, povodňové prohlídky, organizační a technická příprava, zajišťování povodňových rezerv, vyklízení zátopových území, budování hlásné a varovné služby, technicko-bezpečnostní dohled vodních děl, předpovědní služba;
- při povodni – případná manipulace na vodních dílech a ovlivňování odtokových poměrů, zabezpečovací a záchranné práce, náhradní doprava a zásobování apod.;
- po povodni – obnovení narušených funkcí v zasaženém území, zjišťování a oceňování povodňových škod, evidenční a dokumentační práce, vyhodnocení povodňové situace s návrhy opatření.

Opatření k ochraně před povodněmi jsou preventivní a přípravná opatření, které se provádí mimo období povodně. Související jsou také záchranné a zabezpečovací opatření prováděné při vzniklé povodňové situaci, které vydává příslušná povodňová komise. Zabezpečovací a záchranné práce se určují dle vyhlášení aktuálního stupně povodňové aktivity (dále SPA), které jsou stanoveny v povodňovém plánu. Zabezpečovací práce se zpravidla zahajují tehdy, dojde-li k překročení 2. SPA a jedná se o opatření pro snížení dopadu škod na majetku. Při vyhlášení 3. SPA jde následně o záchranné práce – lidské životy a majetek. Viz kap. 5.4.6.

4.3.3. Zpracování povodňového plánu vlastníka nemovitosti

Pro ohrožené nemovitosti byla vypracována souhrnná databáze s uvedením jmen vlastníků nemovitosti a adres jejich trvalého bydliště. Údaje byly zjištěny z českého úřadu zeměměřičského a jsou určeny pouze pro potřebu povodňového plánu obce, jakož i celý povodňový plán vlastníka nemovitosti. Ke zjištění potřebných dat by byl plán vlastníka ohrožené nemovitosti předložen dotčeným obyvatelům obce formou dotazníku. Důvodem vypracování dokumentu je snížení potenciálních škod a ochrana lidských životů. Důležitost těchto informací, které jsou podkladem pro práci povodňové komise, je zanesena také v zákoně o vodách (vodní zákon) č. 254/2001 Sb. § 71 čl.4 kde se uvádí: Pro pozemky a stavby ohrožené povodněmi, které se nacházejí v záplavovém území nebo mohou zhoršit

průběh povodně, zpracovávají povodňové plány pro svou potřebu a pro součinnost s povodňovým orgánem obce jejich vlastníci. V pochybnostech o rozsahu této povinnosti rozhodne k jejich návrhu vodoprávní úřad. Vzor dotazníku – příloha 8.3.

4.3.4. Povodňové prohlídky

Jedná se o preventivní opatření, které se provádí v období mimo povodně. Předmětem prohlídek jsou místní souvislosti na vodním toku a na vodních dílech na něm ležících, které by měly přímou souvislost s prouděním velké vody. Jedná se o závady, které by vedly ke zvýšení nebezpečí povodní. Takovými závadami mohou být spadlé stromy, strže, narušené hráze, podemleté břehy a podobně. Prohlídky jsou prováděny správcem toku spolu s členem povodňového orgánu a musí být učiněn řádný zápis do povodňové knihy. Prohlídky se provádí nejčastěji v podzimním období a v minimálních ročních intervalech. Zjištěné závady musí být řešeny.

4.3.5. Předpovědní a hlásná povodňová služba

Český hydrometeorologický úřad provádí předpovědní službu pouze pro vybrané profily na území ČR. Předpovídá možnosti vzniku povodně v závislosti na aktuálním stavu vodní hladiny toku a stavu počasí. Pro získávání informací o předpovědi je třeba se dohodnout s místně příslušnou pobočkou ČHMÚ. Jedná se tedy o pobočku ČHMÚ se sídlem v Brně, ulice Kroftova 2578/43.

Zabezpečení hlásné povodňové služby přísluší v době povodní povodňovým orgánům, jež jsou samy vyrozuměny zpravidla telefonicky či faxem. Následně dochází k varování postiženého obyvatelstva obecním rozhlasem, informování povodňových orgánů ležících níže na toku o průběhu povodně a zároveň hlášení vyšším povodňovým orgánům o vývoji situace. O všech hlášených zprávách musí být veden záznam v povodňové knize. [17]

4.3.6. Stupně povodňové aktivity

Opatření pro zmírnění škod povodně jsou prováděny v závislosti na míře povodňového nebezpečí. Ta je vyjádřena pomocí tří stupňů, při kterých dojde k dosažení určité výšky hladiny toku nebo jeho limitního průtoku (dále limity).[11]

1. SPA = STAV BDĚLOSTI. Nastává při nebezpečí povodně (dosažení limitu) a zaniká pominou-li příčiny takového nebezpečí. Stav nastává rovněž vydáním výstražné informace předpovědní povodňové služby. Vyžaduje věnovat pozornost vodním tokům nebo jiným potenciálním zdrojům povodně a předpokládá zpravidla zahájení činnosti hlídkové služby a hlásné popřípadě předpovědní služby.
2. SPA = STAV POHOTOVOSTI. Vyhláší příslušný povodňový orgán (po dosažení limitu) při bezprostředním riziku vzniku větších škod, ohrožení životů a majetku. Při jeho vyhlášení je třeba vývoji situace věnovat zvýšenou pozornost, provádět opatření ke zmírnění průběhu povodně a být v pohotovosti pro případ dalšího zhoršení. Při tomto stupni nedochází většinou ještě k rozlivům a větším škodám mimo koryto toku. Aktivizují se povodňové orgány.
3. SPA = STAV OHROŽENÍ. Vyhláší příslušný povodňový orgán v průběhu povodně (po dosažení limitu), když se voda vylévá z koryta, nebo když u vodních děl překročí určitou hladinu a vznikají tak škody mimo koryto, nebo když začnou být bezprostředně ohroženy životy osob, popřípadě majetku v záplavovém území nebo na území pod vodním dílem. Hranice mezi 2. a 3. stupněm je dána okolnostmi a doba vyhlášení se odvodí z místních poměrů s přihlédnutím k času potřebnému na provedení záchranných prací. Vyhlášení tohoto stavu se rovná pokynu zahájení záchranných prací.

Limity stupňů povodňové aktivity nejsou doposud určeny. V Želešicích se nachází profil pouze pro monitorování jakosti povrchových vod ve správě ČHMÚ. Avšak po vzájemné dohodě ČHMÚ s Povodím Moravy, s.p. o společném využívání vodoměrné stanice, bude možné stanovit jednotlivé limity. [19]

4.3.7. Organizace dopravy

V případě vzniku povodně není vhodné využívat komunikace, jež jsou přímo zatopené. Současně je využívání mostních profilů třeba částečně nebo zcela omezit, je-li zjevně ovlivněn zvýšenou hladinou řeky. Platí hlavně na ulici 24. Dubna a ulici Družstevní.

4.3.8. Způsob vyžádání pomoci při povodni

Jestliže nastane situace, že není obec, jakožto povodňový orgán, schopna zvládnout záchranné práce vyvinutím vlastních zdrojů, pak je oprávněna vyžádat pomoc od povodňového orgánu vyššího stupně. V tomto případě by se nejprve jednalo o povodňový orgán obce s rozšířenou působností Šlapanice, pod který obec Želešice spadá.

Kontakty:

Povodňová komise ORP: ORP Šlapanice

Adresa: Masarykova nám. 100, PSČ: 664 51

Telefon: 533 304 315

Fax: 544 228 096

e-mail: sekretariat@slapanice.cz

WWW stránky: <http://www.meuslapanice.cz>

Předseda komise: Ing. Arch. Jaroslav Klačka - starosta.

Tel: 533 304 310

4.4. Protipovodňové opatření v obci Želešice

Pro území obce Želešice jsou vypracovány projekty, které významným způsobem mohou zasáhnout do odtokových poměrů z povodí a do samotného toku Bobravy. Navržené stavby jsou v projektové fázi a svými funkcemi pozitivně přispívají k protipovodňové ochraně obce.

4.4.1. Popis dosavadních studií a variantních řešení ochrany obce před povodněmi

Prvním typem opatření je návrh výstavby kaskády dvou vodních nádrží Želešice I a Želešice II. [1]

1. Želešice I – se sběrnou plochou 137,45 km². Kamenitá hráz nádrže je maximálně 33 m vysoká s délkou v koruně 250 m. Celkový ovladatelný prostor V_o činí 11,89 mil. m³ se zatopenou plochou 111,8 ha. Nad nádrží bude vybudován spádový stupeň. A v případě potřeby je do povodí Bobravy možné uskutečnit gravitační převod vody z Bitýšky pro případné účinky nalepšení přítoku v hodnotách 40 – 80 l.s⁻¹.

