

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA HYDROTECHNIKY



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ekonomické posouzení retenčního účinku výhledové nádrže

Borovnice na Svatce

Economic assessment of the retention effect of the Borovnice  
prospective reservoir on the Svatka river

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Horský, Ph.D.

Květen 2018

Jan Ouhel



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Ouhel Jméno: Jan Osobní číslo: 439147

Zadávací katedra: K142 - Katedra hydrotechniky

Studijní program: Stavební inženýrství - B3651

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby - 3647R015

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Ekonomické posouzení retenčního účinku výhledové nádrže Borovnice na Svratce

Název bakalářské práce anglicky: Economic assessment of the retention effect of the Borovnice prospective reservoir on the Svratka river

Pokyny pro vypracování:

Proveďte rizikovou analýzu - výpočet potenciálních povodňových škod a povodňových rizik na Svratce v rozsahu stanoveného záplavového území od profilu výhledové nádrže Borovnice až po vzdutí nádrže Vír pro současný stav a pro navržené varianty (8) retenčních objemů uvedené nádrže jako prostředku PPO v daném území (BP: Melichar, J., 2017). Při výpočtu uvažujte s klesajícím účinkem nádrže ovlivněným mezipřítoky na základě hydrologických dat. V případě potřeby navrhnete rámcově další možnosti zefektivnění PPO v daném území.

Seznam doporučené literatury:

Horský, M., 2008: Metody hodnocení potenciálních povodňových škod a jejich aplikace pomocí prostředků GIS, disertační práce, ČVUT.

Drbal, K. a kol.: 2012: Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV TGM.

Melichar, J., 2017: Vodohospodářské řešení výhledové vodní nádrže Borovnice na Svratce, bakalářská práce.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Horský, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 23. 2. 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

.....

Místo zpracování, datum

.....

Jan Ouhel

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu Ing. Martinu Horskému, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce a cenné rady, které mi pomohly řešit problémy, na které jsem narazil při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům státního podniku Povodí Moravy, kteří mi poskytli hydrologická data a další podklady, bez kterých bych se neobešel.

## **Abstrakt**

Cílem této práce je posoudit účinek výhledové nádrže Borovnice na protipovodňovou ochranu obcí ležících na řece Svratce. Pro řešení tohoto problému je použita metoda rizikové analýzy, kterou jsou stanoveny škody na nemovitostech, vybavení nemovitostí, komunikacích, inženýrských sítích, vozidlech a na hospodářských plochách pro povodňové scénáře  $Q_2$ ,  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$  a  $Q_{100}$  a míra ovlivnění těchto škod zbudováním výhledové nádrže Borovnice. Ekonomickou efektivitu výhledové nádrže Borovnice posuzuji v osmi variantách velikosti retenčního prostoru nádrže a náklady dělím mezi vodárenskou a protipovodňovou funkci. Výsledky této práce by měly pomoci při rozhodování obcí při případném jednání o zbudování nádrže Borovnice.

## **Klíčová slova**

Riziková analýza, povodňová škoda, vodní nádrž, transformace povodňové vlny, jednotková škoda.

## **Abstract**

The goal of this thesis is the assessment of the effect the Borovnice prospective reservoir could have on flood protection of towns located on the Svratka river. I use the risk analysis method to evaluate damage on local real estate and its equipment, the roads, engineering network, vehicles and fields for flood scenarios  $Q_2$ ,  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$  and  $Q_{100}$  and the extent to which this damage was affected by the Borovnice prospective reservoir. I review the economic efficiency of the reservoir in eight possible sizes of its retention space and split the costs between the waterworks and flood prevention features. The results of this thesis should aid the towns in prospective negotiation about the construction of the Borovnice reservoir.

## **Key words**

Risk analysis, flood damage, reservoir, flood wave transformation, unit damage.

## Obsah

1. ÚVOD .....	3
2. CÍLE PRÁCE .....	4
3. METODY RIZIKOVÉ ANALÝZY.....	5
3.1 Výpočet potenciálních povodňových škod.....	5
3.1.1 Potenciální škody na budovách.....	5
3.1.2 Potenciální škody na vybavení budov .....	7
3.1.3 Potenciální škoda na pozemních komunikacích.....	7
3.1.4 Potenciální škoda na inženýrských sítích .....	8
3.1.5 Potenciální škoda v zemědělství.....	8
3.1.6 Potenciální škody na vozidlech.....	9
3.2 Riziková analýza.....	9
3.2.1 Analytická metoda.....	10
3.2.2 Výše kapitalizovaného rizika.....	11
3.2.3 Analýza nákladů a užitků .....	12
4. HYDROLOGICKÉ PODKLADY .....	13
5. POPIS LOKALITY .....	15
5.1 Obec Krásné.....	16
5.2 Obec Telecí .....	16
5.3 Obec Borovnice .....	16
5.4 Obec Sedliště .....	17
5.4 Obec Jimramov .....	17
6. VÝHLEDOVÁ NÁDRŽ BOROVNICE.....	18
6.1 Popis výhledové nádrže Borovnice.....	18
6.2 Návrh tělesa hráze.....	19
6.3 Výpočet objemu tělesa hráze .....	19
6.4 Odhad nákladů na realizaci .....	20
6.5 Rozdělení nákladů na výstavbu .....	21
7. VÝPOČET POVODŇOVÝCH ŠKOD.....	22
8. VÝPOČET POVODŇOVÝCH ŠKOD PO REALIZACI VÝHLEDOVÉ NÁDRŽE BOROVNICE.....	24

9. POČET OHROŽENÝCH OSOB POVODNĚMI .....	29
10. ZHODNOCENÍ ÚČINNOSTI VÝHLEDOVÉ NÁDRŽE BOROVNICE .....	31
11. DALŠÍ MOŽNÉ ZPŮSOBY OCHRANY LOKALITY .....	33
12. ZÁVĚR.....	34
13. SEZNAMY.....	35
13.1 Použitá literatura.....	35
13.2 Seznam tabulek .....	36
13.3 Seznam obrázků .....	37
14. PŘÍLOHY.....	39
14.1 Fotodokumentace obce Krásné.....	39
14.2 Fotodokumentace obce Telecí .....	41
14.3 Fotodokumentace obce Borovnice .....	43
14.4 Ohrožený majetek v obci Sedliště .....	45
14.5 Fotodokumentace obce Jimramov.....	46
14.6 Vzorový příčný řez .....	48
14.7 Seznam budov a komunikací v záplavovém území .....	49

# 1. ÚVOD

Výhledová vodní nádrž Borovnice na řece Svatce je zařazena v Generelu území chráněných pro akumulaci povrchových vod. Jejím hlavním účelem je vodárenské využití ve spolupráci s nádrží Vír I v případě nepříznivého vývoje klimatické změny. Dalším účelem výhledové nádrže Borovnice je zlepšení protipovodňové ochrany území pod nádrží až do profilu nádrže Vír I. V tomto území se nachází osm obcí ohrožených povodněmi. Jsou to obce Krásné, Telecí, Borovnice, Sedliště, Jimramov, Strachujov, Unčín a Dalečín. [1]

Úkolem této práce je pomocí metody rizikové analýzy stanovit potenciální povodňové škody v této lokalitě a zjistit, o kolik by je ovlivnila výstavba výhledové nádrže Borovnice. Bohužel pro obce Strachujov, Unčín a Dalečín ještě není stanoven rozsah záplavového území, proto v nich nebylo možné zjistit potenciální povodňové škody. Škody v těchto obcích by navýšily celkové škody, a tím by zvýšily i ekonomickou efektivitu výhledové nádrže Borovnice. Vodohospodářským řešením výhledové nádrže Borovnice se ve své bakalářské práci zabýval Melichar Jonáš [2]. Navrhl osm variant rozdělení prostoru nádrže na zásobní a retenční prostor a zhotovil hydrogramy průběhu povodňových vln pro tyto varianty. Pro těchto osm variant retenčního prostoru počítám ovlivnění povodňových škod a snažím se určit, která je ekonomicky nejvýhodnější. Protože má výhledová nádrž Borovnice kromě protipovodňového účelu ještě účel vodárenský, počítám s rozdělením nákladu na výstavbu mezi těmito účely podle poměru retenčního a zásobního objemu. [4]

V úseku mezi výhledovou nádrží Borovnice a nádrží Vír I má řeka Svatka dva významné přítoky Bílý potok a Fryšávku. Je zřejmé, že protipovodňový účinek výhledové nádrže Borovnice se pod těmito přítoky sníží. Proto je zájmové území rozděleno v místech přítoku na tři úseky, které jsou počítány samostatně.

Aby bylo možné posoudit ekonomickou efektivitu výhledové nádrže Borovnice, je nutné nejprve určit cenu vodního díla. Jelikož návrh nádrže Borovnice není cílem této práce, je cena nádrže jen hrubý odhad vycházející z předpokladů, že se bude jednat o sypanou homogenní hráz a cena výkupu pozemků bude průměrná cena pozemků v ČR.



## 2. CÍLE PRÁCE

V této kapitole jsou stanoveny cíle, kterých má tato bakalářská práce dosáhnout. Cíle jsou seřazeny tak, jak jdou chronologicky za sebou.

- Shromáždění a zpracování potřebných podkladů ze záplavového území a podkladů pro výhledovou nádrž Borovnici.
- Provedení terénního průzkumu ohrožených obcí pod výhledovou nádrží Borovnice.
- Popis dané lokality.
- Zhotovení fotodokumentace dané lokality.
- Identifikování ohroženého majetku v záplavovém území.
- Stanovení počtu ohrožených osob povodněmi.
- Výpočet stávajících povodňových škod.
- Výpočet kulminačních průtoků z transformované povodňové vlny po realizaci výhledové nádrže Borovnice.
- Výpočet redukovaných škod po výstavbě výhledové nádrže Borovnice pro osm variant velikosti retenčního prostoru.
- Koncepční návrh přehradního tělesa výhledové nádrže Borovnice pro výpočet nákladů na realizaci.
- Výpočet nákladů na realizaci výhledové nádrže Borovnice.
- Rozdělení nákladů mezi vodárenskou funkci a protipovodňovou funkci nádrže.
- Analýza nákladů a užitků výhledové nádrže Borovnice pro osm variant retenčního prostoru.
- Stanovení nejvýhodnější varianty rozdělení objemu výhledové nádrže Borovnice z hlediska protipovodňové funkce a ekonomického hlediska.
- Rámcový návrh případného výhodnějšího řešení protipovodňové ochrany dané lokality.

### 3. METODY RIZIKOVÉ ANALÝZY

Metoda rizikové analýzy umožňuje stanovit míru povodňového nebezpečí a výši potenciálních povodňových škod na stavebních objektech, vybavení stavebních objektů, inženýrských sítích, dopravní infrastruktury, vozidlech, v průmyslu a v zemědělství. Zjištění výše povodňových škod je velmi důležité pro hospodárné a efektivní navržení případné protipovodňové ochrany daného území. Aby riziková analýza správně fungovala, je velmi důležité nejprve shromáždit kvalitní vstupní podklady a data (mapové podklady, geodetické podklady, hydrologická data, data pro vytvoření matematického modelu pro vymezení záplavového území, podklady pro vyjádření zranitelnosti území a jednotkové ceny objektů, nemovitostí a infrastruktury).

#### 3.1 Výpočet potenciálních povodňových škod

##### 3.1.1 Potenciální škody na budovách

Potenciální povodňové škody na Budovách závisí na druhu a konstrukci budovy, zastavěné ploše budovy a na ztrátové funkci. Potenciální škoda pak vyplývá ze vztahu:

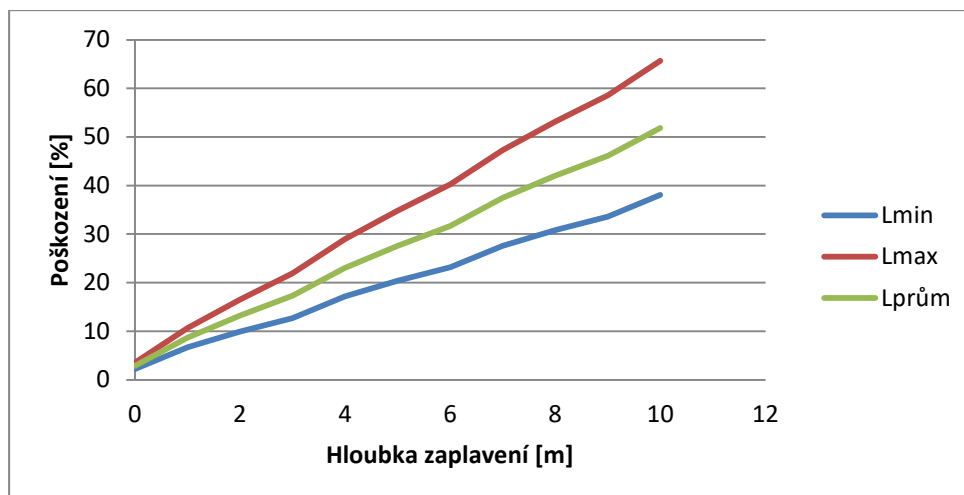
$$D_{SO} = A * P * L(h, v, t) \quad [\text{Kč}]$$

Kde  $D_{SO}$  je hodnota škody v Kč,  $A$  je zastavěná plocha ohrožené budovy v  $\text{m}^2$ ,  $P$  je pořizovací cena daného druhu budovy v  $\text{Kč}/\text{m}^2$  a  $L$  je ztrátová funkce vyjadřující procento poškození v % v závislosti na hloubce zatopení, rychlosti proudění vody a době trvání povodně v hodinách.

Ztrátová funkce vyjadřuje procentuální poškození budovy v závislosti na hloubce zatopení, případně ještě na rychlosti proudění a době trvání povodně. Ztrátová funkce je nezávislá na době opakování povodně. V tab. 3.1 a na obr. 3.1 je znázorněna závislost procenta poškození budovy na hloubce zatopení. Poškození se pohybuje v rozmezí  $L_{min}$  a  $L_{max}$ . Pro potřeby této práce byla do výpočtů dosazována průměrná hodnota ztrátové funkce  $L_{prům}$ . [4] [5]

Tab. 3.1 Procentuální vyjádření škod na budovách v závislosti na hloubce zatopení [4]

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
$L_{prům}$	2,89	8,67	13,22	17,29	23,07	27,61	31,69	37,47	42,01	46,09	51,87



Obr. 3.1 Křivky vyjadřující procentuální škody na budovách v závislosti na hloubce zatopení [4]

Ceny budov pro výpočet škod jsou převzaty z cenových ukazatelů ve stavebnictví pro rok 2018. Při výpočtu škod počítáme s tím, že dojde k poškození prvního nadzemního podlaží. Proto si můžeme dovolit přepočíst jednotkovou cenu z metrů krychlových na metry čtvereční tak, že jednotkovou cenu vynásobíme průměrnou výškou podlaží 3 m. Je možné, že některé budovy v záplavovém území jsou podsklepené a reálná škoda bude vyšší. To však ze vstupních podkladů nelze určit, proto se počítá s průměrnou hodnotou cen nemovitostí a podsklepení se zanedbává. V tab. 3.2 je přiložen seznam druhů budov podle JKSO nacházejících se v záplavovém území a jejich jednotkové ceny za metr čtvereční 1. podlaží. [6]

Tab. 3.2 Druhy budov dle JKSO nalézající se v záplavovém území a jejich jednotkové ceny [6]

Označení dle JKSO	Druh budovy	Jednotková cena [Kč/m <sup>2</sup> ]
801	Budovy občanské výstavby	20523
803	Budovy pro bydlení	19044
803.8	Chaty pro individuální rekreaci	15555
812.1	Budovy výrobní pro průmysl, speciální	17316
812.2	Budovy výrobní pro energetiku	21906
812.3	Budovy vodního hospodářství, čistíren a úpraven vod	17403
812.6	Budovy pro garážování, opravy a údržbu vozidel, strojů a zařízení	17349
812.8	Budovy pro skladování a úpravu zemědělských produktů	11310

Pro určení zastavěných ploch budov byly použity WMS služby ČÚZK. Pomocí programu ArcMap jsem změřil jednotlivé zastavěné plochy budov z ortofoto map a map katastru nemovitostí. Pro stanovení hloubky zatopení objektů jsem použil záplavové mapy z hydroekologického informačního systému VÚV TGM a vrstevnice ze systému ZABAGED. [7] [8] [9]

### 3.1.2 Potenciální škody na vybavení budov

K poškození vybavení budov dojde až při určité úrovni hladiny záplavy, jelikož kóta podlahy prvního nadzemního podlaží bývá výše než terén. Proto se škoda na vybavení počítá až při zatopení budovy do výše 0,5 m. Škody na vybavení se nepočítají u všech typů budov ale jen u budov pro bydlení, občanskou vybavenost a průmysl. Potenciální škoda na vybavení budov se spočítá jako:

$$D_V = A * Z_V \quad [\text{Kč}]$$

Kde  $D_V$  je škoda na vybavení budov v Kč,  $A$  je zastavěná plocha budov pro bydlení, občanskou vybavenost a průmysl s hloubkou zatopení větší jak 0,5 m v  $\text{m}^2$  a  $Z_V$  je jednotková škoda v  $\text{Kč}/\text{m}^2$ .