2. Přispívající plocha nádrže Želešice II je 171,22 km² a hráz se nachází nedaleko katastrálního území Želešic. Jedná se o kamenitou hráz s hlinitým těsněním s délkou v koruně 237 m na kótě 251,80 m n. m. Její maximální výška je 39,8 m a celkový ovladatelný prostor je 18,06 mil. m³. Je zřejmé, že ovládání hladiny nádrže bude ovlivňovat manipulace v nádrži Želešice I, výše na toku. Zátupovou oblastí bude oblast kamenolomu, k němu přilehlé budovy, dále 43 chat a komunikace o délce zrušeného úseku 1,6 km. Situace obou přehradních hrází a předpokládaných zatopených ploch – obr. 5.4.



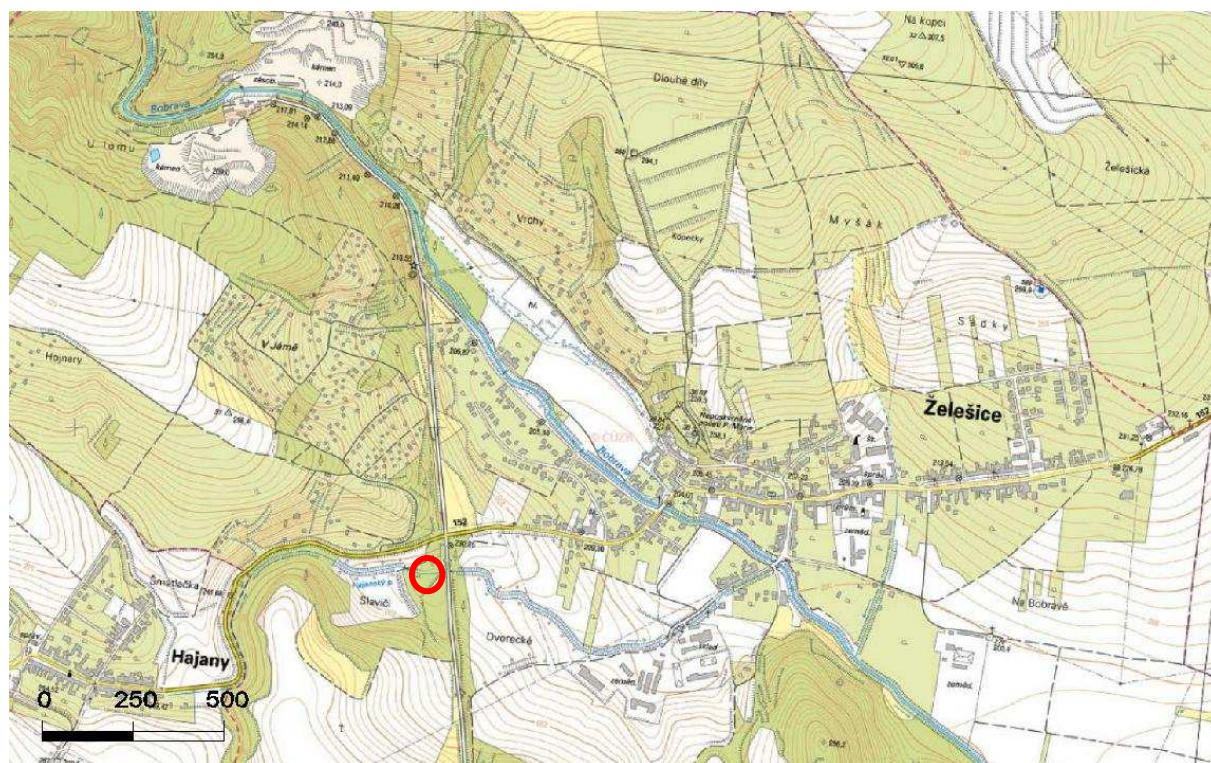
Obr. 4.4. Situace přehradních hrází s hranicemi zatopených ploch (zdroj: mapy.cz)

Následující již schválené opatření jedná o úpravách v krajině, které v povodí zadržují vodu a zpomalují tak odtok dešťových vod z povodí v oblasti severní části obce.

1. Jedná se o řešení pro zpomalení a odvedení odtoku srážkových vod a vod z přívalových dešťů ohrožujících intravilán obce. Navržené stavby zachytávají nebezpečné průtoky ještě před hranicemi severní zastavěné části obce. Opatření zahrnují: úpravy polních cest; konstrukce vsakovacích průlehů; konstrukce zemních hrázek a sanaci strží (gabionové zdivo). O kompletním návrhu těchto úprav pojednává Studie - Protipovodňová opatření. [6]

4.5. Vlastní návrh opatření

Rekognoskací terénu bylo vytipováno několik míst v okolí obce Želešice pro možný návrh požadovaného protipovodňového opatření tak, aby byl v souladu s protipovodňovou dokumentací obce. Nejvhodnější lokalitou, kde doposud nebyly navrženy žádné úpravy, byla zvolena oblast v západní části obce Želešice. Jedná se o místo ležící v povodí Hajanského potoka mezi obcemi Želešice a Hajany. Z obrázku 4.5. jsou zjevné širší územní vztahy.



Obr. 4.5. Situace navrhovaného opatření na katastrální mapě 1:25 000 (zdroj ČUZK)

Nedaleko stanoveného místa nového profilu (přibližně 200 m níže po toku) býval v minulosti rybník. Ten plnil retenční funkci, ale vlivem povodňových průtoků došlo k jeho zanesení a nebyl již obnoven. V současnosti je navíc vlivem nového rozšíření zástavby nemožné rybník znovu revitalizovat. Byla proto vybrána tato lokalita pro vznik nového opatření nahrazující příznivé schopnosti zaniklého rybníka.

4.5.1. Popis projektovaného opatření – Poldr

Jedná se o vybudování suché boční nádrže. Plněním nádrže bude snižován povodňový průtok. Tím se sníží výšky hladiny i průtočného množství na odtoku. Je třeba, aby se ochranný prostor nádrže plnil až tehdy, kdy dochází ke kulminaci průtoků v toku. Dále je

zapotřebí správného navržení poměru kapacity spodní výpustě k přítoku vody za povodní. Všechny objekty nádrže budou splňovat podmínky bezpečnosti vodního díla a nádrž bude zároveň respektovat okolní životní prostředí.

Zájmový profil se nachází v místě, kde osa toku podchází těleso rychlostní silnice (R52). Ten dále pokračuje do intravilánu Želešic.

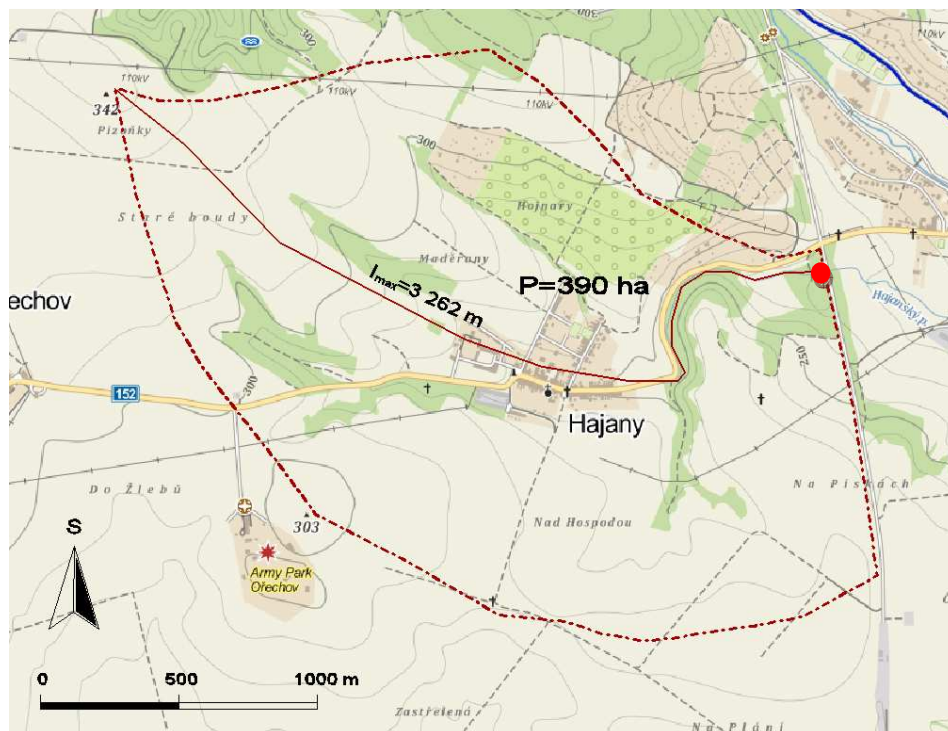
4.5.2. Morfologie

Terén povodí je velmi členitý, obsahuje i mnoho prudkých svahů, které jsou ve většině případů zalesněny. Dále se zde nachází zemědělsky obdělávané plochy s mírnými i středně svažitými sklony svahů.

Nejvyšší bod leží v nadmořské výšce 342 m. Maximální dráha dotoku je 3 262 m a překoná výškový rozdíl 118 m. Průměrný sklon je tedy 33 ‰.

4.5.3. Výpočet objemu srážky

Pro absenci hydrologických a hydraulických charakteristik Hajanského potoka je uvažován extrémní průtok, vycházející z transpozice modelové srážky. Pro tento účel bylo třeba stanovit velikost přispívající plochy k zájmovému profilu. Jako podklad byla použita mapa s vrstevnicemi, ze které byly vyčteny rozvodnice přispívajícího povodí. Naměřená plocha činí 390 ha.



Obr. 4.6. Vyznačení plochy povodí (zdroj ČUZK)

Pro výpočet množství vody z povodí byly použity tabulky vydatnosti náhradního blokového deště dle J. Trupl z roku 1958. [15] Hodnoty intenzit jsou na území České republiky rozdílné. Vybrána byla tedy nejbližší stanice obci Želešice. Jedná se o stanici č. 90 - lokalita Brno.

Tab. 4.3. Intenzity blokových dešťů stanice Brno [15]

Doba trvání deště	Intenzita deště [l/(s.ha)] za dobu t při periodicitě n						
t [min]	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,04
5	125,0	180,0	220,0	265,0	322,0	367,0	424,0
10	81,7	127,0	163,0	202,0	251,0	288,0	337,0
15	61,7	98,9	129,0	161,0	203,0	236,0	278,0
20	48,4	79,2	104,0	131,0	167,0	194,0	231,0
30	34,4	57,6	76,2	96,5	125,0	146,0	174,0
40	27,1	45,7	61,1	77,8	101,0	119,0	142,0
60	19,2	32,7	43,9	56,4	73,9	87,4	105,0
90	13,4	23,3	31,5	40,8	53,9	63,9	77,2
120	10,4	18,3	24,8	32,3	42,8	50,9	61,6

Pro navržení opatření byla zvolena hodnota intenzity přívalového deště s periodicitou 5 let a dobou trvání deště 90 minut. Z důvodu neznalosti detailních charakteristik hydrologických vlastností půdy v oblasti nebyla pro výpočet použita metoda CN-křivek. Z doporučení pro určení retence v malém povodí byl do výpočtu zaveden předpoklad, že je půdní profil již částečně nasycen a je schopen pojmout pouze 1/5 z celkového objemu spadlé srážky. Vydatnost blokového deště pro výpočet je 53,9 l/s/ha. Vypočtený objem srážky, který se dostane k nejnižší položenému bodu-závěrnému profilu v povodí, činí 90 811 m³.

4.5.4. Výpočet průtoků a doby dotoku

Rozdělením povodí na jednotlivé části dle nadmořských výšek s dělením po 10 metrech, byl proveden výpočet pro zjištění velikosti průtoků v čase. Průměrná rychlost proudění byla stanovena vzorcem:

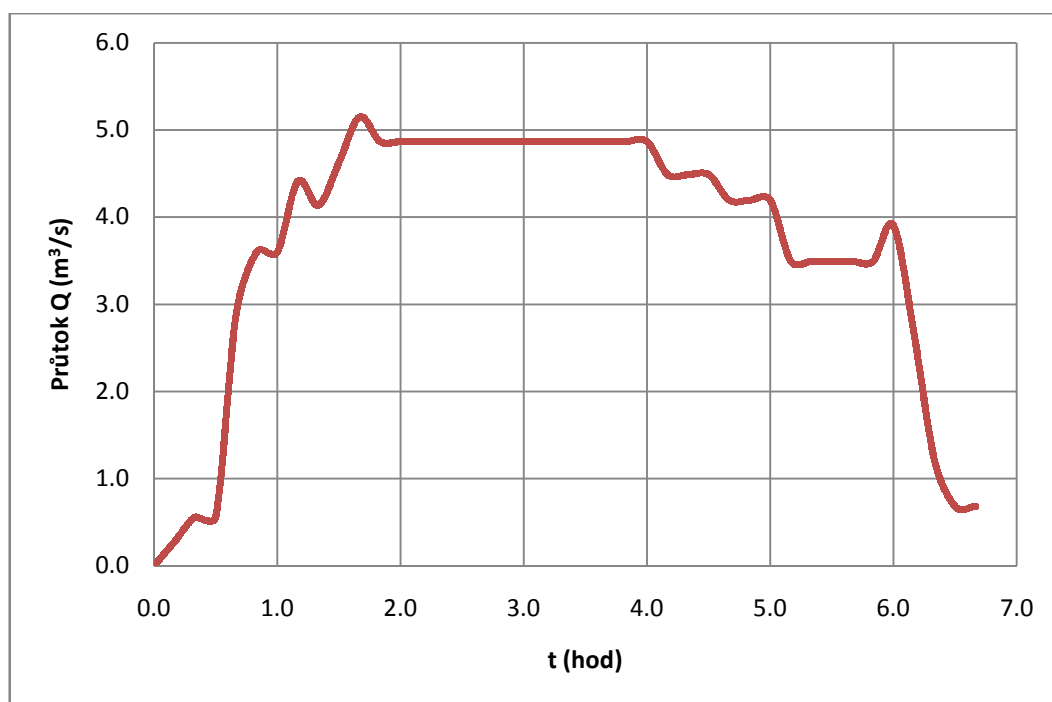
$$v = 4,918 \cdot s^{0,5} \quad (10)$$

kde v – průměrná rychlost (m/s)

s – sklon odtokového prvku ($\tan \alpha$).

Tento vztah je založen na řešení Manningovy rovnice pro nepevný povrch s parametry drsnostního součinitele $n = 0,05$ a hydraulického poloměru $R = 0,12$ m. [21]

Bylo provedeno rozdělení povodí dle vzdálenosti vrstevnic k závěrnému profilu. Dělení je po 10 výškových metrech. Z nejbližší vrstevnice (230,00 m n.m.) se voda dostane do zájmového profilu po 30 minutách od počátku dešťové události. Na druhé straně nejdelší doba dotoku z nejvýše položené vrstevnice (340,00 m n.m.) činí doba dotoku 390 minut. Po sečtení objemů z jednotlivých vrstevnic v časové řadě se průtok po 100 minutách vyšplhá na maximální hodnotu 5,1 m³/s. Pro zadané údaje byl vynesena hydrogram povodňové vlny pro závěrný profil – graf 4.4.