Výpočet jednotkové škody na vybavení budov vztažený na půdorysnou plochu budovy vychází ze statistik ČSÚ. Pro občanské budovy a budovy pro bydlení byla jednotková cena škody stanovena na 2600  $\text{Kč}/\text{m}^2$ . Pro průmyslové objekty se strojním vybavením byla jednotková cena stanovena na 2905  $\text{Kč}/\text{m}^2$ . [4] [5]

### 3.1.3 Potenciální škoda na pozemních komunikacích

Pozemní komunikace jsou pro stanovení potenciálních škod děleny na komunikace a železnice. V území zpracovávaném v této práci se železnice nevyskytují, proto se budu zabývat pouze komunikacemi. Ceny pro odvození potenciálních škod na pozemních komunikacích vychází z ceníků JKSO pro rok 2018. Jednotková cena škody byla stanovena na hodnotu 153  $\text{Kč}/\text{m}^2$ . Plocha zaplavených komunikací byla změřena z ortofoto map. Potenciální škoda na komunikacích se pak spočítá pomocí vzorce:

$$D_K = A * Z_K \quad [\text{Kč}]$$

Kde  $D_K$  je škoda vzniklá na komunikaci v Kč,  $A$  je plocha komunikace v  $\text{m}^2$  a  $Z_K$  je jednotková škoda na komunikaci v  $\text{Kč}/\text{m}^2$ . [4] [5]

### 3.1.4 Potenciální škoda na inženýrských sítích

Výpočet škod na inženýrských sítích vychází z předpokladu, že víme, kde jsou sítě umístěny, a víme, o jaké sítě se jedná. V záplavovém území se může vyskytovat vedení elektřiny, vody, kanalizace, plynu a telekomunikací. Tyto sítě se nejčastěji vyskytují v souběhu s komunikacemi a lze odhadnout, že jejich délka bude stejná jako délka komunikací. Jednotková výše škody vyplývá z jednotkové ceny inženýrských sítí podle ceníků JKSO a procenta poškození sítě. Inženýrské sítě jsou vedeny pod zemí, a proto je poškození minimální. Procentuální poškození sítí se pohybuje mezi 0,3 až 2,5%. Potenciální škoda na inženýrských sítích se pak spočítá ze vztahu:

$$D_{IS}=L*Z_{IS} \quad [\text{Kč}]$$

Kde  $D_{IS}$  je škoda vzniklá na inženýrských sítích v Kč,  $L$  je délka zaplavené inženýrské sítě v m a  $Z_{IS}$  je jednotková škoda na inženýrských sítích v Kč. [5]

V lokalitě zpracovávané v této práci nebylo možno přesně stanovit polohu a typ inženýrských sítí, a proto se do výpočtu potenciálních povodňových škod škody na inženýrských sítích počítaly, tak že délka sítí byla stanovena stejná jako délka komunikací a škody na inženýrských sítích byly zahrnuty do škod na komunikacích.

### 3.1.5 Potenciální škoda v zemědělství

Potenciální škody v zemědělství se dělí na škody v rostlinné výrobě a v živočišné výrobě. V lokalitě zpracovávané v této práci se živočišná výroba nevyskytuje, proto jí neuvažují. Jednotková škoda na rostlinné výrobě záleží na druhu pěstovaných plodin a na období kdy povodeň lokalitu zasáhne. Průměrná jednotková škoda na zemědělské půdě pro potřeby této práce je stanovena na hodnotu 20 000 Kč/ha. Plocha zemědělské půdy zasažená povodněmi je změřena z mapových podkladů systému ZABAGED. Potenciální škody v zemědělství pak vychází ze vztahu:

$$D_Z=A*Z_Z \quad [\text{Kč}]$$

Kde  $D_Z$  je škoda v zemědělství v Kč,  $A$  je plocha zemědělské půdy zasažená povodněmi v ha a  $Z_Z$  je jednotková škoda v Kč/ha. [4] [5]

### 3.1.6 Potenciální škody na vozidlech

Škody na vozidlech se předpokládají jen v území intravilánu se souvislou zástavbou. Jednotková škoda byla zjištěna z dat pojišťoven z plnění pojistných událostí při proběhlých povodních. Výše jednotkové škody je stanovena na hodnotu 75 000 Kč/ha zastavěného území. Důležitým faktorem při výpočtu povodňových škod na vozidlech je doba, za kterou povodeň kulminuje. Když jsou obyvatelé dostatečně včas informováni o blížící se povodni, přemístí vozidla do bezpečné oblasti a škody na vozidlech nenastanou. Proto se do výpočtu škod na vozidlech zařazuje koeficient, který zohledňuje vzdálenost sídla od pramene toku, což úzce souvisí s dobou kulminace povodně. Škoda na vozidlech se pak spočítá podle vzorce:

$$D_{VO} = A * Z_{VO} * K \quad [\text{Kč}]$$

Kde  $D_{VO}$  je škoda na vozidlech v Kč,  $A$  je plocha zastavěného území ohroženého povodní v ha,  $Z_{VO}$  je jednotková škoda na vozidlech v Kč/ha a  $K$  je koeficient zohledňující vzdálenost sídla od pramene (uveden v tab. 3.3).

Tab. 3.3 Koeficient  $K$  zohledňující vzdálenost sídla od pramene toku

Vzdálenost od pramene	$K_{\min}$	$K_{\max}$	$K_{\text{prům}}$
0-30 km	2,2	3,4	2,8
30-100 km	1,4	2,3	1,85
100-více km	1	1,6	1,3

## 3.2 Riziková analýza

Z výše potenciálních povodňových škod jednotlivých povodňových scénářů lze stanovit míru rizika. Riziko je definováno z ekonomického hlediska jako průměrné roční finanční náklady, které jsou potřebné na odstranění povodňových škod. Obecně se může riziko vyjádřit jako pravděpodobnost povodně vynásobená povodňovou škodou. Vlastní stanovení rizika vychází z rozdělení pravděpodobností ročních kulminačních průtoků a lze ho vyjádřit následovně:

$$R = \int_{Qa}^{Qb} D(Q)f(Q)dQ$$

Kde  $R$  je průměrné roční povodňové riziko v Kč/rok,  $D(Q)$  hodnota škody při průtoku  $Q$  v Kč,  $Q$  je průtok v  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $f(Q)$  hustota pravděpodobnosti ročních kulminačních průtoků,  $Qa$  je

průtok, při kterém začíná docházet ke škodám a  $Q_b$  je průtok, při kterém se pravděpodobnost vzniku škod blíží k nule. [4]

K výpočtu rizika lze použít dvě metody. Jsou to metoda analytická a stochastická metoda Monte-Carlo. Z obou metod vyháží přibližně stejné výsledky a jsou zaměnitelné. Pro potřeby této práce byla použita metoda analytická, proto se metodou Monte-Carlo tato práce nezabývá. [4]

### 3.2.1 Analytická metoda

Analytická metoda spočívá ve vyjádření a integraci vztahu pro výpočet průměrného ročního povodňového rizika  $R$ . Tento vztah lze upravit na:

$$R = \int_a^b D(N) d \frac{1}{N}$$

Kde  $D(N)$  je hodnota škody při průtoku s dobou opakování  $N$  v Kč a  $N$  je doba opakování. [4]

Tuto úpravu si můžeme dovolit za předpokladu že:

$$N(Q) \cong \frac{1}{P(Q)}$$

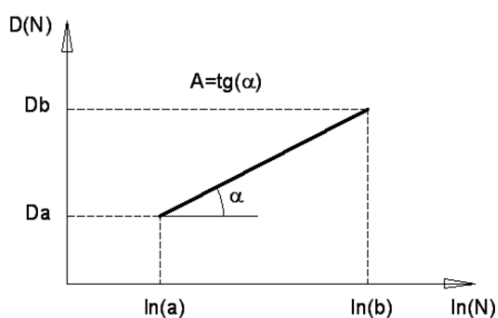
Kde  $P(Q)$  je pravděpodobnost překročení.

Dalším nutným předpokladem je, že výše škod je lineárně závislá na logaritmu doby opakování v intervalu mezi hodnotami, pro které známe škody. Z toho vyplývá vztah:

$$D(N) = D_a + A * (\ln N - \ln a)$$

Kde

$$A = (D_b - D_a) / (\ln b - \ln a)$$



Obr. 3.2 Lineární závislost škod na logaritmu doby opakování v intervalu  $(a,b)$ . [4]

Průměrné roční riziko  $R$  pro interval dob opakování  $(a, b)$  pak můžeme zapsat jako:

$$R = - \int_a^b (D_a - A \ln a + A \ln N) d \frac{1}{N}$$

Po integraci vztahu dostaneme:

$$R = - \frac{1}{b} [D_a + A(1 + \ln b - \ln a) + \frac{1}{a} (D_a + A)]$$

Výsledné průměrné roční povodňové riziko pro všechny povodňové scénáře se pak spočítá jako součet rizik na dílčích intervalech se známými povodňovými škodami. První interval začíná na hodnotě průtoku, při kterém ještě nenastanou žádné škody. V lokalitě zpracovávané v této práci je hodnota neškodného průtoku stanovena na  $Q_2$ . Poslední interval pak volíme jako extrémní povodeň s dobou opakování  $N=1000$ , kdy je pravděpodobnost výskytu minimální a v celkové hodnotě rizika se téměř neprojeví. Škody pro povodeň s dobou opakování  $N=1000$  neznáme, proto uvažujeme, že jsou stejné jako škody při době opakování  $N=100$ . Skutečné riziko by bylo větší, ale nepřesnost, která vznikne tímto zjednodušením, je zanedbatelná. Předpokládá se, že retenční účinek nádrže při povodni s dobou opakování  $N=200$  už nebude mít prakticky žádný vliv na výši škod a škody budou stejné jako při stávajícím stavu. [4]

### 3.2.2 Výše kapitalizovaného rizika

Míru rizika lze vyjádřit pomocí diskontního přístupu. V každé zemi se výše diskontní sazby liší. Evropský průměr diskontní sazby je 5%. Z dat diskontní sazby v České republice v posledních letech, byla diskontní sazba stanovena na 3%. Výše kapitalizovaného rizika pak lze spočítat metodou věčné renty:

$$Ra = \frac{R}{DS}$$

Kde  $Ra$  je současná míra rizika v Kč,  $R$  je průměrné roční riziko v Kč/rok a  $DS$  je roční diskontní sazba. [4]



### 3.2.3 Analýza nákladů a užiteků

Analýza nákladů a užiteků nám dává podklad pro efektivní a ekonomické navrhování protipovodňové ochrany. Pro zhodnocení ekonomické efektivity návrhu protipovodňové ochrany lze použít parametry relativní efektivity, absolutní efektivity a dobu návratnosti. [4]

Relativní efektivita se stanoví ze vztahu:

$$EP = \frac{Ra(\text{stávající}) - Ra(\text{navržené})}{\text{Cena opatření}}$$

Kde  $Ra$  je výše kapitálového rizika současného stavu a výše rizika po provedení protipovodňové ochrany. Výše parametru  $EP$  pak určuje míru zhodnocení investice na provedení opatření. Když bude parametr  $EP$  vyšší než 1, opatření bude efektivní, ale pokud bude  $EP$  nižší než 1, opatření se nevyplatí a je neefektivní. [4]

Absolutní efektivita vyjadřuje zhodnocení protipovodňové ochrany z dlouhodobého hlediska v absolutních cenách. Absolutní efektivita vyplývá ze vztahu:

$$EA = Ra(\text{stávající}) - [\text{Cena opatření} + Ra(\text{navržené})]$$

Kde  $Ra$  je výše kapitálového rizika současného stavu a výše rizika po provedení protipovodňové ochrany. Čím je vyšší hodnota parametru  $EA$ , tím je i větší zhodnocení investice na zhotovení protipovodňové ochrany. Pokud je  $EA$  záporné, jedná se o ztrátovou investici a opatření je neefektivní. [4]

Doba návratnosti vyjadřuje, za jakou dobu se nám vrátí investice na realizaci protipovodňové ochrany. Doba návratnosti se stanoví ze vztahu:

$$DN = \frac{\text{Cena opatření}}{R(\text{Stávající}) - R(\text{navržené})}$$

Kde  $R$  je průměrné roční riziko před a po realizaci protipovodňové ochrany. [4]

## 4. HYDROLOGICKÉ PODKLADY

Řada N-letých průtoků v profilu výhledové nádrže Borovnice byla převzata z bakalářské práce Melichara Jonáše [2] (tab. 4.1). Třída přesnosti hydrologických dat je II. V lokalitě zpracovávané v této práci se do řeky Svratky vlévají dva významné přítoky. Je to Bílý potok, který se vlévá do Svratky v obci Borovnice a Fryšávka, která se vlévá do Svratky v obci Jimramov. N-leté průtoky těchto přítoků a dalších mezipřítoků jsem obdržel od podniku povodí Moravy [3]. V tab. 4.2 a tab. 4.3 jsou uvedeny N-leté průtoky Svratky pod těmito přítoky.

Tab. 4.1 N-leté průtoky Svratky v profilu výhledové nádrže Borovnice [2]

Roky	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
Průtok [m <sup>3</sup> /s]	20,2	28,4	36,8	47,4	64,9	81,4

Tab. 4.2 N-leté průtoky Svratky pod přítokem Bílý potok [2] [3]

Roky	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
Průtok [m <sup>3</sup> /s]	28,8	49,4	60,1	78,4	103,9	126,9

Tab. 4.3 N-leté průtoky Svratky pod přítokem Fryšávka [2] [3]

Roky	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
Průtok [m <sup>3</sup> /s]	34	55,7	67	87,9	115,9	139,9

Transformované N-leté průtoky po realizaci výhledové nádrže Borovnice byly převzaty z bakalářské práce Melichara Jonáše [2]. Pro těchto osm variant transformace N-letých průtoků v profilu hráze Borovnice jsem ještě dopočítal N-leté průtoky pod přítokem Bílý potok a Fryšávka tak, že jsem k transformovaným průtokům přičetl neovlivněné průtoky z mezipovodí. Řady transformovaných N-letých průtoků jsou uvedeny v tab. 4.4, tab. 4.5 a tab. 4.6.

Tab. 4.1 Transformované N-leté průtoky Svratky v profilu výhledové nádrže Borovnice [2]

	Stávající	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8
Q <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> /s]	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2
Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	28,4	24	24	24	24	24	24	24	24
Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	47,4	40,85	31,09	24	24	24	24	24	24
Q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /s]	64,9	61,5	56,36	42,14	25,34	24	24	24	24
Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	81,4	79,16	76,72	66	55,57	44,33	31,52	24	24

Tab. 4.2 Transformované N-leté průtoky Svratky pod přítokem Bílý potok [2] [3]

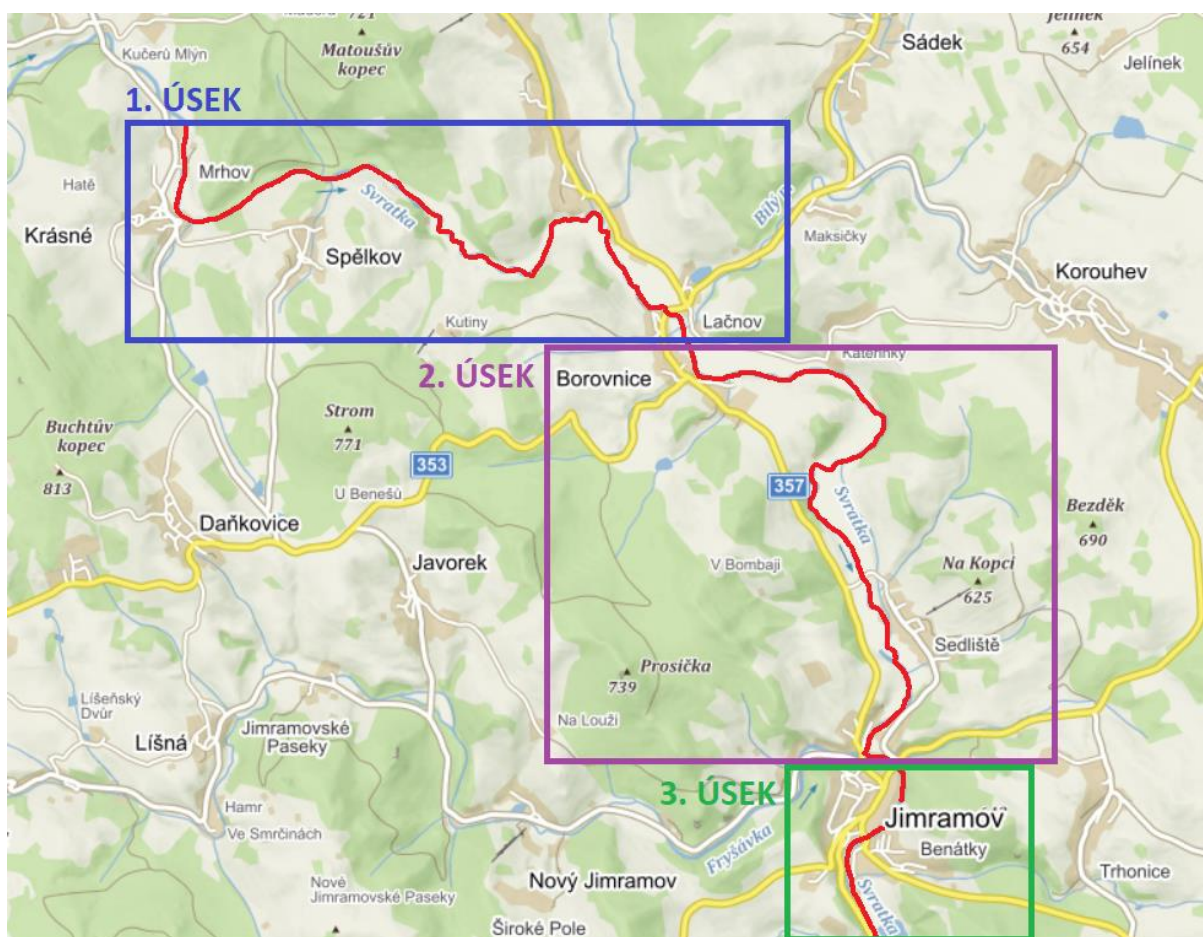
	Stávající	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8
Q <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> /s]	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8
Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	49,4	45	45	45	45	45	45	45	45
Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	78,4	71,85	62,09	55	55	55	55	55	55
Q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /s]	103,9	100,5	95,36	81,14	64,34	63	63	63	63
Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	126,9	124,66	122,22	111,5	101,07	89,83	77,02	69,5	69,5

Tab. 4.3 Transformované N-leté průtoky Svratky pod přítokem Fryšávka [2] [3]

	Stávající	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8
Q <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> /s]	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	55,7	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3
Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	87,9	81,35	71,59	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5
Q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /s]	115,9	112,5	107,36	93,14	76,34	75	75	75	75
Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	139,9	137,66	135,22	124,5	114,07	102,83	90,02	82,5	82,5

## 5. POPIS LOKALITY

V lokalitě záplavového území řeky Svatky zpracovávaného v této práci se nachází především orná půda, louky a lesy. Nachází se zde však také pět ohrožených obcí. Jsou to obce Krásné, Telecí, Borovnice, Sedliště a Jimramov. Toto území je pro potřeby výpočtu rozděleno na tři úseky podle průtoků řeky Svatky. První úsek začíná pod výhledovou nádrží Borovnice a končí u soutoku Svatky s Bílým potokem. Druhý úsek se nachází mezi soutokem Svatky s Bílým potokem a soutokem Svatky s Fryšávkou. Třetí úsek se pak nachází pod soutokem Svatky s Fryšávkou a končí pod obcí Jimramov. Mapa zájmového území s vyznačenými úseky je zobrazena na obr. 5.1.