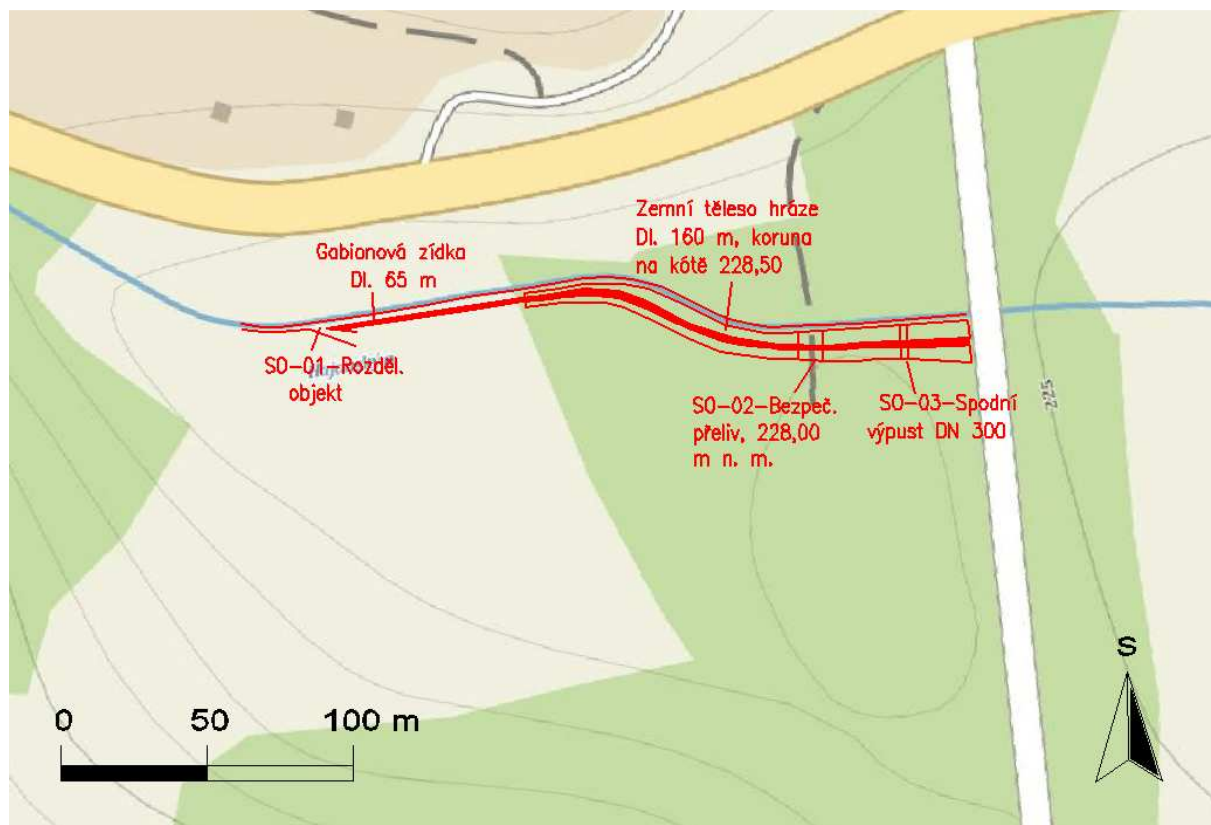


Graf 4.4. Hydrogram povodňové vlny

4.5.5. Charakteristiky stavby a vztahy v přilehlém území

Stavba má protipovodňovou a protierozní funkci. Účelem stavby je částečné zachytávání průtoků z extrémních srážek, které za závěrným profilem směřují do zastavěné části území Želešic. Problémovým místem jsou rodinné domky v blízkosti soutoku Hajanského potoka a řeky Bobravy – ul. Družstevní (viz. Foto č. 1). Vysoké průtoky odnášejí ornici, množství plaveného materiálu různého složení a dochází tak k zanášení komunikace a přilehlých nemovitostí. Stavba má tedy funkci ochrany zdraví a majetku.

Návrh stavby suché nádrže se svojí polohou nachází při údolnici vytyčeného povodí v těsné blízkosti osy Hajanského potoka. Vodní tok je obklopen vzrostlými dřevinami (viz. Foto č. 2) a prostor v blízkosti závěrného profilu je ve vegetačním období hustě prorostlý stromy a keři (viz. Foto č. 3). Bude proto pro vybudování stavby zapotřebí odstranit řadu vzrostlých stromů i s jejich kořeny. Z východní strany je nádrž ohraničena stavbou exetoriální dálnice a zbylé břehy zátopy tvoří přilehlý svažité terén s travním nebo lesním pokryvem (viz. Foto č. 4). Před realizací stavby je nutné provést vrty pro zjištění stavu podloží.



Obr. 4.7. Schéma navrhované hráze - situace (zdroj: online - mapy.cz)

4.5.6. Členění stavby na stavební objekty

Stavba je kromě vlastního tělesa hráze členěna na 3 navrhované stavební objekty dle jednotlivých funkcí.

SO-01 – Rozdělovací objekt.

SO-02 – Bezpečnostní přeliv.

SO-03 - Spodní výpust.

4.5.7. Charakteristika hráze

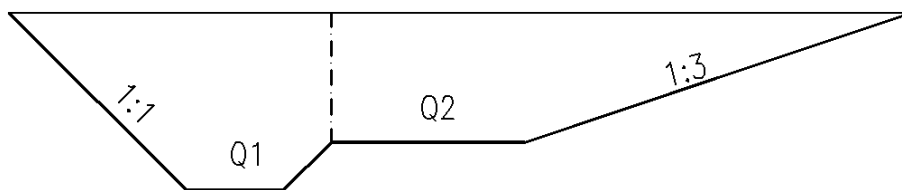
Osa hráze opisuje trajektorii koryta Hajanského potoka a je členěna na dvě části. Z důvodu morfologie stávajícího terénu v první části hráze voda nedosahuje velkých hloubek. Navrhují proto hráz z drátokamenných maticí o potřebné šířce se založením na ztuhnutou základovou spáru o délce 65 m. Hráz bude vytvořena dle kladečských postupů se stálou hodnotou kóty horní hrany 228,60 m n. m. Vzniklému přechodu dvou materiálů je třeba zabezpečit vodotěsnost a zároveň umožnit pohyb těsnění, které vzniká deformacemi hráze.

Druhou část hráze tvoří zemní těleso. Navrhovaná výška je 3,6 m od nejnižší položeného místa terénu. Koruna hráze má šířku 3,3 m a leží na kótě 228,60 m n. m. Tvar hráze je zvolen na základě tabulky z ČSN 75 2410 s maximálními hodnotami sklonu návodního a vzdušního líce. Návodní svah je ve sklonu 1:1,75 a bude jej pokrývat kamenný pohoz. Sklon vzdušního svahu hráze je 1:1,5 a bude chráněn proti erozi ohumusováním a osetím. Těleso hráze je sypané, nehomogenní a je tvořeno dvěma prvky – stabilizačním a těsnícím. Stabilizační část hráze je tvořena lomovým kamenem. Materiál je výhodný z hlediska dostupnosti, jelikož se lom nachází nedaleko od situace hráze. Těsnící část mohou tvořit skupiny zemin GM – štěrk hlinitý, GC – štěrk jílovitý, SM – písek hlinitý. V koruně hráze má jádro šířku 1,5 m a se sklonem 1:6,0 se zavádí 1 m pod původní terén. Zde má šířku v příčném profilu 3,0 m. Hráz je zakončena zavázáním do tělesa exteriorní dálnice.

4.5.8. SO-01 Rozdělovací objekt

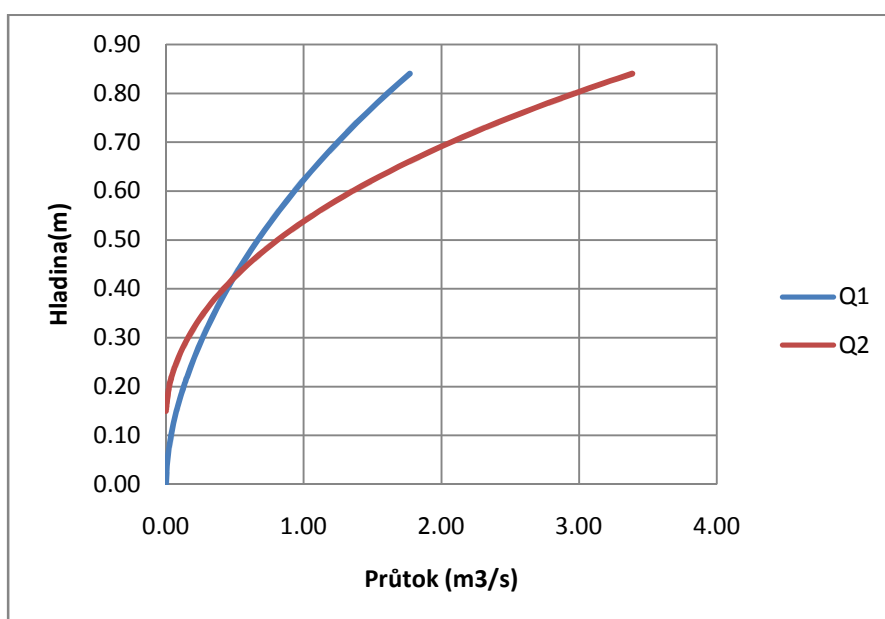
Rozdělovacím objektem je upravené stávající koryto, jehož tvar je uzpůsobený k převádění části povodňových průtoků do boční nádrže. To je provedeno snížením hrany pravého břehu potoka na navrhovaných 0,15 m ode dna potoka v místě dělení. Dále je kamenným pohozem vytvořený profil na průtoky Q_2 pro plnění nádrže. Dno koryta Hajanského potoka leží v místě dělení na kótě 227,50 m n. m. a tím dále pokračuje snížený průtok Q_1 . Vlastním dělicím objektem je zídka z vodostavebního betonu s pozvolným nárůstem výšky až do kóty koruny hráze pro vznik co nejnižších sil od množství proudící vody. Následně betonový rozdělovač po několika metrech přechází v první část hráze složenou z drátokamenných maticí.

Hydrotechnický výpočet rozdělení celkového průtoku byl v rámci této studie proveden jako proudění ve složeném korytě s šířkou ve dně kynety 0,3 m, sklony břehů kynety 1:1, šířka bermy 0,6 m a sklon svahu bermy 1:3 (viz. přiložené schéma příčného řezu obr. 4.8.). Situace rozdělovacího objektu je přiložena v příloze 8.1 výkresové dokumentaci jako výkres č. 1.



Obr. 4.8. Schéma příčného řezu rozdělovacího objektu (zdroj: vlastní)

Rozdělení jednotlivých průtoků je následující podle grafu 4.5. Průtok Q1 proudí kynetou profilu rozdělovacího objektu a tvoří koryto Hajanského potoka. Q2 je množství vody v čase směřující do nádrže a dochází tak k jejímu plnění.



Graf 4.5. Rozdělení průtočného množství ze srážky

4.5.9. SO-02 Bezpečnostní přeliv

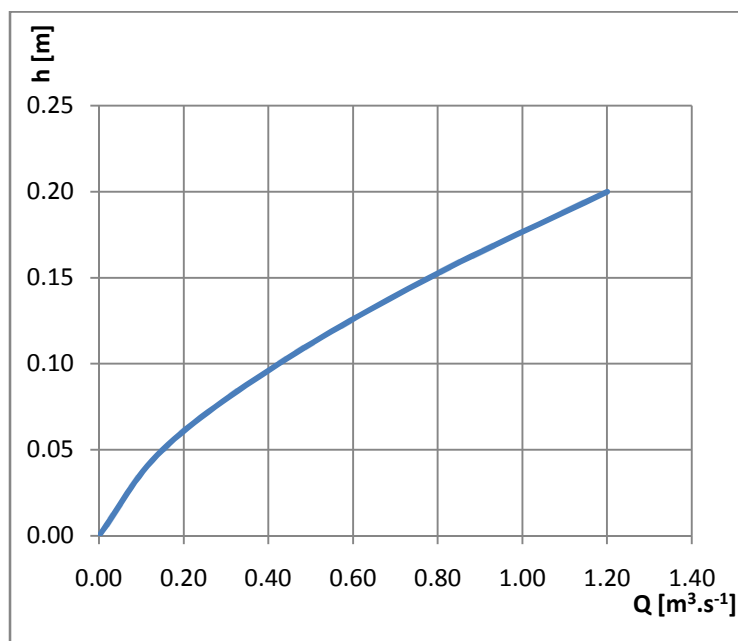
Konstrukce přelivu se nachází v ose nynější pěší stezky (viz obr. 4.7.) a je ve snížení koruny hráze na kótě 228,00 m n. m. Návrhový průtok je 1,2 m/s s výškou hladiny přepadu 0,2 m. Šířka ostrohranného přelivu resp. délka přelivné hrany je 5,9 m. Stanovení konzumní křivky přepadu bylo stanoveno dle vzorce pro dokonalý přepad:

$$Q = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2} \quad (11)$$

kde m – je Bazinův součinitel přepadu,
 b_0 – délka přepadajícího paprsku vody,
 g – je gravitační konstanta zrychlení,
 h – je přepadová výška.

Tab. 4.4. Výpočet konzumní křivky bezpečnostního přelivu

n. výška [m n.m.]	h [m]	Q [m ³ /s]
228,00	0,00	0,00
228,05	0,05	0,15
228,10	0,10	0,42
228,15	0,15	0,78
228,20	0,20	1,20



Graf 4.6. Měrná křivka bezpečnostního přelivu

4.5.10. SO-03 Spodní výpust'

Objekt spodní výpusti tvoří obetonované odpadní potrubí bez uzávěru. Vypouštění tak probíhá kontinuálně od okamžiku vzniku hladiny v nádrži nade dnem spodní hrany vstupu výpusti. Navrhovaná světlost potrubí je DN 300 se sklonem 4 % a délkou 11,75 m. Vtokový objekt výpusti je tvořen obetonovaným vstupem s vlastními základy a je opatřen česlem o rozteči 60 mm. (ČSN 75 2410, str. 27). Výústní objekt bude uzpůsoben pro usměrnění proudu vody do směru koryta Hajanského potoka bezvývarovým řešením pomocí vytvarování přívodního koryta k ose toku za pomoci skladby kamenů o vysoké hmotnosti.

Výpočet byl proveden dle následujících rovnic:

$$Q = S \cdot v \quad (12)$$

kde S – průtočná plocha potrubí,
 v – rychlost výtoku.

$$v = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (13)$$

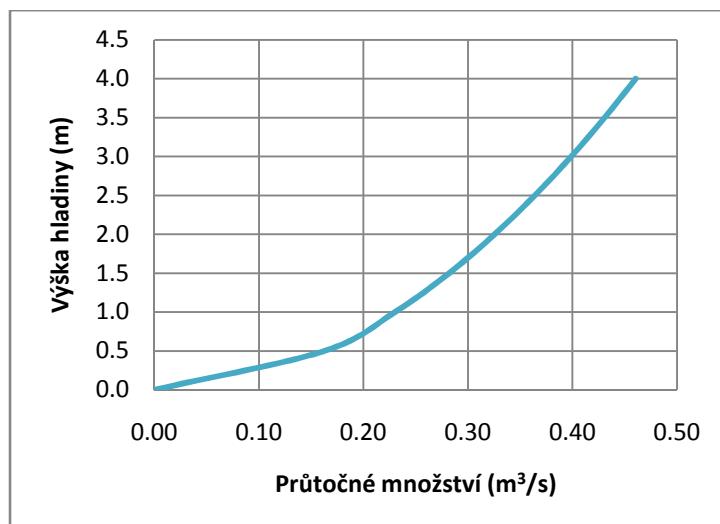
kde μ – je součinitel výtoku,
 H – je rozdíl hladiny a těžiště výtokuvého otvoru.

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}} \quad (14)$$

kde ξ_i – je součet hydraulických ztrát při proudění.

Tab. 4.5. Výpočet konzumní křivky spodní výpusti

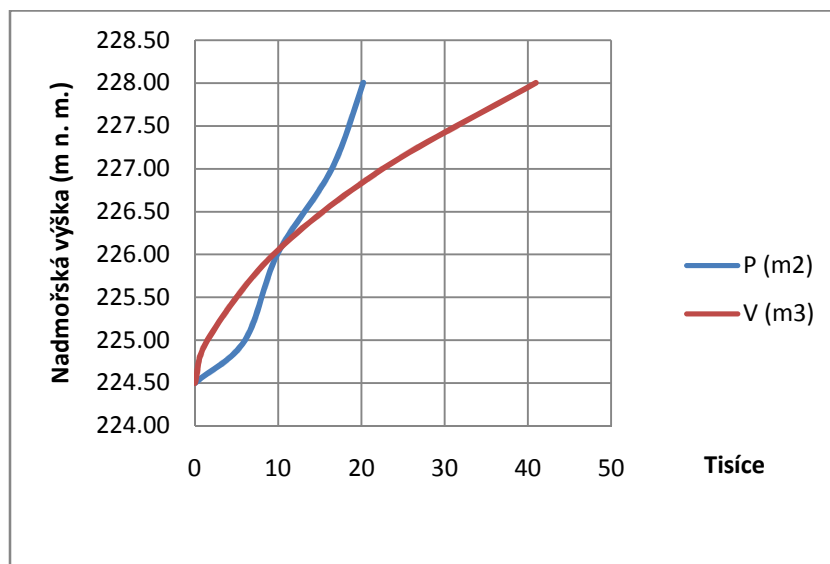
H [m]	v [m.s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
0,0	0,00	0,00
0,5	2,30	0,16
1,0	3,26	0,23
1,5	3,99	0,28
2,0	4,61	0,33
2,5	5,15	0,36
3,0	5,64	0,40
3,5	6,09	0,43
4,0	6,51	0,46



Graf 4.7. Měrná křivka výtoku spodní výpusti

4.5.11. Hydrotechnické výpočty, batygrafické čáry

Pomocí vrstevnicového podkladu byly změřeny plochy zatopení v jednotlivých výškách po 1 m. Na základě těchto údajů byly vypočteny objemy dílčích objemů v nádrži a společně s plochami jsou vyneseny v grafu č. 4.8. níže.