Obr. 5.1 Mapa zájmové lokality s vyznačenými úseky

## 5.1 Obec Krásné

Obec Krásné se nachází v bezprostřední blízkosti pod výhledovou nádrží Borovnice v prvním úseku. Jedná se o malou obec se 105 obyvateli. Katastrální výměra obce činí 853 ha [11]. Zástavba obce se nachází na vyvýšeném terénu nad záplavovým územím až na jeden rodinný dům. Mezi obcí Krásné a Telecí se v lesích kolem Svatky nachází několik chat pro individuální rekreaci v záplavovém území. V příloze 14.1 se nachází fotodokumentace obce Krásné a mapa s vyznačenými ohroženými objekty.

## 5.2 Obec Telecí

Obec Telecí se nachází na levém břehu Svatky mezi obcemi Krásné a Borovnice v prvním úseku. V obci Krásné žije 434 obyvatel a katastrální výměra obce činí 1261 ha [12]. V této obci leží v záplavovém území řeky Svatky dvě budovy pro bydlení a dvě menší budovy pro skladování. V obci Telecí je také ohrožena část pozemní komunikace a přilehlé louky a pole. V příloze 14.2 je umístěna fotodokumentace obce Telecí a mapa s vyznačenými ohroženými objekty.

## 5.3 Obec Borovnice

Obec Borovnice se nachází dále po proudu Svatky pod obcí Telecí. V obci Borovnice se do Svatky vlévá Bílý potok, proto je pro potřeby výpočtů obec rozdělena do prvního a druhého úseku. V obci žije 407 obyvatel a katastrální výměra obce je 974 ha [13]. Na začátku obce je na řece zbudován pevný jez a náhon na malou vodní elektrárnu. Před obcí se Svatka při vyšších průtocích rozlévá do širokého pásu luk. Toto území je od Borovnice odděleno mostem a silnicí zbudovanou na zemním násypu, který  $Q_{20}$  nepřeteče ale  $Q_{100}$  už ano. V místě mostu je tedy průtočný profil značně zúžený. Kousek pod tímto silničním násypem se do Svatky vlévá Bílý potok. V této lokalitě bylo obtížné určit, jestli zde stojící nemovitosti jsou v záplavovém území Svatky nebo Bílého potoka a nakolik může výstavba výhledové nádrže Borovnice snížit zpětné vzduť Bílého potoka. Proto jsou do výpočtu povodňových škod zařazeny jen budovy v bezprostřední blízkosti u Svatky. Obec Borovnice dále pokračuje podél řeky Svatky ještě v délce přibližně 1 km. V tomto úseku je však většina budov dostatečně vysoko nad záplavovým územím a ke škodám dojde jen na několika zemědělských

objektech a jedné budově pro bydlení. V příloze 14.3 se nachází fotodokumentace obce Borovnice a mapa s vyznačenými ohroženými objekty.

## **5.4 Obec Sedliště**

Obec Sedliště se nachází zhruba 1,5 km proti proudu Svratky od Jimramova v druhém úseku. Sedliště spadá pod správu Obce Jimramov. V obci Sedliště žije 125 obyvatel. Zástavba obce je v dostatečné výšce nad záplavovým územím, proto v obci při povodních dojde jen k minimálním škodám na čtyřech budovách pro zemědělskou výrobu a části místní komunikace. V příloze 14.4 se nachází mapa s vyznačenými ohroženými objekty.

## **5.4 Obec Jimramov**

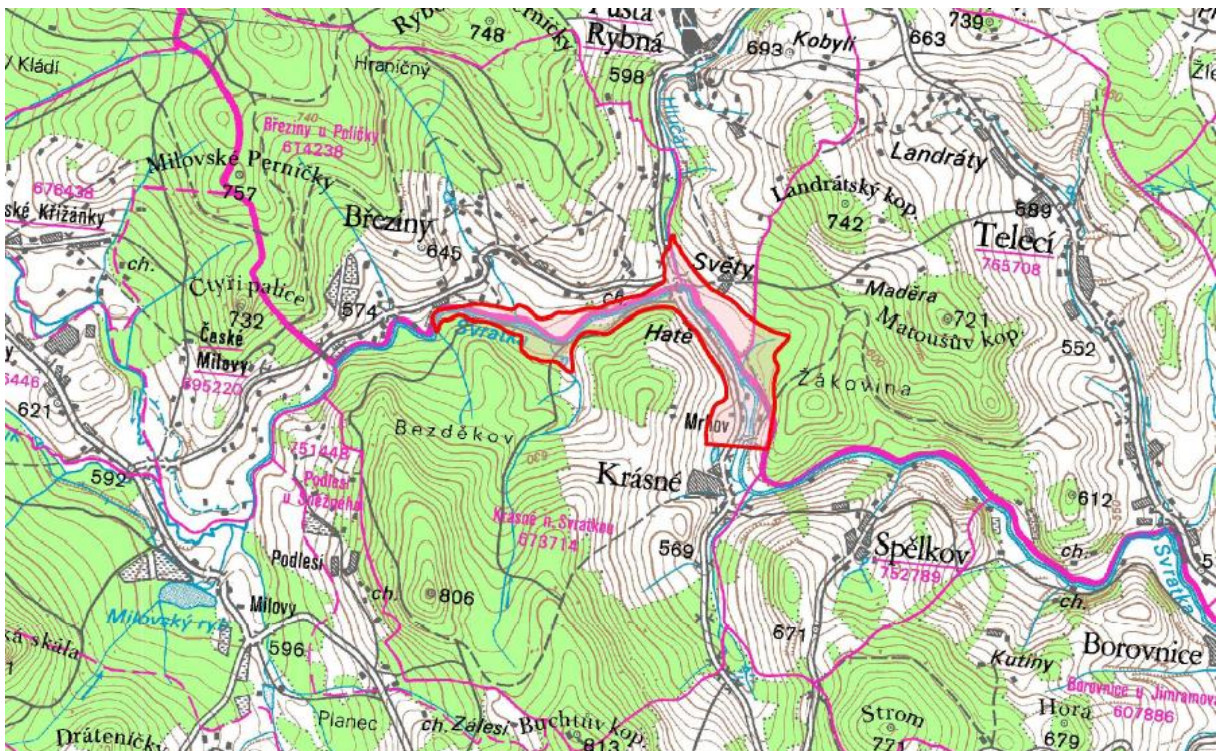
Obec Jimramov se nachází na konci zpracovávané lokality, pro kterou je stanoven rozsah záplavového území. Na začátku obce Jimramov se do Svratky vlévá přítok Fryšávka, proto je pro potřeby výpočtu povodňových škod obec rozdělena do druhého a třetího úseku. V obci Jimramov žije 1160 obyvatel a katastrální výměra obce je 2199 ha [14]. Stejně jako v obci Borovnice bylo těžké oddělit záplavové území Fryšávky od Svratky, a proto se v místě přítoku do výpočtu škod zahrnují jen budovy v bezprostřední blízkosti Svratky. V horní části obce je ohroženo několik staveb pro bydlení a malá vodní elektrárna. V části obce pod silničním mostem začíná upravené koryto Svratky s protipovodňovými hrázi. Toto upravené koryto má ochránit Jimramov před povodní s dobou opakování  $N=20$  až  $50$ , proto ve spodní části Jimramova začínají vznikat škody zhruba až při  $Q_{50}$ . V této části obce je však při povodni s dobou opakování větší než  $N=50$  ohroženo nejvíce nemovitostí. Nachází se zde souvislá zástavba rodinných domů, garáže a několik průmyslových budov. Dále po proudu je ještě povodněmi ohrožena čistírna odpadních vod. V příloze 14.5 se nachází fotodokumentace obce Borovnice a mapa s vyznačenými ohroženými objekty.



## 6. VÝHLEDOVÁ NÁDRŽ BOROVNICE

### 6.1 Popis výhledové nádrže Borovnice

Výhledová vodní nádrž Borovnice nacházející se na horním toku Svratky u obce Krásné je zapsána v Generelu území chráněných pro akumulaci povrchových vod (Generel LAPV). V tomto dokumentu je uveden soupis lokalit s vhodnými podmínkami pro akumulaci povrchových vod z hlediska Geologického, morfologického a hydrologického [1]. Výhledová nádrž Borovnice se nachází na 145,5 ř. km Svratky, a její poloha je patrná z obr. 6.1. Plocha povodí k přehradnímu profilu činí 115,7 km<sup>2</sup>. Objem nádrže je 9,53 mil. m<sup>3</sup> při zatopené ploše 107,5 ha. Rozdělením velikosti jednotlivých funkčních objemů (prostoru stálého nadržení, zásobního prostoru a retenčního prostoru) v různých variantách tak, aby byla co nejlépe spojena akumulační funkce s protipovodňovou, se zabýval ve své bakalářské práci Melichar Jonáš [2]. Z této práce jsem převzal velikosti jednotlivých funkčních objemů nádrže (8 různých variant) a upravená hydrologická data. Pro potřeby rizikové analýzy a zhodnocení ekonomické efektivity výhledové nádrže Borovnice je nutné odhadnout náklady na její realizaci. Proto jsem navrhl variantu profilu hráze a z této varianty jsem spočítal odhad potřebných nákladů na její realizaci.



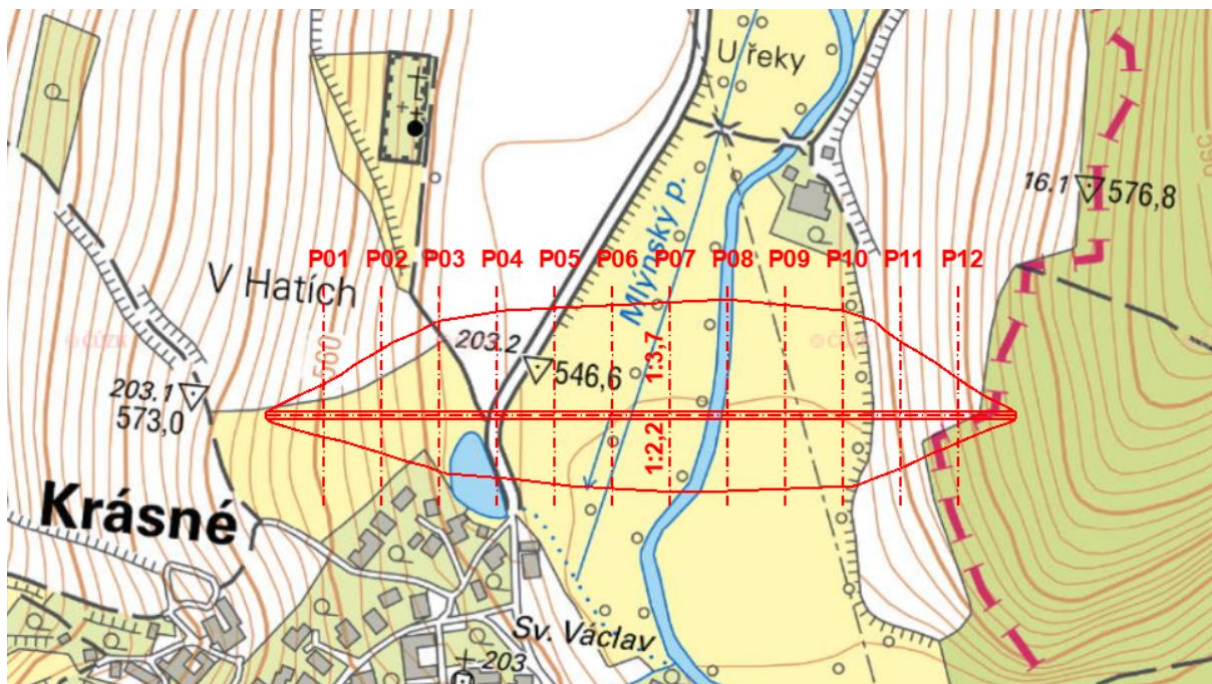
Obr. 6.1 Poloha výhledové vodní nádrže Borovnice [1]

## 6.2 Návrh tělesa hráze

Pro výpočet nákladů na výhledovou nádrž Borovnici jsem navrhl přehradu jako sypanou homogenní hráz. Materiál tělesa hráze bude z místních zemin s vhodnými vlastnostmi. Předpokládaná kóta koruny hráze je umístěna na úrovni 565,00 m n. m. ve výškovém systému Balt po vyrovnání. Šířka koruny hráze je navržena na 5 m. Návodní svah hráze má sklon 1:3,7 a vzdušný líc má sklon 1:2,2. Jelikož jsem nezískal bližší geologické podklady dané lokality, uvažuji hloubku založení hráze 2 m. Celková délka hráze je přibližně 520 m a největší výška hráze činí 22,8 m. Pro lepší představu geometrie hráze je v příloze 14.6 zařazen vzorový příčný řez hrází (obr. 14.14).

## 6.3 Výpočet objemu tělesa hráze

Objem tělesa hráze jsem zjistil pomocí metody příčných řezů. Každých 40 m délky hráze jsem vykreslil tvar řezu tělesa hráze a pomocí softwaru AutoCAD jsem zjistil plochu jednotlivých řezů. Na obr. 6.2 je vidět půdorys hráze a znázorněné jednotlivé řezy.



Obr. 6.2 Půdorys tělesa hráze



Objem tělesa hráze  $V$  se pak spočítal pomocí vzorce:

$$V = \sum(L_i * S_i) \quad [\text{m}^3]$$

Kde  $S_i$  je plocha daného řezu a  $L_i$  je délka, na které platí parametry daného řezu. Jednotlivé dílčí objemy jsou uvedeny v tab. 6.1. Celkový objem tělesa pak činí 576 301 m<sup>3</sup>.

Tab. 6.1 Výpočet objemu tělesa hráze

Označení řezu	Plocha řezu [m <sup>2</sup> ]	Délka platnosti řezu [m]	Objem úseku [m <sup>3</sup> ]
P01	183,95	60	11037
P02	568,96	40	22758,4
P03	1116,7	40	44668
P04	1339,18	40	53567,2
P05	1512,7	40	60508
P06	1670,67	40	66826,8
P07	1751,89	40	70075,6
P08	1771,52	40	70860,8
P09	1650,08	40	66003,2
P10	1522,98	40	60919,2
P11	846,31	40	33852,4
P12	253,74	60	15224,4
<b>Celkový objem tělesa hráze V</b>			<b>576301</b>

## 6.4 Odhad nákladů na realizaci

Odhadovaná cena výhledové nádrže Borovnice se skládá ze tří hlavních položek. Jsou to cena sypaného tělesa hráze, cena funkčních objektů přehrady (spodní výpust' a bezpečnostní přeliv) a výkup pozemků. Pro přesnější výpočet nákladů na výstavbu přehrady by bylo třeba znát mnohem více informací, jako například geologii dané lokality, přesné kapacity funkčních objektů a třídu zeminy, ze které bude hráz zbudována. Návrh hráze však není cílem této práce, proto se jedná o hrubý odhad ceny vycházející z přílohy č. 13 k vyhlášce č. 3/2008 Sb., kde je uvedena metoda výpočtu cen vodních nádrží. Předpokládá se, že jednotková cena sypané hráze je 1200 Kč/m<sup>3</sup>, cena pozemků v prostoru zátopy se v průměru pohybuje kolem 150 Kč/m<sup>2</sup>. Odhadovaná cena výhledové nádrže Borovnice je 860 385 200 Kč. Výpočet ceny je uveden v tab. 6.2. [10]

Tab. 6.2 Výpočet odhadované ceny výhledové nádrže Borovnice

Název položky	Jednotková cena		Množství	Cena [Kč]
Sypaná hráz	1200	Kč/m <sup>3</sup>	576301	691561200
Požerák	120000	Kč/m	23,2	2784000
Spodní výpust'	35000	Kč/m	264	9240000
Bezpečnostní přeliv	9800000	Kus	1	9800000
Výkup pozemků	150	Kč/m <sup>2</sup>	980000	147000000
<b>Celková cena</b>				<b>860385200</b>

## 6.5 Rozdělení nákladů na výstavbu

Výhledová nádrž Borovnice má sloužit primárně jako vodárenská nádrž. Proto, aby byla správně stanovena ekonomická efektivita nádrže, je nutné rozdělit náklady na výstavbu mezi vodárenskou a protipovodňovou funkci. Jako nejsnadnější řešení rozdělení nákladů pro jednotlivé funkce se jeví rozdělit náklady podle toho, kolik jednotlivá funkce zabírá procent z celkového objemu nádrže. Celkový objem výhledové nádrže Borovnice je 9,529 mil. m<sup>3</sup>. Z tohoto objemu je však ještě 1,186 mil m<sup>3</sup> prostor stálého nadržení, proto na zásobní a retenční prostor zbývá 8,343 mil. m<sup>3</sup>. Rozdělení nákladů pro jednotlivé varianty je uvedeno v tab. 6.3. [2]

Tab. 6.3 Rozdělení nákladů jednotlivých variant (velikost prostorů vychází z [2])

Varianta	Retenční prostor [mil. m <sup>3</sup> ]	Zásobní prostor [mil. m <sup>3</sup> ]	Retenční prostor [%]	Zásobní prostor [%]	Retenční náklady [Kč]	Zásobní náklady [Kč]
Var. 1	0,8435	7,5	10,1	89,9	86982072	773403128
Var. 2	1,3435	7	16,1	83,9	138542280	721842920
Var. 3	2,3435	6	28,1	71,9	241662697	618722503
Var. 4	3,3435	5	40,1	59,9	344783115	515602085
Var. 5	4,3435	4	52,1	47,9	447903532	412481668
Var. 6	5,3435	3	64,0	36,0	551023949	309361251
Var. 7	6,3435	2	76,0	24,0	654144366	206240834
Var. 8	7,3745	1	88,4	12,0	760461516	103120417

## 7. VÝPOČET POVODŇOVÝCH ŠKOD

Pro výpočet potenciálních povodňových škod je velmi důležité mít kvalitní podklady. Je to především správně určené záplavové území, N-leté průtoky a správně určený ohrožený majetek z ortofoto map, katastrální mapy, nebo ze systému ZABAGED. Ve zpracovávané lokalitě je vytvořena záplavová mapa pro průtok  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ . Pro další výpočty potřebujeme ale ještě znát povodňové škody při průtocích  $Q_2$ ,  $Q_5$  a  $Q_{50}$ . Ze zjištěných informací vyplývá, že průtok  $Q_2$  lze považovat za neškodný průtok, při kterém je ještě škoda na majetku nulová. Výši povodňových škod při průtoku  $Q_5$  a  $Q_{50}$  jsem pak získal z lineární interpolace škod v závislosti na velikosti průtoku. Tímto způsobem stanovení škod pro  $Q_5$  a  $Q_{50}$  vzniká jistá chyba, ale pro potřeby rizikové analýzy, bez dostupnosti podrobnějších podkladů je to postačující. Pro zpřesnění výpočtů je lokalita rozdělena do tří úseků podle průtoků řeky Svratky. Celková škoda se pak spočítá jako součet škod na budovách, vybavení budov, pozemních komunikacích a inženýrských sítích, zemědělské půdě a vozidlech. Množství ohroženého majetku je uvedeno v tab. 7.1. Škody v jednotlivých úsecích jsou uvedeny v tab. 7.2, tab. 7.3 a tab. 7.4, celková škoda pro jednotlivé průtoky je pak uvedena v tab. 7.5. V příloze 14.7 je uveden seznam zaplavených budov s hloubkou záplavy a jejich procentuální poškození a seznam zaplavených komunikací.

Tab. 7.1 Množství ohroženého majetku

	1. Úsek		2. Úsek		3. Úsek	
	$Q_{20}$	$Q_{100}$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	$Q_{20}$	$Q_{100}$
Budovy [m <sup>2</sup> ]	463,7	2294,3	2802,1	4285,0	5229,2	19407,2
Komunikace [m <sup>2</sup> ]	1872,7	4666,6	1897,7	3143,7	2656,6	8937,9
Vozidla [ha intravilánu]	0,1	1,4	0,4	0,5	0,7	5,6
Zemědělská půda [ha]	50,1	60,1	76,1	83,9	2,6	3,3

Tab. 7.2 Potenciální povodňové škody v prvním úseku

Druh poškozeného majetku	Škoda při $Q_2$ [Kč]	Škoda při $Q_5$ [Kč]	Škoda při $Q_{20}$ [Kč]	Škoda při $Q_{50}$ [Kč]	Škoda při $Q_{100}$ [Kč]
Průtok [m <sup>3</sup> /s]	20,2	28,4	47,4	64,9	81,4
Budovy a vybavení budov	0	261790	868375	2904400	4824080
Komunikace a sítě	0	86377	286518	506539	713988
Vozidla	0	4359	14458	103620	187687
Orná půda a pastviny	0	302034	1001868	1105341	1202902
<b>Škody celkem</b>	<b>0</b>	<b>654559</b>	<b>2171219</b>	<b>4619900</b>	<b>6928657</b>

Tab. 7.3 Potenciální povodňové škody ve druhém úseku

Druh poškozeného majetku	Škoda při Q <sub>2</sub> [Kč]	Škoda při Q <sub>5</sub> [Kč]	Škoda při Q <sub>20</sub> [Kč]	Škoda při Q <sub>50</sub> [Kč]	Škoda při Q <sub>100</sub> [Kč]
Průtok [m <sup>3</sup> /s]	28,8	49,4	78,4	103,9	126,9
Budovy a vybavení budov	0	731280	1760753	3414230	4905601
Komunikace a sítě	0	120586	290342	390579	480988
Vozidla	0	23217	55902	65634	74412
Orná půda a pastviny	0	632221	1522242	1604452	1678602
<b>Škody celkem</b>	<b>0</b>	<b>1507305</b>	<b>3629239</b>	<b>5474894</b>	<b>7139603</b>

Tab. 7.4 Potenciální povodňové škody ve třetím úseku

Druh poškozeného majetku	Škoda při Q <sub>2</sub> [Kč]	Škoda při Q <sub>5</sub> [Kč]	Škoda při Q <sub>20</sub> [Kč]	Škoda při Q <sub>50</sub> [Kč]	Škoda při Q <sub>100</sub> [Kč]
Průtok [m <sup>3</sup> /s]	34	55,7	87,9	115,9	139,9
Budovy a vybavení budov	0	1939186	4816687	25267781	42797290
Komunikace a sítě	0	163640	406461	923940	1367494
Vozidla	0	39091	97097	460845	772629
Orná půda a pastviny	0	21119	52458	60219	66872
<b>Škody celkem</b>	<b>0</b>	<b>2163036</b>	<b>5372703</b>	<b>26712786</b>	<b>45004285</b>

Tab. 7.5 Celkové potenciální povodňové škody

N-leté průtoky	Q2	Q5	Q20	Q50	Q100
Škody celkem [Kč]	0	4324900	11173161	36807580	59072545

Jak je vidět z předchozích tabulek, většina potenciálních povodňových škod vzniká v třetím úseku. V tomto úseku se nachází obec Jimramov, ve které je ohroženo nejvíce budov, komunikací a vozidel.

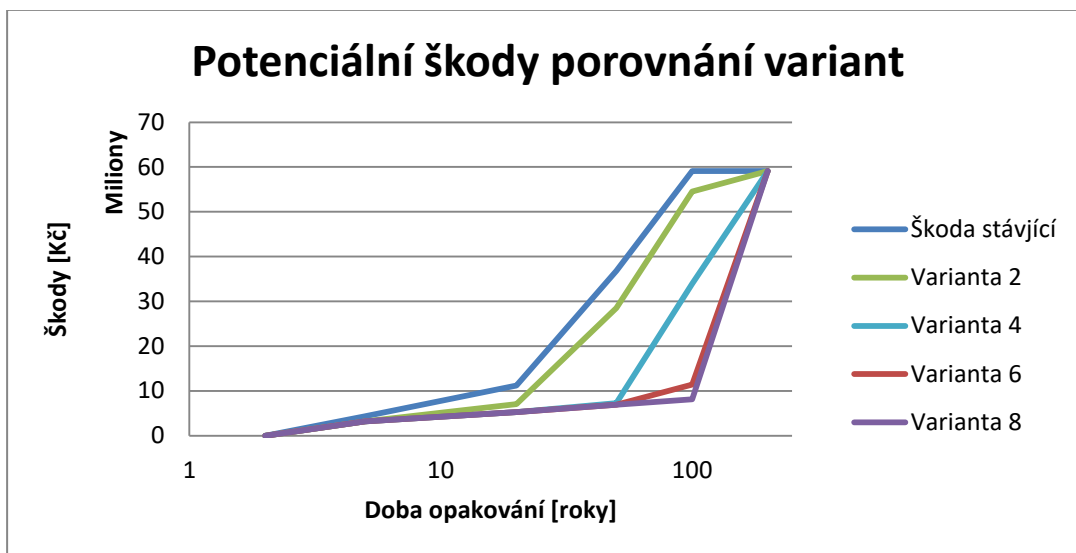
# 8. VÝPOČET POVODŇOVÝCH ŠKOD PO REALIZACI VÝHLEDOVÉ NÁDRŽE BOROVNICE

Výhledová nádrž Borovnice v závislosti na velikosti retenčního prostoru sníží povodňové škody v celé lokalitě až po stávající nádrž Vír. Bohužel pro obce Strachujov, Unčín a Dalečín není stanovena míra rozlivů povodní a nebylo možné stanovit stávající škody ani jejich snížení výstavbou výhledové nádrže Borovnice. Proto třetí úsek končí pod obcí Jimramov. Z terénního průzkumu však vyplývá, že všechny budovy v obci Strachujov jsou zbudovány v dostatečné výšce nad záplavovým územím, v obci Unčín je nově zbudované kapacitní koryto a v obci Dalečín jsou zbudovány protipovodňové zdi a hráze. Proto lze předpokládat, že zde vzniklé povodňové škody zásadně neovlivní výpočet efektivity výhledové nádrže Borovnice. Navíc se tato lokalita nachází pod rozsáhlým mezipovodím, které sníží protipovodňový účinek výhledové nádrže Borovnice. Předpokládá se, že při extrémních povodních bude retenční účinek výhledové nádrže Borovnice zanedbatelný a výše škod bude stejná jako před realizací nádrže. Za extrémní povodně lze považovat již povodně s dobou opakování  $N=200$ . Ve skutečnosti budou škody při extrémních povodních po realizaci nádrže nižší, ale protože klesá i pravděpodobnost výskytu těchto povodní, výsledné povodňové riziko je zanedbatelné. Výše povodňových škod pro osm variant velikosti retenčního prostoru byla spočítána ze stávajících povodňových škod pomocí lineární interpolace v závislosti na velikosti průtoku. V tab. 8.1 je uvedena výše potenciálních povodňových škod pro jednotlivé varianty velikosti retenčního prostoru výhledové nádrže Borovnice.

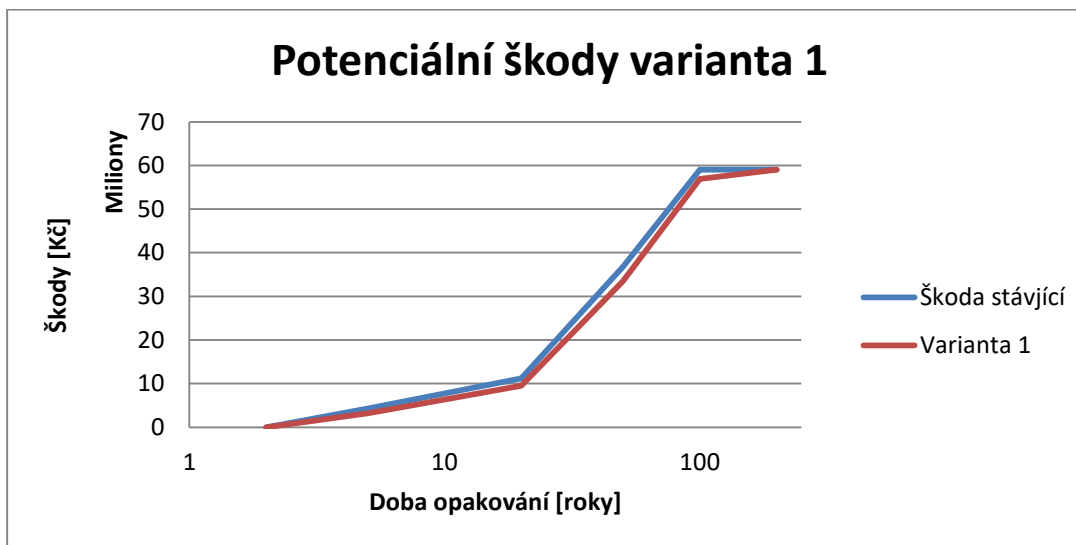
Tab. 8.1 Výše potenciálních povodňových škod po realizaci výhledové nádrže Borovnice (osm variant)

	Škoda při $Q_2$ [Kč]	Škoda při $Q_5$ [Kč]	Škoda při $Q_{20}$ [Kč]	Škoda při $Q_{50}$ [Kč]	Škoda při $Q_{100}$ [Kč]
Stávající stav	0	4324899	11173161	36807580	59072545
Varianta 1	0	3213137	9518150	33494453	56889779
Varianta 2	0	3213137	7052057	28485785	54512123
Varianta 3	0	3213137	5260602	14945247	44066029
Varianta 4	0	3213137	5260602	7231176	33902525
Varianta 5	0	3213137	5260602	6892594	23134225
Varianta 6	0	3213137	5260602	6892594	11420327
Varianta 7	0	3213137	5260602	6892594	8115793
Varianta 8	0	3213137	5260602	6892594	8115793

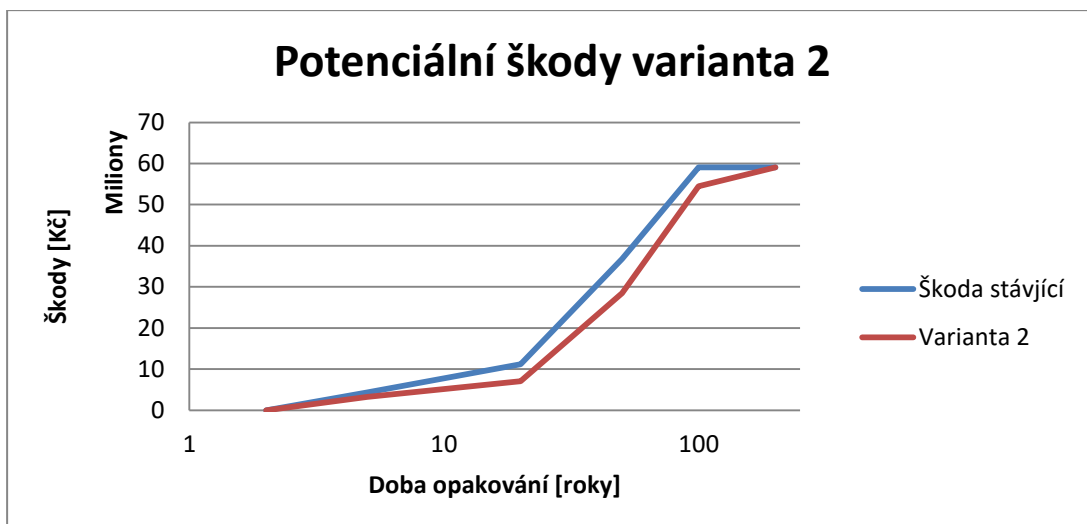
Na obr. 8.1 je porovnána míra ovlivnění výše povodňových škod čtyř variant velikosti retenčního prostoru výhledové nádrže Borovnice. Na obr. 8.2 až obr. 8.9 je pak vidět míra ovlivnění povodňových škod jednotlivých variant srovnaná se stávající potenciální škodou. Z těchto grafů je patrné, že u varianty sedm a osm se v retenčním prostoru nádrže ztransformuje celá povodňová vlna a potenciální povodňové škody se již nemění.