Graf 4.8. Batygrafické křivky - čáry zatopených ploch a objemů

Výsledná plocha maximálního rozlivu je vykreslena na podkladu mapy ortofoto - obr. 4.8.



Obr. 4.8. Situace nádrže na mapě ortofoto (zdroj: mapy.cz)

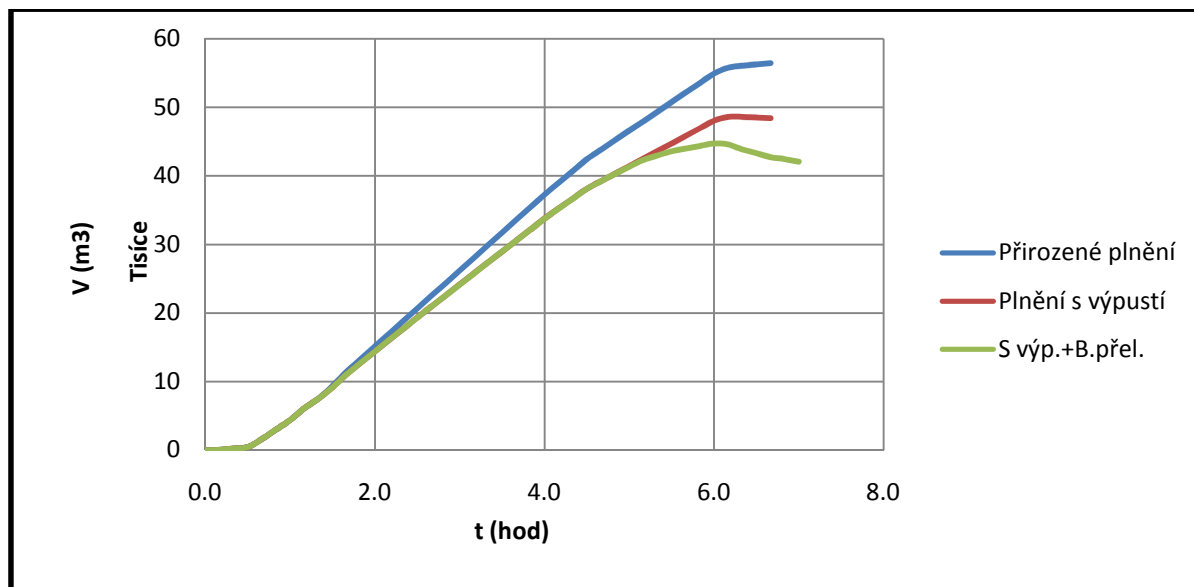
4.5.12. *Určení funkčních objemů v nádrži*

Nejnižším bodem v nádrži byla zvolena kóta 224,50 m n. m. Mezi nejnižší kótou dna poldru a kótou dolní hrany spodní výpustě se nachází mrtvý prostor o objemu 1500 m^3 . Nade dnem odpadního potrubí je prostor zásobní, ten sahá až po kótu bezpečnostního přelivu a jeho objem činí $41\,000 \text{ m}^3$. A mezi kótami bezpečnostního přelivu a výškou maximální hladiny se nachází retenční neboli ochranný prostor. Velikost objemu tohoto prostoru již stanoven nebyl.

4.5.13. *Popis výpočtu plnění nádrže*

K simulaci plnění nádrže byla vytvořena průtoková řada. Po začátku srážkové události se a již po 10 minutách doteče první průtok Q k profilu rozdělovacího objektu SO-01 a rozdělením celkového průtoku Q dochází k plnění nádrže průtokem Q_2 . Dosažení maximálního průtoku $5,10 \text{ m}^3/\text{s}$ v korytě Hajanského potoka dochází po 100 minutách a v tu dobu je již nádrž dotována průtokem $3,40 \text{ m}^3/\text{s}$ a zbylý průtok $Q_1 = 1,70 \text{ m}^3/\text{s}$ pokračuje korytem potoka do intravilánu obce Želešice. Současně již začne voda proudit odpadním potrubím spodní výpusti zpět do koryta. Postupně se nádrž plní až do objemu zásobního prostoru a voda již začíná přetékat přes korunu bezpečnostního přelivu. Hladina dosáhne předpokládané kóty 228,20 a objemu téměř $45\,000 \text{ m}^3$. Celý proces plnění nádrže je zobrazen

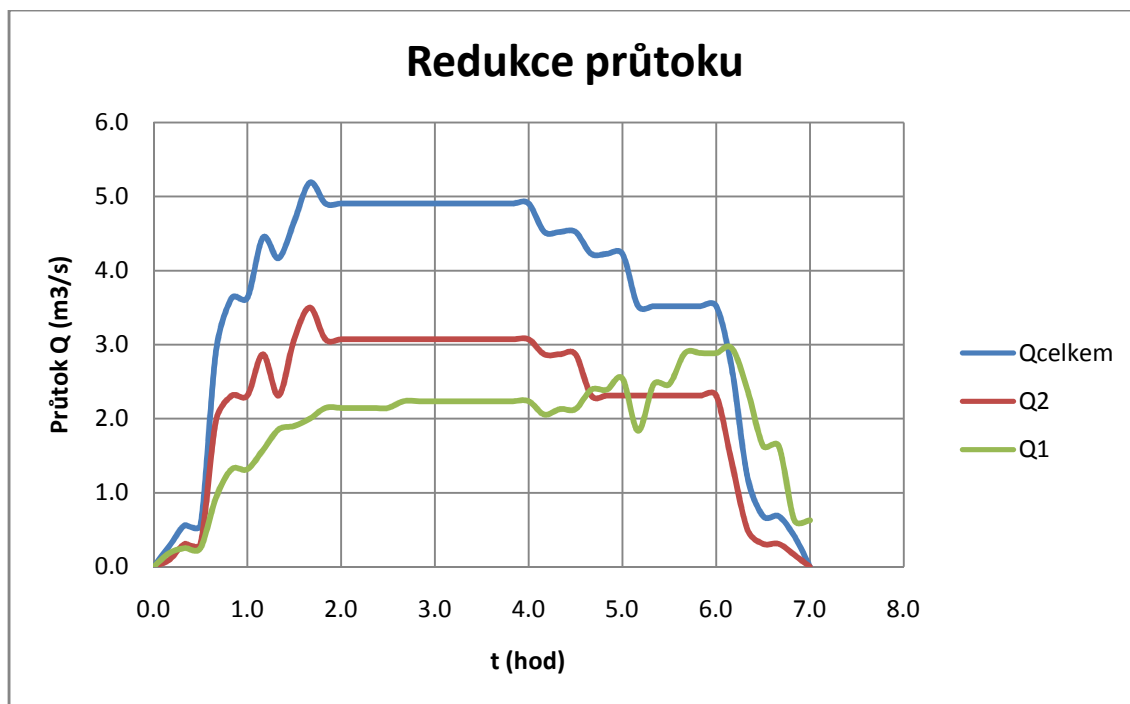
na grafu 4.9. Křivky znázorňují tři varianty nabývání objemu. Přirozené plnění bez možnosti odtoku, plnění v kombinaci s činností spodní výpustě a poslední je varianta, kdy objem přepadá i přes bezpečnostní přeliv.



Graf 4.9. Graf plnění nádrže

Následně se průtok Q2 snižuje, přelivem již přepadá návrhové průtočné množství 1,20 m³/s a nádrž se vyprazdňuje. Proces prázdnění probíhá již pouze spodní výpustí a vyprázdnění celé nádrže trvá 30 hodin. V nádrži zůstává voda v části mrtvého prostoru nádrže, odkud se zbylá voda buď vsákne nebo vypaří.

Z grafu 4.10. je zřejmé, že se rozdělením celkového průtoku Q sníží průtok Q1 směřující do obce Želešice a pozdrží se tak celý objem srážky. Celkový objem srážky je pak plocha mezi křivkami celkového průtoku Q a redukováného průtoku Q1.



Graf 4.10. Redukce povodňového průtoku

Svým transformačním účinkem povodňové průtoky pozdrží a sníží jejich nepříznivé dopady. Nádrž bude mít pouze minimální vliv na životní prostředí.

4.5.14. *Vzájemné působení toků v intravilánu obce*

Při stavech s vysokými průtoky v obou tocích dojde k vyšší míře ohrožení přilehlých nemovitostí. Při události vzniklé ve vegetačním období navíc z důvodu zarostlého terénu a samotných koryt dojde k rozsáhlejšímu rozlivu a jeho vzdutí. Z toho důvodu opatření, zajišťující snížení maximálních průtoků z extrémních srážek v povodí Hajanského potoka o více než polovinu, je příznivým.