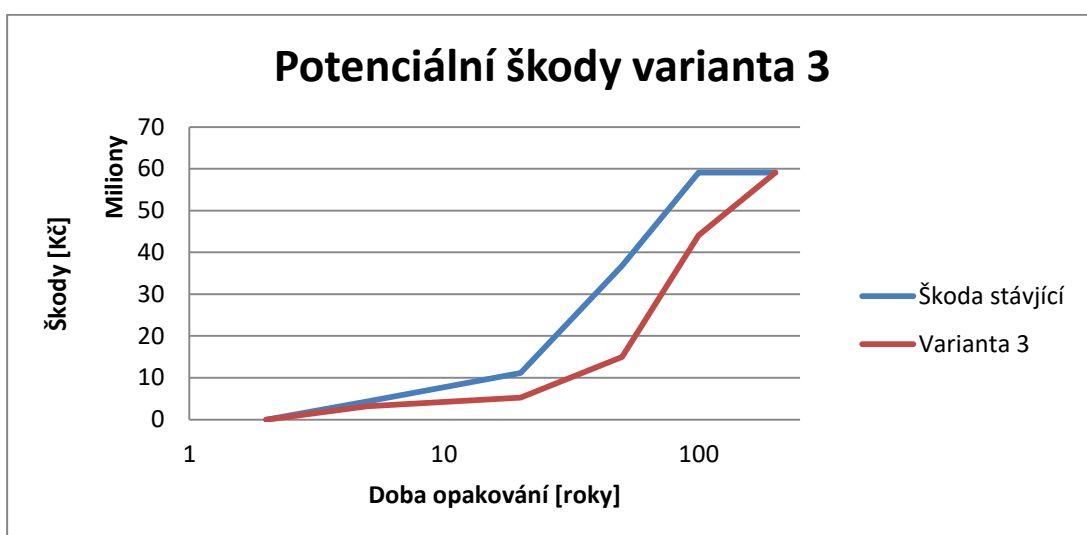
Obr. 8.1 Porovnání čtyř variant ovlivněných povodňových škod



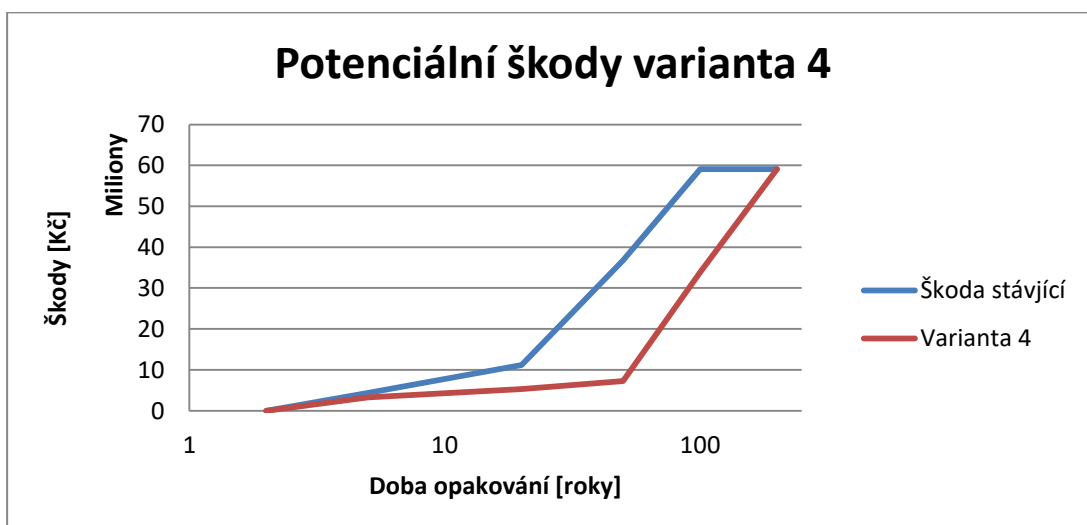
Obr. 8.2 Potenciální povodňové škody varianta 1 a stávající stav



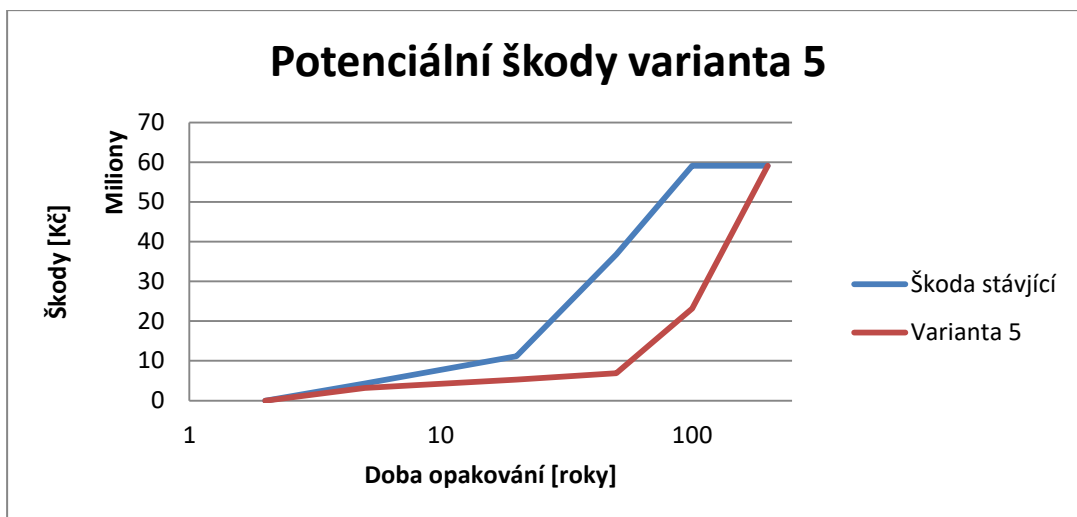
Obr. 8.3 Potenciální povodňové škody varianta 2 a stávající stav



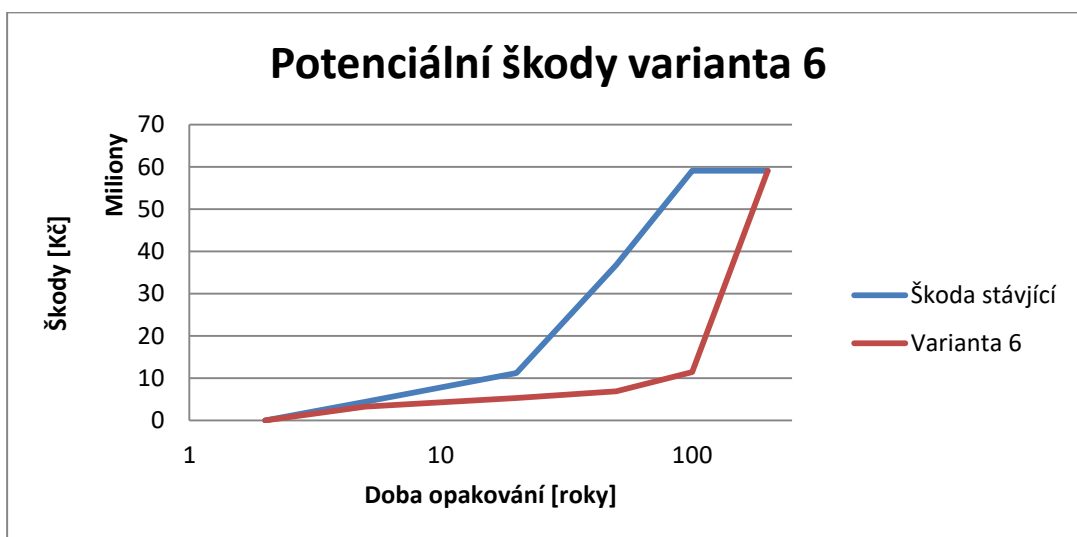
Obr. 8.4 Potenciální povodňové škody varianta 3 a stávající stav



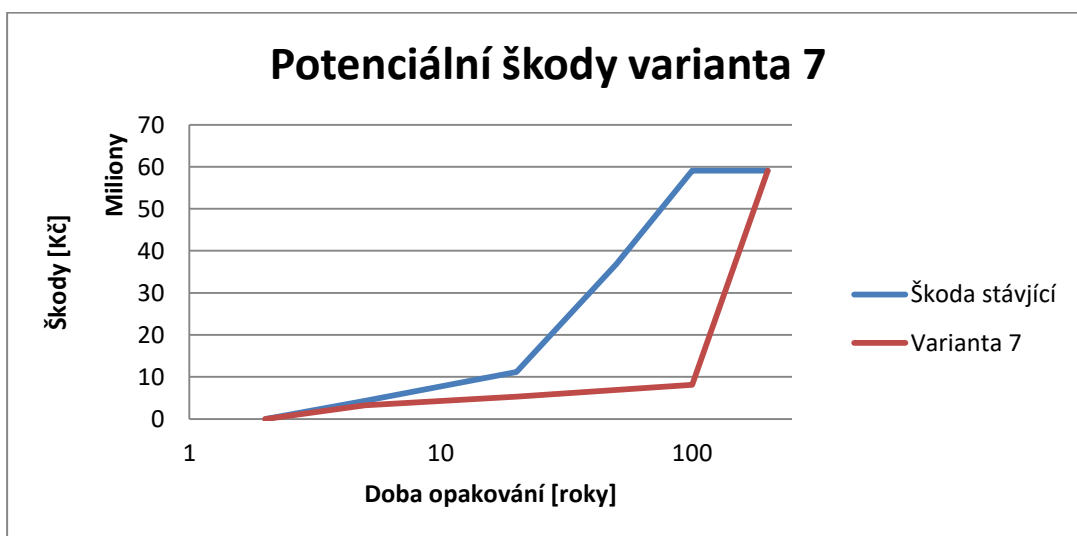
Obr. 8.5 Potenciální povodňové škody varianta 4 a stávající stav



Obr. 8.6 Potenciální povodňové škody varianta 5 a stávající stav

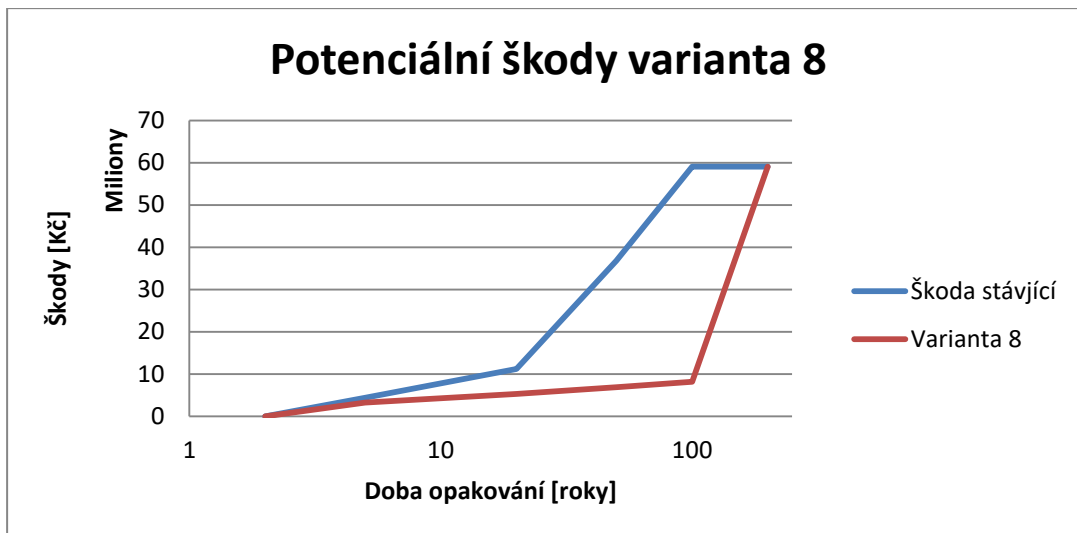


Obr. 8.7 Potenciální povodňové škody varianta 6 a stávající stav



Obr. 8.8 Potenciální povodňové škody varianta 7 a stávající stav





Obr. 8.9 Potenciální povodňové škody varianta 8 a stávající stav

## 9. POČET OHROŽENÝCH OSOB POVODNĚMI

Při povodních jsou kromě majetku ohroženi také osoby žijící v záplavovém území. Přesný počet ohrožených osob lze získat jen z podrobného průzkumu lokality. Pro přibližné stanovení počtu ohrožených osob lze získat data z registru sčítacích obvodů, kde lze zjistit počet evidovaných osob, a z databáze počtu bytů ze SDLB evidovaných podle sčítacích obvodů lze zjistit počet bytů v obvodu. Z těchto dat byl stanoven průměrný počet osob na bytovou jednotku v ČR. Průměrný počet osob na bytovou jednotku je 2,34 [16]. Pro potřeby této práce byl počet bytových jednotek stanoven stejný jako počet Budov pro bydlení. Je možné, že v některé z budov bude víc bytových jednotek, to však ze získaných dat nelze určit. Počet ohrožených osob se pak spočítá podle vztahu:

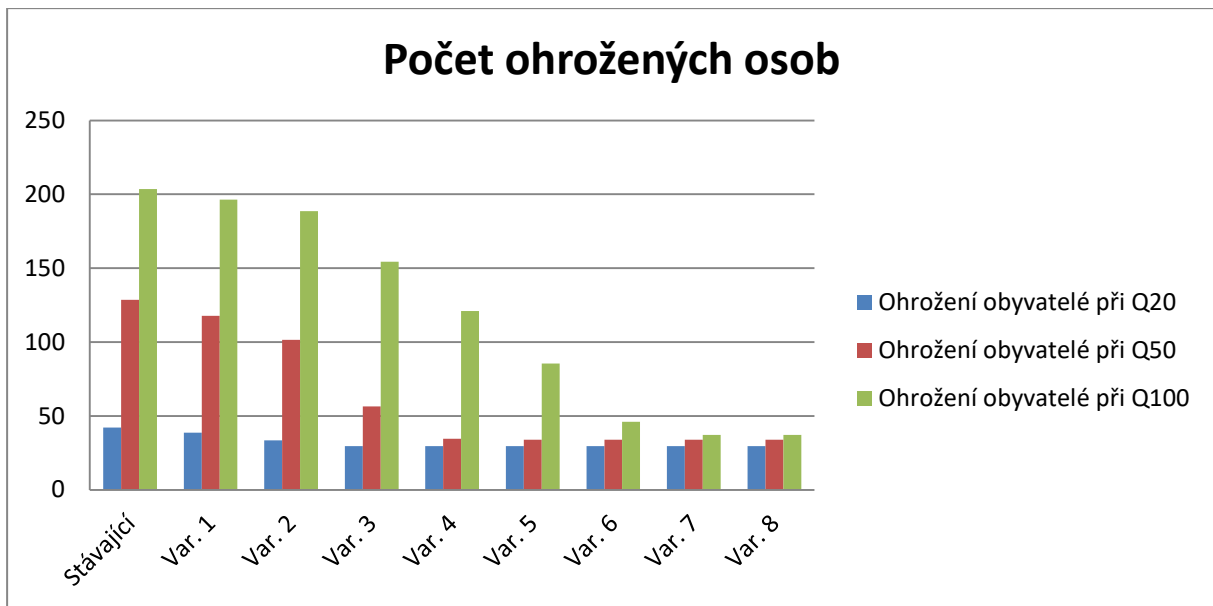
$$P_O = B * O_{prům}$$

Kde  $P_O$  je počet ohrožených osob povodněmi,  $B$  je počet zaplavených budov pro bydlení a  $O_{prům}$  je průměrný počet osob na bytovou jednotku.

V lokalitě zpracovávané v této práci začínají vznikat povodňové škody již při  $Q_2$ , ale k zaplavení prvních budov pro bydlení dochází až při průtoku  $Q_{20}$ . Z toho vyplývá, že obyvatelstvo začne být ohroženo až při  $Q_{20}$ . V tab. 9.1 uveden počet ohrožených osob při  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$  a  $Q_{100}$  a počty ohrožených osob pro osm variant velikosti retenčního prostoru výhledové nádrže Borovnice. Počet ohrožených osob pro jednotlivé varianty byl spočítán pomocí lineární interpolace v závislosti na průtoku. Pro lepší představu je ještě počet ohrožených osob graficky znázorněn na obr. 9.1.

Tab. 9.1 Počet ohrožených osob povodněmi.

Varianta	Ohrožení obyvatelé při $Q_{20}$	Ohrožení obyvatelé při $Q_{50}$	Ohrožení obyvatelé při $Q_{100}$
Stávající	42	129	204
Var. 1	39	118	196
Var. 2	33	101	189
Var. 3	30	57	154
Var. 4	30	35	121
Var. 5	30	34	85
Var. 6	30	34	46
Var. 7	30	34	37
Var. 8	30	34	37



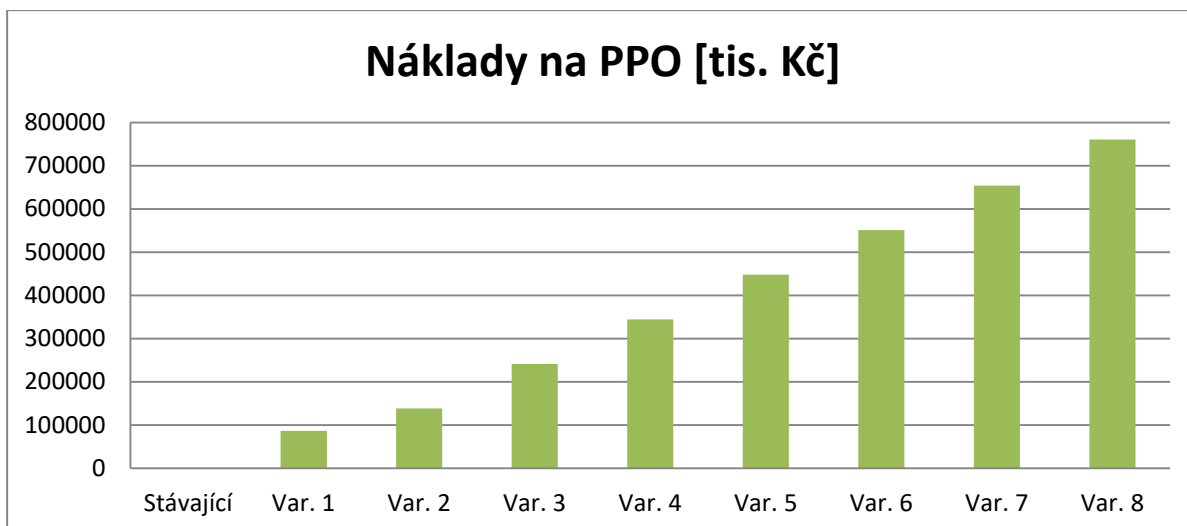
Obr. 9.1 Počet ohrožených osob při povodních

# 10. ZHODNOCENÍ ÚČINNOSTI VÝHLEDOVÉ NÁDRŽE BOROVNICE

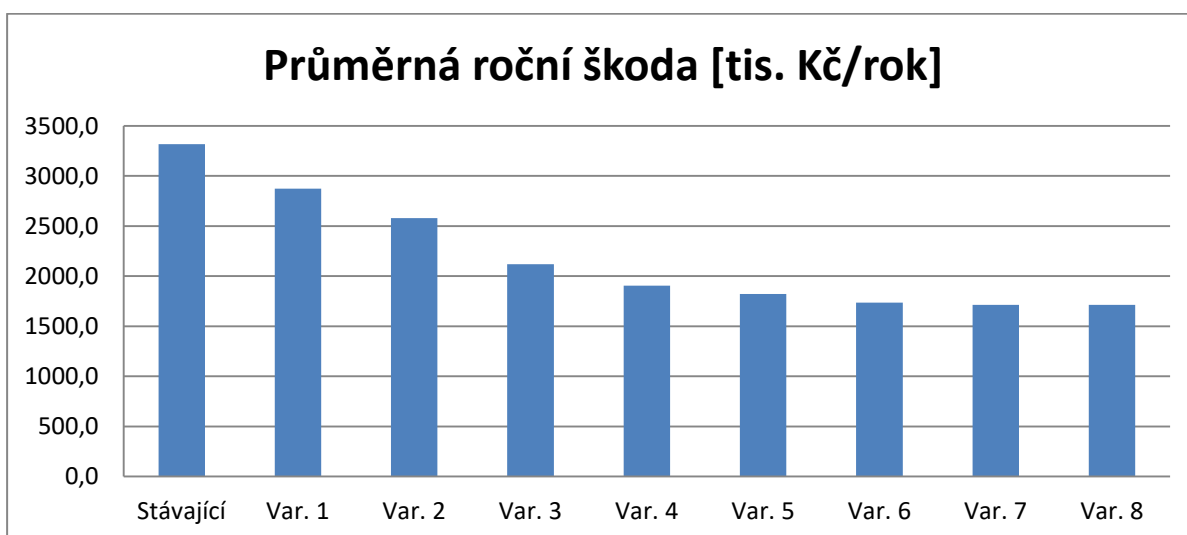
Pro lokalitu zpracovávanou v této práci byla pomocí metod rizikové analýzy stanovena výše roční průměrné škody (rizika) a kapitalizovaného povodňového rizika pro stávající stav a pro osm variant velikosti retenčního prostoru výhledové nádrže Borovnice. Také byla stanovena přibližná cena výhledové nádrže Borovnice a náklady na výstavbu byly rozděleny pro jednotlivé funkce podle poměru velikosti zásobního a retenčního objemu nádrže. Z těchto informací byla provedena analýza nákladů a užitků. Byla stanovena poměrná efektivita, absolutní efektivita a doba návratnosti. Pro určení efektivnosti protipovodňového opatření je nejdůležitější parametr poměrné efektivity. Všechny tyto parametry jsou uvedeny v tab. 10.1. Graficky je pak znázorněna výše nákladů na protipovodňovou ochranu (obr. 10.1), průměrná roční škoda (obr. 10.2) a poměrná efektivnost protipovodňové ochrany výhledové nádrže Borovnice (obr. 10.3). Z těchto údajů vyplývá, že výhledová nádrž Borovnice se z hlediska protipovodňové ochrany nevyplatí. Náklady na realizaci jsou příliš vysoké oproti výši škod v lokalitě pod nádrží. Nejvíce efektivní ze všech variant bude varianta 2 s poměrnou efektivitou 0,18. Tato varianta sice neochrání největší množství majetku, ale podíl nákladů na realizaci je proti ostatním variantám nejlepší.

Tab. 10.1 Parametry analýzy nákladů a užitků

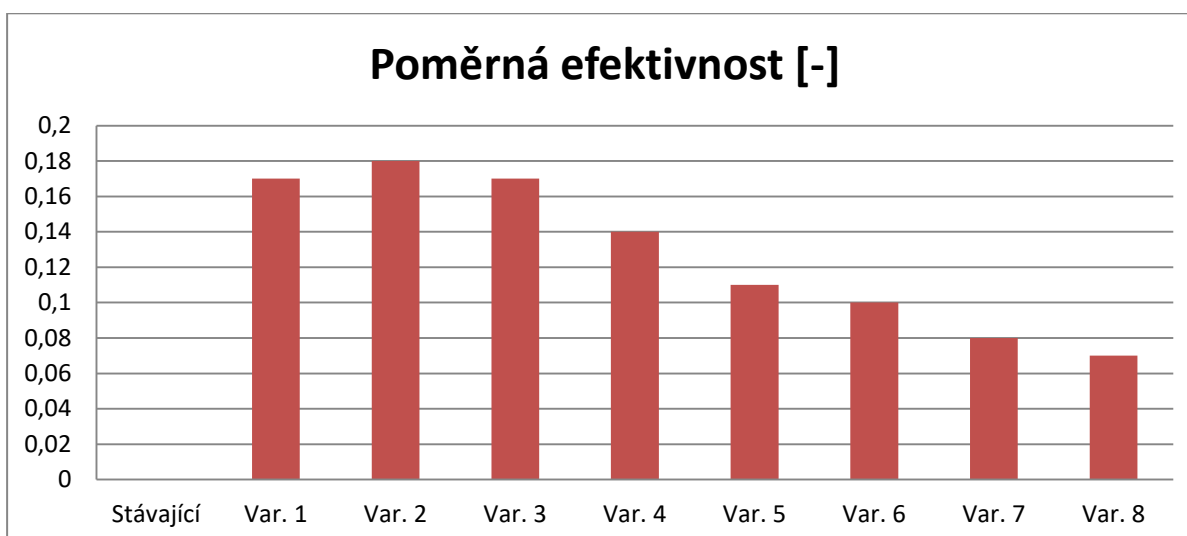
Varianta	Náklady [tis. Kč]	Průměrná roční škoda [tis. Kč/rok]	Poměrná efektivnost [-]	Absolutní efektivnost [tis. Kč]	Doba návratu [roky]
Stávající	0	3318	0	0	0
Var. 1	86982	2873	0,17	-72148	195,5
Var. 2	138542	2578	0,18	-113876	187,2
Var. 3	241663	2119	0,17	-201713	201,6
Var. 4	344783	1904	0,14	-297680	244,0
Var. 5	447903	1820	0,11	-398005	299,2
Var. 6	551024	1736	0,10	-498309	347,4
Var. 7	654144	1712	0,08	-600634	407,5
Var. 8	760462	1712	0,07	-706952	473,7



Obr. 10.1 Náklady na protipovodňovou ochranu



Obr. 10.2 Průměrná roční povodňová škoda



Obr. 10.3 Poměrná efektivnost

# 11. DALŠÍ MOŽNÉ ZPŮSOBY OCHRANY LOKALITY

Jako ekonomicky výhodnější opatření pro snížení povodňových škod než výhledová nádrž Borovnice se jeví individuální protipovodňová opatření v jednotlivých obcích. V obcích Krásné, Telecí a Sedliště je ohroženo povodněmi jen několik budov a realizace protipovodňového opatření se s největší pravděpodobností nevyplatí. V obci Borovnice vede přes Svratku silniční most a silnice na násypu zde působí jako hráz, která vzdouvá hladinu výše po proudu. Jako ekonomicky vhodné opatření pro snížení povodňových škod se jeví zkapacitnění průtočného profilu mostu nebo zbudování propustku v silničním násypu. Nejohroženějším územím ve zpracovávané lokalitě je jižní část obce Jimramov. Jako mnohem účinnější opatření pro snížení povodňových škod než výhledová nádrž Borovnice se zde jeví navýšení stávajících protipovodňových hrází (obr. 11.1). V současnosti nejsou hráze přelity do průtoku mezi  $Q_{20}$  a  $Q_{50}$ . Bylo by vhodné hráze navýšit tak, aby bezpečně provedly průtok  $Q_{100}$  a tím ochránily jižní část obce Jimramov.



*Obr. 11.1 Stávající protipovodňová hráz*

## 12. ZÁVĚR

V této práci byly stanoveny potenciální povodňové škody v lokalitě mezi výhledovou nádrží Borovnice a nádrží Vír I, dále byla stanovena přibližná cena výhledové nádrže Borovnice a provedena analýza nákladů a užitků. Z této analýzy vyplývá, že výhledová nádrž Borovnice se z hlediska protipovodňové ochrany nevyplatí. V lokalitě zpracovávané v této práci se nenachází dostatečné množství ohroženého majetku, na kterém by vznikly povodňové škody, které by vyvážily náklady na realizaci vodního díla. Jako účinnější varianta řešení protipovodňové ochrany se jeví individuální opatření v jednotlivých obcích. Výpočet analýzy užitků a nákladů je zatížen jistou chybou, protože nebylo možno do celkových škod zahrnout povodňové škody v obcích Strachujov, Uncín a Dalečín, ve kterých není stanovena míra rozlivu povodní. Účinnost protipovodňové ochrany výhledové nádrže Borovnice je však v těchto obcích již malá, protože ve zpracovávané lokalitě má řeka Svratka velké přítoky z mezipovodí. Proto lze tvrdit, že i se započtením škod v těchto obcích poměrná efektivita nejúčinnější varianty opatření nepřesáhne hodnotu 0,25.

I přesto má výhledová nádrž Borovnice své opodstatnění. Výhledová nádrž Borovnice má být primárně vodárenskou nádrží, která může významně snížit dopady klimatických změn v této lokalitě. Se započtením užitků z vodárenské funkce, může analýza nákladů a užitků nádrže vyjít kladně. Ze všech osmi zkoumaných rozdělení prostoru nádrže vychází nejlépe varianta 2. Z celkového využitelného prostoru nádrže 8,343 mil. m<sup>3</sup> tato varianta vyhrazuje na retenční prostor 1,343 mil. m<sup>3</sup> (16,1% z celkového objemu). Výhledová nádrž Borovnice s takto rozdělenými funkčními prostory bude plnit vodárenskou funkci se zabezpečením 98,882% a sníží průměrné roční povodňové škody o 740 000 Kč.

Nelze také zapomínat na to, že výstavbou výhledové nádrže Borovnice se sníží i počet ohrožených osob povodněmi a lidský život má nevyčíslitelnou hodnotu.

# 13. SEZNAMY

## 13.1 Použitá literatura

- [1] Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního České republiky. *Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a zásady využití těchto území*. Praha, 2011.
- [2] Melichar Jonáš. *Vodohospodářské řešení výhledové vodní nádrže Borovnice na Svratce*. Praha, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta stavební, katedra hydrotechniky. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur.
- [3] Hydrologická data obdržena od podniku povodí Moravy 2018.
- [4] Ing. Martin Horský, Ph.D. *Metody hodnocení potenciálních povodňových škod a jejich aplikace pomocí prostředku GIS*. Praha, 2008. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta stavební, katedra hydrotechniky.
- [5] Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. *Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik*. Praha, 2011.
- [6] *Cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2018* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: [http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu\\_2018.html](http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu_2018.html)
- [7] *WMS služba: Katastrální mapa* [online]. [cit. 2018-05-08] dostupné z: <http://wms.cuzk.cz/wms.asp>
- [8] *WMS služba: Ortofoto mapa* [online]. [cit. 2018-05-08] dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ORTOFOTO\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx)
- [9] WMS služba: Hydroekologický informační systém VÚV TGM [online]. [cit. 2018-05-08] dostupné z: <https://heis.vuv.cz/data/webmap/wms.dll>
- [10] Vyhláška č. 3/2008 Sb. *Vyhláška k provedení zákona o oceňování majetku*.
- [11] *Stránky obce Krásné* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://obec-krasne.wz.cz/index.php>
- [12] Český statistický úřad: *Počet obyvatel v obcích k 1.1.2018* [online]. [cit. 2018-05-14] Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-see2a5tx8j>



[13] *Stránky obce Borovnice* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z:  
<http://www.borovnice.cz/>

[14] *Jimramov* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Jimramov>

[15] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z:  
<https://mapy.cz/zakladni?x=16.1664556&y=49.6618428&z=13&l=0>

[16] doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc., Ing. Martin Horský, Ph.D. *Metodika stanovení počtu ohrožených obyvatel povodněmi*. Praha, 2013.

## 13.2 Seznam tabulek

Tab. 3.1 Procentuální vyjádření škod na budovách v závislosti na hloubce zatopení [4].....	5
Tab. 3.2 Druhy budov dle JKSO nalézající se v záplavovém území a jejich jednotkové ceny [6] .....	6
Tab. 3.3 Koeficient K zohledňující vzdálenost sídla od pramene toku.....	9
Tab. 4.1 N-leté průtoky Svratky v profilu výhledové nádrže Borovnice [2] .....	13
Tab. 4.2 N-leté průtoky Svratky pod přítokem Bílý potok [2] [3].....	13
Tab. 4.3 N-leté průtoky Svratky pod přítokem Fryšávka [2] [3] .....	13
Tab. 4.1 Transformované N-leté průtoky Svratky v profilu výhledové nádrže Borovnice [2]	13
Tab. 4.2 Transformované N-leté průtoky Svratky pod přítokem Bílý potok [2] [3].....	14
Tab. 4.3 Transformované N-leté průtoky Svratky pod přítokem Fryšávka [2] [3].....	14
Tab. 6.1 Výpočet objemu tělesa hráze .....	20
Tab. 6.2 Výpočet odhadované ceny výhledové nádrže Borovnice .....	21
Tab. 6.3 Rozdělení nákladů jednotlivých variant (velikost prostorů vychází z [2]) .....	21
Tab. 7.1 Množství ohroženého majetku .....	22
Tab. 7.2 Potenciální povodňové škody v prvním úseku .....	22
Tab. 7.3 Potenciální povodňové škody ve druhém úseku .....	23
Tab. 7.4 Potenciální povodňové škody ve třetím úseku.....	23
Tab. 7.5 Celkové potenciální povodňové škody .....	23

Tab. 8.1 Výše potenciálních povodňových škod po realizace výhledové nádrže Borovnice (osm variant) .....	24
Tab. 9.1 Počet ohrožených osob povodněmi.....	29
Tab. 10.1 Parametry analýzy nákladů a užitků .....	31
Tab. 14.1 Zatopené budovy v obci Krásné.....	49
Tab. 14.2 Zatopené budovy v obci Telecí.....	49
Tab. 14.3 Zatopené budovy v obci Borovnice .....	49
Tab. 14.4 Zatopené budovy v obci Jimramov .....	50
Tab. 14.5 Zatopené budovy v obci Sedliště .....	53
Tab. 14.6 Zatopené komunikace .....	53