4.5.15. *Stanovení nákladů na výstavbu*

Podniky povodí vytvořilo po roce 2000 analýzu nákladů na výstavbu polosuchých a suchých nádrží. Zvoleným parametrem byl 1 m³ vytvořeného celkového objemu a to proto, že celkový objem realizované nádrže je v nepřímé úměře s investicemi pro jeho vybudování. Analýzou byla sestavena tabulka cen za 1 m³ objemu nádrže s rozdělením do tří kategorií. S objemem 41 000 m³ spadá navržená nádrž do první kategorie (objem do 500 000 m³). Náklad za 1 m³ pak 65 Kč. [22]

Celá nádrž by tedy dle těchto kritérií vyšla na 2 665 000 Kč.

4.6. Posouzení, zda je potřeba uvažovat zpětné vzduť způsobené řekou Svratkou

K získání řešení na otázku zpětného vzduť byl pro modelování v 1-D použit program HEC-RAS 4.1.0. Důležitými podklady pro zpracování úkolu byly příčné profily řeky Bobravy v blízkosti ústí do řeky Svratky. Do programu bylo zadáno celkem 20 příčných profilů v celkové délce 2 km. Na tomto podélném profilu se na ř. km 1,673 nachází také jez jako příčná stavba. Hodnota přepadového součinitele byla zvolena $m=0,37$, tedy dle vzoru $m = (2g)^{0,5}$ se hodnota součinitele přepadu rovnala 1,66. Pro výpočet bylo dále potřeba stanovit Manningův drsnostní součinitel. Dle vzorů jednotlivých stavů koryt s přidělenými hodnotami koeficientů byly stanoveny hodnoty 0,048 pro dno koryta, které je charakterizováno jako malý tok s výraznými peřejemi nebo tůněmi a 0,035 pro břehy koryta toku. Následně bylo zapotřebí zjistit případných povodňových nadmořských výšek hladin řeky Svratky, od které zpětné vzduť hrozí. Tyto podklady byly poskytnuty z ústavu vodních staveb fakulty stavební VUT. Zjištěné hodnoty byly použity jako dolní okrajové podmínky pro výpočet. Výpočet byl proveden pro stacionární proudění v korytě.

5. Zobecnění poznatků

5.1. Uvedení výsledných potenciálních škod

Celkové hodnoty potenciálních škod jsou vyjádřeny v minimálních, průměrných a maximálních hodnotách. Rozdělení je provedeno podle N-letosti povodně. Celkové hodnoty potenciálních škod jsou uvedeny na straně 26 v tabulce 4.2. Potřebné investiční náklady a jejich návratnost je dále vypočítáno pro průměrné škody za N-leté povodně.

Hodnoty škod jsou následující:

Povodeň Q100 – škoda – 20 251 035 Kč.

Povodeň Q20 – škoda – 2 047 274 Kč.

Povodeň Q5 – škoda – 28 697 Kč.

Pro ochranu ohroženého území na úroveň Q100 jsou investiční náklady 9 900 000 Kč s dobou návratnosti 33 let.

5.2. Stavba na Hajanském potoce z hlediska splavenin

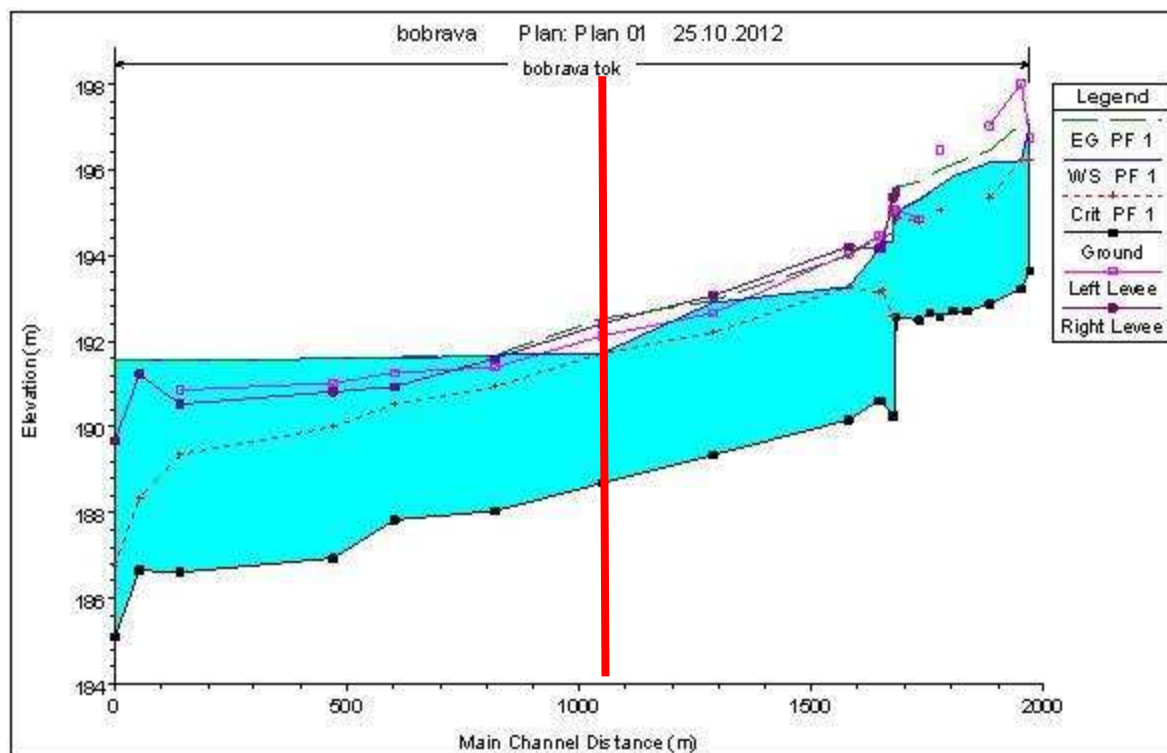
Použitý návrhový blokový déšť se vyskytuje s periodicitou 5 let (viz kap. 4.5.3.). V rámci bakalářské práce bylo vyhodnoceno 5 vzorků dnových splavenin na řece Bobravě. Na základě doporučení byla pro povodí Hajanského potoka stanovena velikost efektivního zrna d_{ef} (10 mm). Použitím stejné rovnice Meyera – Petera a Müllera (1) jako pro výpočet splavenin na řece Bobravě bylo zjištěno, že z události pětiletého deště je z povodí odneseno přibližně 22 t materiálu. Znamená to tedy, že je Hajanským potokem transportováno v průměru 4,4 tun splavenin ročně.

Následně byl výpočet proveden pro stav s realizovaným poldrem. Za předpokladu rovnoměrného rozložení splavenin v průtočném profilu se v nádrži zachytí 2/3 z celkového množství splavenin. Navržení stavby by tedy mělo pozitivní účinky i na splaveninový režim řeky Bobravy, do které potok ústí.

5.3. Dosah vzdutí řeky Svratky

Posouzením bylo zjištěno následující. V nejméně příznivém případě, kdy by korytem řeky Bobravy a Svratky protékal průtok 100-leté povodně, dosáhne vzdutí vzdálenosti 1050.

Hranice intravilánu obce však leží 2360 m od osy toku Svratka. viz obr. 5.1.



Obr. 5.1. Podélný profil Bobravy a zpětného vzdutí od Svratky (zdroj HEC-RAS 4.1.0.)

6. Závěry pro praxi

V první části své práce jsem se zaměřil na problematiku týkající se ohroženosti obce Želešice povodněmi. Byla proto pro obec sestavena kvantitativní riziková analýza, která stanovuje celkové nebezpečí z povodní vyčíslením potenciálních škod. Díky výsledkům z analýzy lze dále zvažovat míru potřebné ochrany ohrožených objektů a tak i velikost možné investice pro daný účel.

Následným krokem práce je příprava na potřebné preventivní opatření obce proti povodním. Zabýval jsem se povodňovým plánem obce a přípravnému opatřením, které se týká vypracování seznamu jmen a adres občanů, žijících v objektech v záplavové zóně. Pro ty je přiložen vzor povodňového plánu vlastníka nemovitosti, po jehož vyplnění získá vedení obce důležitý podklad pro krizový stav povodně. Na základě zjištěných informací je povodňová komise schopna efektivně řešit vzniklé situace a má jejich vývoj více pod kontrolou. Vypracované dokumenty tedy mohou být dobrým základem, určeným ale pouze a jedině k účelům řešení krizových stavů v obci.