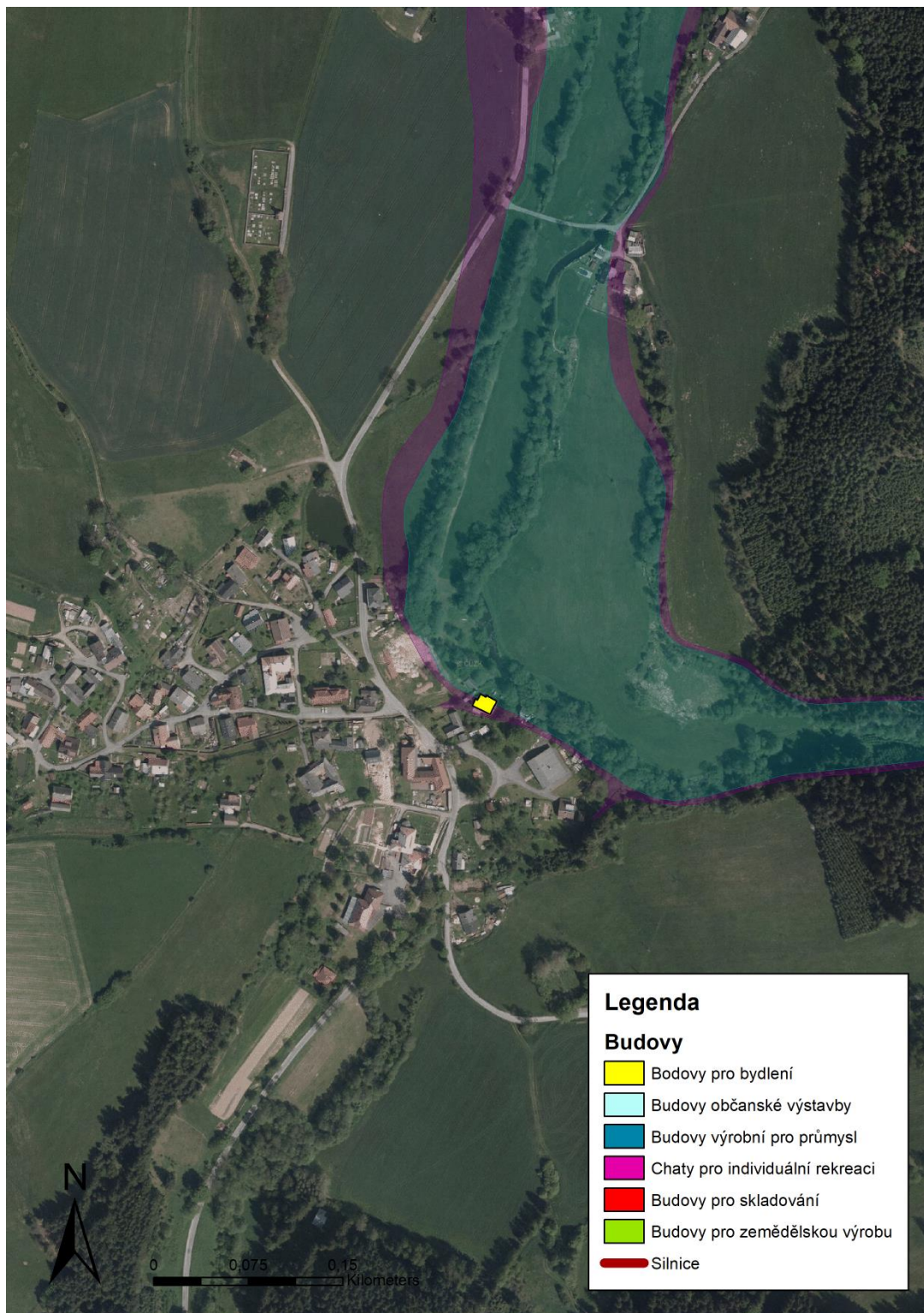
### 13.3 Seznam obrázků

Obr. 3.1 Křivky vyjadřující procentuální škody na budovách v závislosti na hloubce zatopení [4] .....	6
Obr. 3.2 Lineární závislost škod na logaritmu doby opakování v intervalu (a,b) [4] .....	10
Obr. 5.1 Mapa zájmové lokality s vyznačenými úseky.....	15
Obr. 6.1 Poloha výhledové vodní nádrže Borovnice [1].....	18
Obr. 6.2 Půdorys tělesa hráze.....	19
Obr. 8.1 Porovnání čtyř variant ovlivněných povodňových škod.....	25
Obr. 8.2 Potenciální povodňové škody varianta 1 a stávající stav .....	25
Obr. 8.3 Potenciální povodňové škody varianta 2 a stávající stav .....	26
Obr. 8.4 Potenciální povodňové škody varianta 3 a stávající stav .....	26
Obr. 8.5 Potenciální povodňové škody varianta 4 a stávající stav .....	26
Obr. 8.6 Potenciální povodňové škody varianta 5 a stávající stav .....	27
Obr. 8.7 Potenciální povodňové škody varianta 6 a stávající stav .....	27
Obr. 8.8 Potenciální povodňové škody varianta 7 a stávající stav .....	27
Obr. 8.9 Potenciální povodňové škody varianta 8 a stávající stav .....	28

Obr. 9.1 Počet ohrožených osob při povodních .....	30
Obr. 10.1 Náklady na protipovodňovou ochranu .....	32
Obr. 10.2 Průměrná roční povodňová škoda.....	32
Obr. 10.3 Poměrná efektivnost.....	32
Obr. 11.1 Stávající protipovodňová hráz .....	33
Obr. 14.1 Ohrožený majetek v obci Krásné (zelená Q20, fialová Q100) .....	39
Obr. 14.2 Ohrožená budova pro bydlení .....	40
Obr. 14.3 Řeka Svratka v obci Krásné .....	40
Obr. 14.4 Ohrožený majetek v obci Telecí (zelená Q20, fialová Q100).....	41
Obr. 14.5 Ohrožená budova pro skladování.....	42
Obr. 14.6 Ohrožená budova pro bydlení .....	42
Obr. 14.7 Ohrožený majetek v obci Borovnice (zelená Q20, fialová Q100) .....	43
Obr. 14.8 Ohrožená budova pro bydlení .....	44
Obr. 14.9 Soutok Svratky a Bílého potoka.....	44
Obr. 14.10 Ohrožený majetek v obci Sedliště (zelená Q20, fialová Q100) .....	45
Obr. 14.11 Ohrožený majetek v obci Jimramov (zelená Q20, fialová Q100).....	46
Obr. 14.12 Ohrožená budovy pro bydlení.....	47
Obr. 14.13 Upravené koryto Svratky v obci Jimramov a protipovodňové hráze.....	47
Obr. 14.14 Vzorový příčný řez tělesem hráze.....	48

# 14. PŘÍLOHY

## 14.1 Fotodokumentace obce Krásné



Obr. 14.1 Ohrožený majetek v obci Krásné (zelená  $Q_{20}$ , fialová  $Q_{100}$ )





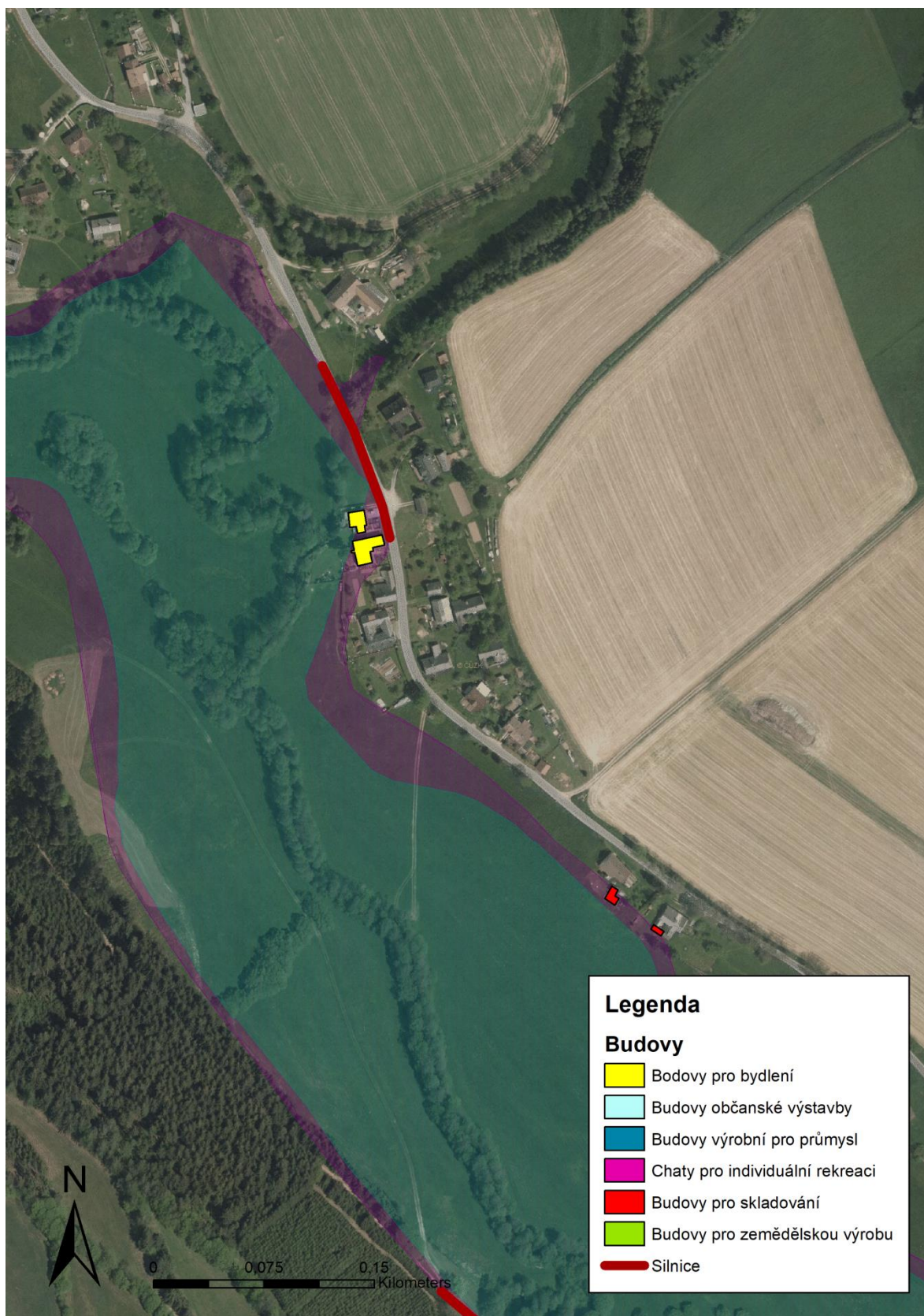
*Obr. 14.2 Ohrožená budova pro bydlení*



*Obr. 14.3 Řeka Svatka v obci Krásné*



## 14.2 Fotodokumentace obce Telecí



Obr. 14.4 Ohrožený majetek v obci Telecí (zelená  $Q_{20}$ , fialová  $Q_{100}$ )





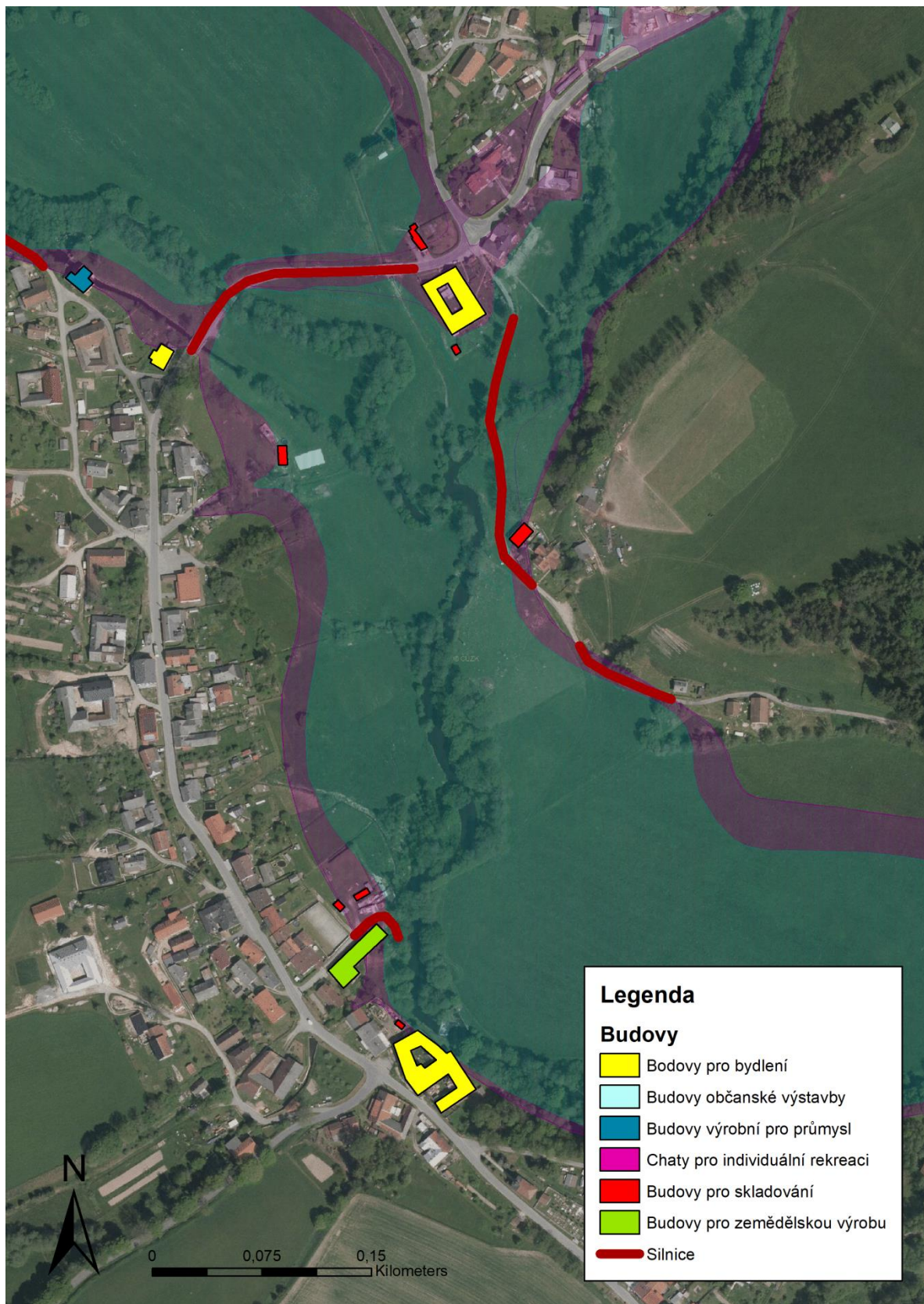
*Obr. 14.5 Ohrožená budova pro skladování*



*Obr 14.6 Ohrožená budova pro bydlení*



## 14.3 Fotodokumentace obce Borovnice



Obr. 14.7 Ohrožený majetek v obci Borovnice (zelená  $Q_{20}$ , fialová  $Q_{100}$ )