Dalším úkolem bylo vytvořit variantu řešení protipovodňové ochrany pro obec, zohlednit při tom protipovodňovou dokumentaci a již navržená ochranná opatření. První opatření, zpracováno společností Pöyry, řeší otázku v rozsáhlejší rozsahu povodí a je určeno pro správce toku. Jedná se o dlouhodobou investici, která s sebou ve výsledku přinese změnu v koncepci vodní bilance povodí řeky Bobravy a její charakteristiky. Vybudováním kaskády dvou přehrad dojde ke snížení ohrožení obce před povodněmi. Druhé opatření, navržené panem Ing. Janem Vrbou, se nachází v katastrálním území obce Želešice. Řeší v něm problematiku terénních nedostatků a lokálních poruch v blízkosti intravilánu obce, které při extrémních srážkách přináší komplikace přilehlým obydlím. Navržené stavby tak svými funkcemi tvoří dílčí ochranu obce před povodněmi a zároveň před vznikem plošné erozní činnosti.

Ve vlastním návrhu protipovodňové ochrany obce se zabývám výstavbou suché nádrže na Hajanském potoce, pravostranném přítoku řeky Bobravy. Nádrž by byla schopna plnit tyto funkce. Snižovat kulminační průtoky z extrémně intenzivních srážek a redukovat tak odnos jemnozrnného materiálu z povodí.

Jestliže dojde k realizaci všech zmiňovaných technických opatření v povodí řeky Bobravy, lze očekávat snížení množství splaveného materiálu.

Posouzením, zda vlivem zpětného vzduť dojde k ohrožení obce, bylo zjištěno, že takové nebezpečí nehrozí.

7. Doprovodné seznamy

7.1. Seznam použitých zdrojů

- [1] Územní studie v oblasti jihozápadně města Brna: Vodní hospodářství. Brno, 2008. Dostupné z: http://up.kr-jihomoravsky.cz/download/US/2232/vodn%C3%AD_hospod%C3%A1%C5%99stv%C3%AD.pdf
- [2] Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. první. Praha: IREAS, 2007. ISBN 978-80-86684-48-2.
- [3] SPLAVENINOVÁ STUDIE VYBRANÉHO TOKU. Brno, 2011. Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.
- [4] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1970. Díl III, s. 157.
- [5] Vliv hospodaření v krajině na průběh a účinek povodní. Brno: Hnutí DUHA, 2004. ISBN 80-86834-04-2.
- [6] ŽELEŠICE, Protipovodňová opatření [online]. 2010[cit. 2012-11-19]. Dostupné z: <http://www.zelesice.eu/media/18354/informace%20o%20protipovod%C5%88ov%C3%BDch%20opat%C5%99en%C3%ADch.pdf>
- [7] Záplavová území - data. [online]. [cit. 2012-11-25]. Dostupné z: http://www.wmap.cz/dpp_cr/servis.dll?GEN=LST&MAP=zapluz_data&TS=zu_all&QY=T%5BORP_KOD%5D*6214
- [8] Záplavové území: vodního toku Bobrava. [online]. [cit. 2012-11-25]. Dostupné z: http://www.wmap.cz/pk_zapluz/doc/zapluz/100000156.pdf
- [9] ŽELEŠICE ÚZEMNÍ PLÁN OBCE [online]. [cit. 2012-11-28]. Dostupné z: http://www.zelesice.eu/media/2385/up_zelesice-pruvodni_zprava.pdf
- [10] Jaké typy povodní se u nás vyskytují?. [online]. [cit. 2012-11-28]. Dostupné z: http://www.povis.cz/mzp/Typy_povodni.pdf
- [11] Povodňový plán [online]. 2003 [cit. 2012-11-29]. Dostupné z: <http://www.tachov-mesto.cz/data/download/downloadbank/povodne/povodov-pln-orp-tachov/povodov-pln-orp-tachov.pdf>
- [12] Povodňový plán obce Hejtmánkovice [online]. 2006[cit. 2012-11-29]. Dostupné z: <http://www.hejtmankovice.cz/file.php?nid=717&oid=651251>

- [13] Wikipedia [online]. [cit. 2012-11-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDele%C5%A1ice>
- [14] NÁVRH VÍCEÚČELOVÉ NÁDRŽE V K.Ú. TŘEBAŘOV [online]. BRNO, 2012 [cit. 2012-12-15]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=47599.
DIPLOMOVÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- [15] Trupl, J.: Intensity kratkodobych dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. VÚV Praha, Práce astudie, 1958, sešit 97.
- [16] Povodňový plán JMK. Brno, 2009. Dostupné z: www.kr-jihomoravsky.cz
- [17] Povodňový plán obce Jakubčovice nad Odrou. [online]. [cit. 2012-12-29]. Dostupné z: <http://moravskoslezsky.dppcr.cz>
- [18] PUNČOCHÁŘ, Pavel. Hrozba sucha a naše vodní zdroje. Brno, 2012.
- [19] STUDIE PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ NA ÚZEMÍ JIHOMORAVSKÉHO KRAJE [online]. 2007[cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://www.kr-jihomoravsky.cz/archiv/ozp/protipovodnova_opatreni_jmk_2007/2_cast/Kapitola_2.pdf
- [20] METODIKA TVORBY MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK[online]. 2011[cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://www.povis.cz/mzp/smernice/Methodika_mapovani_2012-03-13.pdf
- [21] Ochrana a organizace povodí. In: [online]. [cit. 2013-01-03]. Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/yopz/YOPZ_5.pdf
- [22] Suché a polosuché poldry. In: [online]. 2005 [cit. 2013-01-3]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/37061/_35_poldry.pdf

7.2. Seznam použitých zkratk a symbolů

RI	- průměrné roční ekonomické riziko
PPO	- protipovodňové opatření
PU	- poměrná efektivnost
ČSÚ	- Český statistický úřad
ORP	- obec s rozšířenou působností
SPA	- stupeň povodňové aktivity
JKSO	- jednotná klasifikace stavebních objektů
ZABAGED	- základní báze geodetických dat
ČÚZK	- Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČHMÚ	- Český hydrometeorologický ústav
GIS	- geografické informační systémy
ÚRS	- ústav racionalizace ve stavebnictví

7.3. Seznam použitých vztahů

(1)	Množství splavenin dle Meyer-Peter a Müller	18
(2)	vyčíslení potenciálních povodňových	23
(3)	Škody na vybavení budov pro bydlení	25
(4)	Škody na pozemních komunikacích	26
(5)	Škody na mostech	26
(6)	Škody v zemědělství	27
(7)	Průměrné roční ekonomické riziko	27
(8)	pravděpodobnost dosažení nebo překročení příslušného N-letého kulminačního průtoku	27
(9)	Vytvořena čára překročení škod	28
(10)	Průměrná rychlost proudění z povodí	38
(11)	Dokonalý přepad	43
(12)	Průtočné množství	44
(13)	Rychlost výtoku z potrubí	44
(14)	Výpočet součinitele hydraulických ztrát	44

8. Přílohy

8.1. Výkresová dokumentace

1	SO-01 Situace rozdělovacího objektu	M 1:20
2	SO-01 Příčný řez rozdělovacího objektu	M 1:25
3	SO-02 Situace bezpečnostního přelivu	M 1:125
4	SO-02 Příčný řez bezpečnostního přelivu	M 1:50
5	SO-03 Situace spodní výpusti	M 1:125
6	SO-03 Příčný řez spodní výpustí	M 1:50

8.2. Vzor povodňového plánu vlastníka nemovitosti

1 strana

8.3. Fotopříloha (s popisem)



Foto. č. 1 Soutok Hajanského potoka a řeky Bobravy, ul. Družstevní (zdroj: vlastní)



Foto. č. 2 Doprovodný porost Hajanského potoka (zdroj: vlastní)



Foto. č. 3 Stav koryta Hajanského potoka, závěrný profil (zdroj: vlastní)



Foto. č. 4 Pohled na břehy nádrže vzniklé zátopou – pohled jižním směrem (zdroj: vlastní)

8.4. Seznam vlastníků ohrožených objektů

A – Pravý břeh Bobravy – 5 stran

B – Levý břeh Bobravy – 2 strany

8.5. Výpočet potenciálních povodňových škod

Z důvodu velikosti a rozsahu výpočtu pro povodeň Q100 je přiložen výpočet pouze pro povodeň Q20. – 1 strana