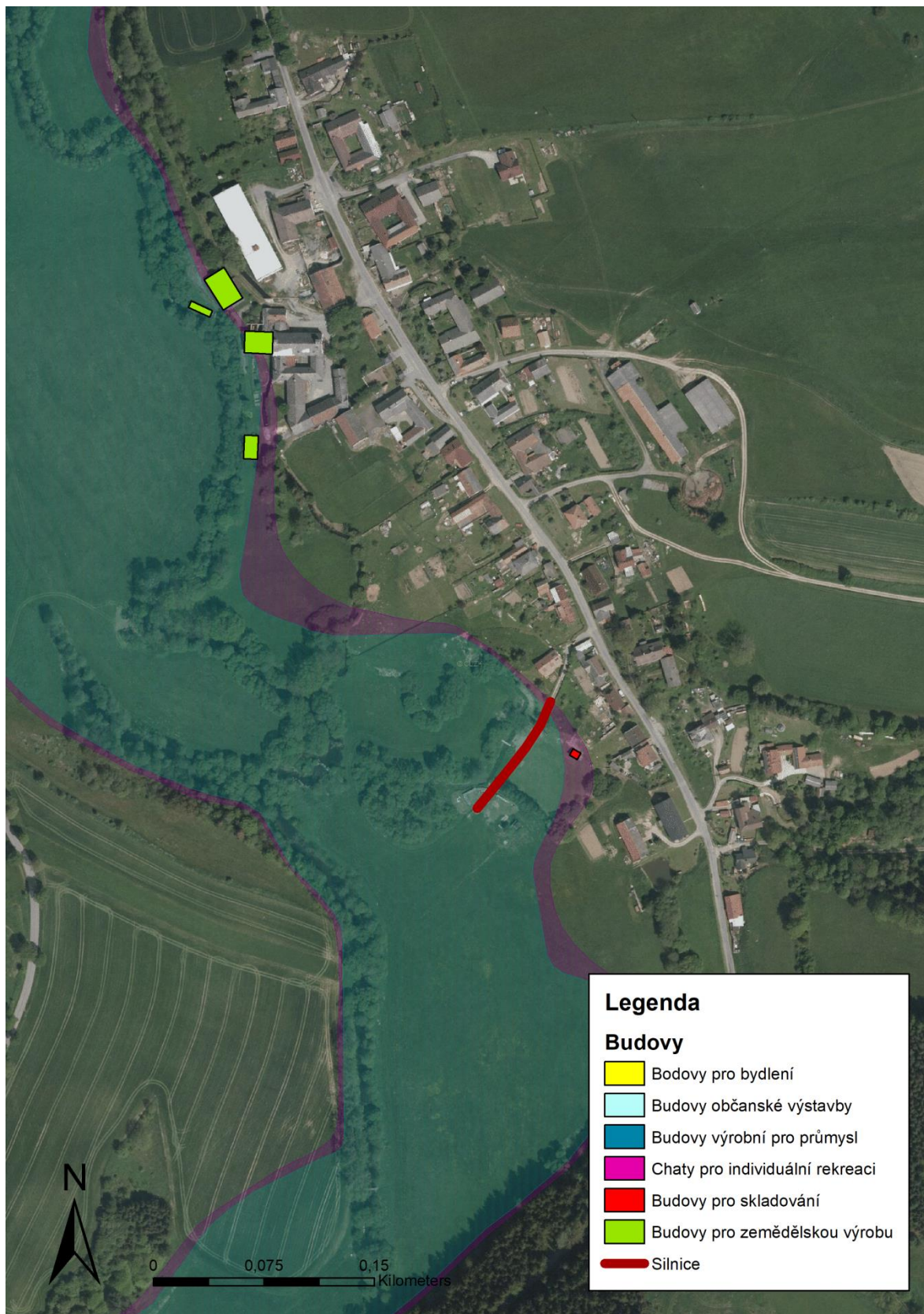
*Obr. 14.8 Ohrožená budova pro bydlení*



*Obr. 14.9 Soutok Svatky a Bílého potoka*



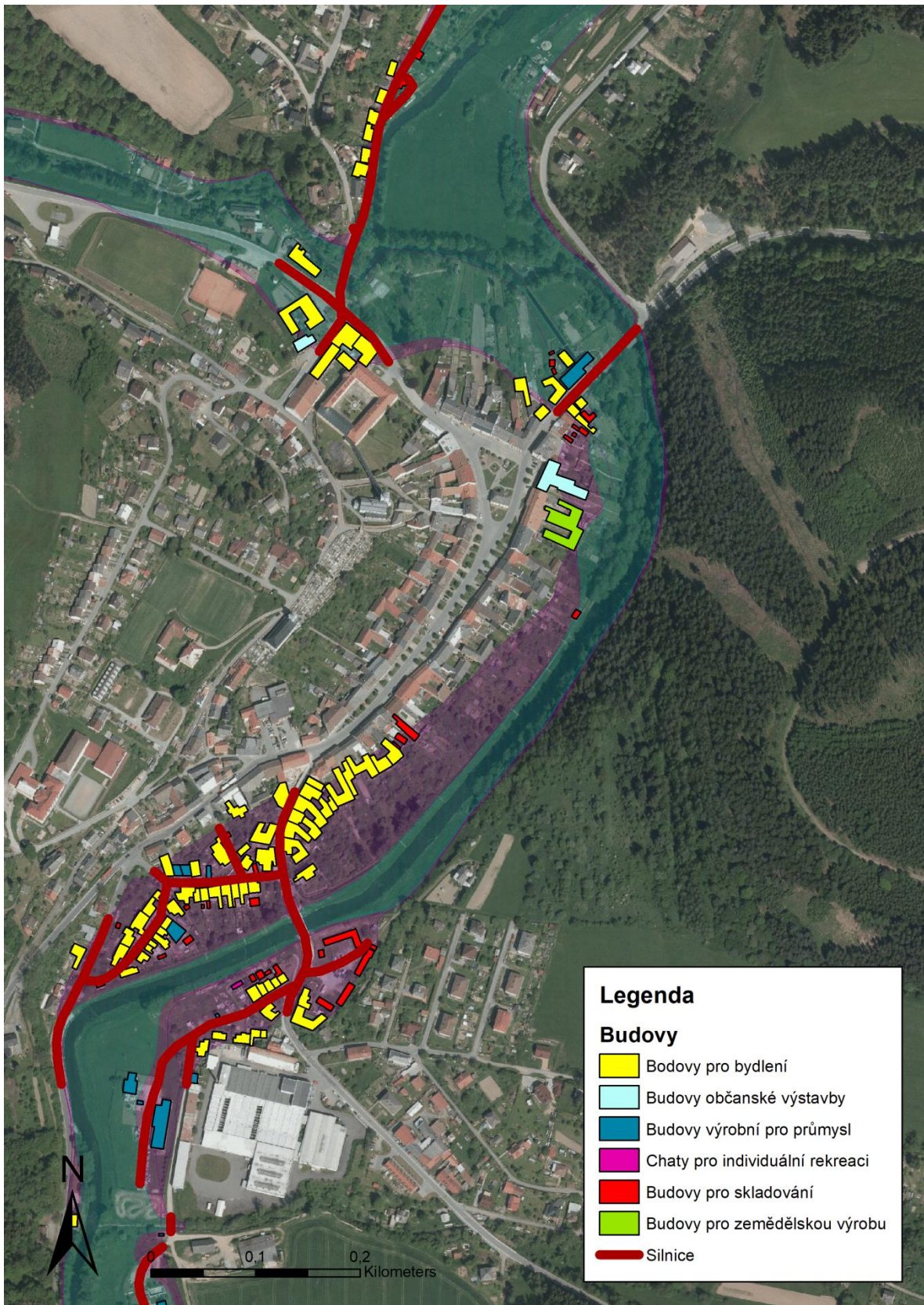
## 14.4 Ohrožený majetek v obci Sedliště



Obr. 14.10 Ohrožený majetek v obci Sedliště (zelená  $Q_{20}$ , fialová  $Q_{100}$ )



## 14.5 Fotodokumentace obce Jimramov



Obr. 14.11 Ohrožený majetek v obci Jimramov (zelená  $Q_{20}$ , fialová  $Q_{100}$ )



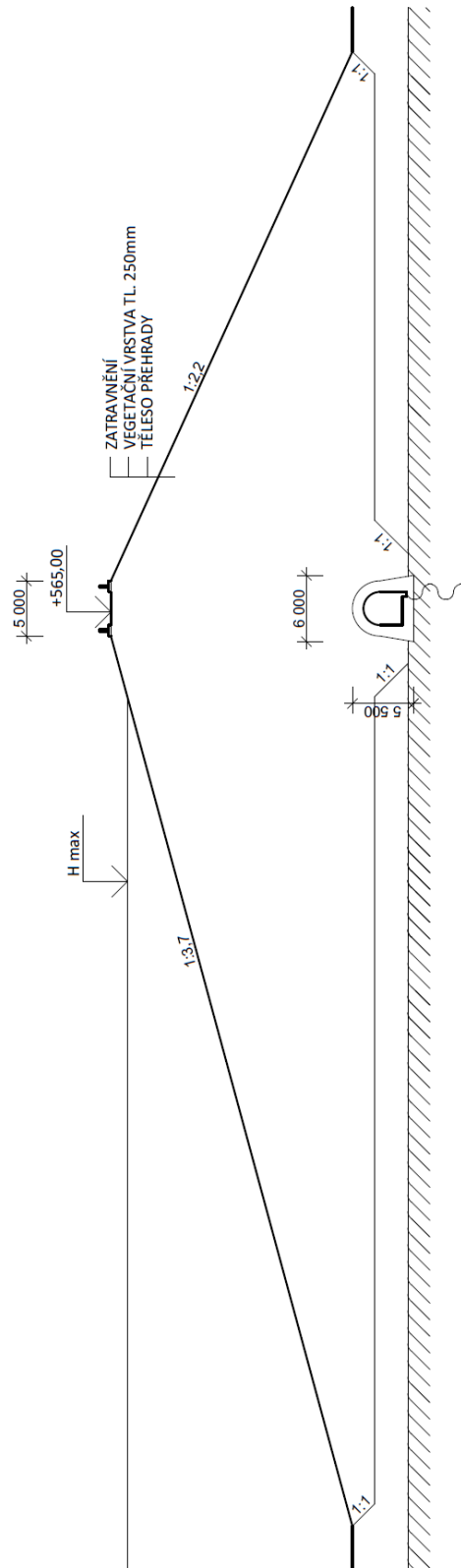


*Obr. 14.12 Ohrožené budovy pro bydlení*



*Obr. 14.13 Upravené koryto Svatky v obci Jimramov a protipovodňové hráze*

## 14.6 Vzorový příčný řez



14.14 Vzorový příčný řez tělesem hráze

## 14.7 Seznam budov a komunikací v záplavovém území

Tab. 14.1 Zatopené budovy v obci Krásné

Označení	Typ Budovy	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Hloubka Q <sub>20</sub> [m]	Hloubka Q <sub>100</sub> [m]	Škody Q <sub>20</sub> [%]	Škody Q <sub>100</sub> [%]	Úsek
SO154	803	174,1	0,20	1,20	4,05	9,58	1
SO155	803.8	31,1	0,00	1,30	0,00	10,03	1
SO156	803.8	21,7	0,00	0,20	0,00	4,05	1
SO157	803.8	14,9	0,90	1,30	8,09	10,03	1
SO158	803.8	36,8	0,00	0,40	0,00	5,20	1

Tab. 14.2 Zatopené budovy v obci Teletčí

Označení	Typ Budovy	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Hloubka Q <sub>20</sub> [m]	Hloubka Q <sub>100</sub> [m]	Škody Q <sub>20</sub> [%]	Škody Q <sub>100</sub> [%]	Úsek
SO165	803	257,9	0,00	1,20	0,00	9,58	1
SO166	803	137,7	1,00	1,70	8,67	11,85	1
SO167	812.8	66,5	0,00	0,50	0,00	5,78	1
SO168	812.8	29,7	0,00	0,20	0,00	4,05	1

Tab. 14.3 Zatopené budovy v obci Borovnice

Označení	Typ Budovy	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Hloubka Q <sub>20</sub> [m]	Hloubka Q <sub>100</sub> [m]	Škody Q <sub>20</sub> [%]	Škody Q <sub>100</sub> [%]	Úsek
SO01	803.8	48,6	0,20	0,60	4,05	6,36	1
SO02	803.8	29,0	0,00	0,30	0,00	4,62	1
SO03	812.2	6,2	0,20	0,60	4,05	6,36	1
SO04	812.2	178,6	0,00	0,40	0,00	5,20	1
SO05	803	171,2	0,00	0,25	0,00	4,33	1
SO06	812.6	90,3	0,00	0,20	0,00	4,05	1
SO07	803	892,2	0,00	0,25	0,00	4,33	1
SO08	812.8	25,8	0,00	0,35	0,00	4,91	1
SO09	812.8	82,3	0,20	0,50	4,05	5,78	1
SO10	812.8	32,6	0,00	0,30	0,00	4,62	2
SO11	812.8	127,5	0,00	0,50	0,00	5,78	2
SO12	812.8	45,8	0,00	0,40	0,00	5,20	2
SO13	812.8	567,6	0,10	0,30	3,47	4,62	2
SO14	803	1328,6	0,15	0,30	3,76	4,62	2
SO15	803.8	33,2	0,00	1,05	0,00	8,89	2
SO16	803.8	40,6	0,00	0,35	0,00	4,91	2
SO17	812.8	22,7	0,00	0,25	0,00	4,33	2

Tab. 14.4 Zatopené budovy v obci Jimramov

Označení	Typ Budovy	Plocha [m <sub>2</sub> ]	Hloubka Q <sub>20</sub> [m]	Hloubka Q <sub>100</sub> [m]	Škody Q <sub>20</sub> [%]	Škody Q <sub>100</sub> [%]	Úsek
SO18	812.8	54,6	0,50	1,40	5,78	10,49	2
SO19	812.8	9,3	0,60	1,50	6,36	10,94	2
SO20	803	129,0	0,30	1,20	4,62	9,58	2
SO21	803	47,7	0,30	1,20	4,62	9,58	2
SO22	812.8	45,4	0,60	1,50	6,36	10,94	2
SO23	812.8	48,4	0,30	0,80	4,62	7,51	2
SO24	812.8	36,8	0,30	0,80	4,62	7,51	2
SO25	803	101,8	0,00	0,40	0,00	5,20	2
SO26	803	114,6	0,00	0,30	0,00	4,62	2
SO27	803	131,9	0,00	0,60	0,00	6,36	2
SO28	803	128,1	0,00	0,60	0,00	6,36	2
SO29	803	116,2	0,00	0,50	0,00	5,78	2
SO30	803	176,3	0,00	0,50	0,00	5,78	2
SO31	803	369,6	0,30	0,90	4,62	8,09	3
SO32	801	195,8	0,00	0,25	0,00	4,33	3
SO33	803	724,0	0,10	0,40	3,47	5,20	3
SO34	803	394,2	0,15	0,45	3,76	5,49	3
SO35	803	357,4	0,05	0,35	3,18	4,91	3
SO36	803	396,4	0,20	0,50	4,05	5,78	3
SO37	803	177,3	0,05	0,35	3,18	4,91	3
SO38	803	127,2	0,00	0,10	0,00	3,47	3
SO39	803	277,8	0,10	0,40	3,47	5,20	3
SO40	812.8	19,4	0,15	0,45	3,76	5,49	3
SO41	812.8	32,7	0,15	0,45	3,76	5,49	3
SO42	812.2	423,1	0,20	0,50	4,05	5,78	3
SO43	812.8	11,1	0,20	0,50	4,05	5,78	3
SO44	803	129,1	0,25	0,55	4,33	6,07	3
SO45	803	225,1	0,10	0,40	3,47	5,20	3
SO46	803	83,5	0,15	0,45	3,76	5,49	3
SO47	812.8	79,4	0,10	0,40	3,47	5,20	3
SO48	803	95,4	0,10	0,40	3,47	5,20	3
SO49	803	114,4	0,10	0,40	3,47	5,20	3
SO50	812.8	32,1	0,00	0,15	0,00	3,76	3
SO51	812.8	12,7	0,00	0,20	0,00	4,05	3
SO52	812.8	21,3	0,00	0,20	0,00	4,05	3
SO53	812.8	42,4	0,00	0,25	0,00	4,33	3
SO54	801	762,9	0,00	0,25	0,00	4,33	3
SO55	812.8	969,3	0,00	0,30	0,00	4,62	3
SO56	812.8	42,9	0,10	1,10	3,47	9,12	3
SO57	812.8	189,1	0,00	0,45	0,00	5,49	3
SO58	812.8	65,2	0,00	0,45	0,00	5,49	3
SO59	812.8	20,8	0,00	0,45	0,00	5,49	3
SO60	803	250,6	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO61	803	201,0	0,00	0,75	0,00	7,22	3

Označení	Typ Budovy	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Hloubka Q <sub>20</sub> [m]	Hloubka Q <sub>100</sub> [m]	Škody Q <sub>20</sub> [%]	Škody Q <sub>100</sub> [%]	Úsek
SO62	803	352,3	0,00	0,70	0,00	6,93	3
SO63	803	211,7	0,00	0,60	0,00	6,36	3
SO64	803	436,6	0,00	0,55	0,00	6,07	3
SO65	803	119,4	0,00	0,20	0,00	4,05	3
SO66	803	82,7	0,00	0,60	0,00	6,36	3
SO67	803	224,0	0,00	0,35	0,00	4,91	3
SO68	803	151,4	0,00	0,65	0,00	6,64	3
SO69	803	392,1	0,00	0,65	0,00	6,64	3
SO70	803	191,7	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO71	803	158,2	0,00	0,60	0,00	6,36	3
SO72	803	286,3	0,00	0,65	0,00	6,64	3
SO73	803	335,1	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO74	803	180,7	0,00	0,90	0,00	8,09	3
SO75	803	259,3	0,00	0,45	0,00	5,49	3
SO76	803	349,3	0,00	0,70	0,00	6,93	3
SO77	803	341,2	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO78	803	192,8	0,00	0,20	0,00	4,05	3
SO79	812.8	40,0	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO80	812.8	15,8	0,00	0,35	0,00	4,91	3
SO81	803	79,8	0,00	0,50	0,00	5,78	3
SO82	803	304,3	0,00	0,40	0,00	5,20	3
SO83	803	117,5	0,00	0,70	0,00	6,93	3
SO84	812.6	55,0	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO85	803	130,6	0,00	0,60	0,00	6,36	3
SO86	812.6	81,0	0,00	0,50	0,00	5,78	3
SO87	812.6	92,9	0,00	0,55	0,00	6,07	3
SO88	803	183,7	0,00	0,30	0,00	4,62	3
SO89	803	121,4	0,00	0,85	0,00	7,80	3
SO90	812.8	65,7	0,00	0,90	0,00	8,09	3
SO91	803	139,6	0,00	0,85	0,00	7,80	3
SO92	803	121,2	0,00	0,85	0,00	7,80	3
SO93	803	160,0	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO94	812.8	9,7	0,00	0,90	0,00	8,09	3
SO95	812.8	22,6	0,00	0,90	0,00	8,09	3
SO96	803	168,1	0,00	0,85	0,00	7,80	3
SO97	803	104,3	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO98	803	202,7	0,00	0,70	0,00	6,93	3
SO99	803	75,0	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO100	803	165,5	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO101	812.8	21,2	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO102	803	47,9	0,00	0,40	0,00	5,20	3
SO103	803	143,7	0,00	0,45	0,00	5,49	3
SO104	812.8	18,8	0,00	0,30	0,00	4,62	3
SO105	803	187,3	0,00	0,20	0,00	4,05	3
SO106	812.8	24,3	0,00	0,95	0,00	8,38	3
SO107	803	114,3	0,00	0,95	0,00	8,38	3



Označení	Typ Budovy	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Hloubka Q <sub>20</sub> [m]	Hloubka Q <sub>100</sub> [m]	Škody Q <sub>20</sub> [%]	Škody Q <sub>100</sub> [%]	Úsek
SO108	803	186,7	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO109	803	85,5	0,00	0,90	0,00	8,09	3
SO110	803	77,7	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO111	812.8	51,1	0,00	0,90	0,00	8,09	3
SO112	801	209,6	0,00	0,85	0,00	7,80	3
SO113	803	63,9	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO114	803	121,0	0,00	0,85	0,00	7,80	3
SO115	803	43,7	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO116	812.8	25,4	0,00	0,90	0,00	8,09	3
SO117	803	44,3	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO118	803	225,2	0,00	0,50	0,00	5,78	3
SO119	803	167,6	0,00	0,65	0,00	6,64	3
SO120	812.6	270,7	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO121	812.6	35,9	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO122	812.6	22,8	0,00	0,35	0,00	4,91	3
SO123	812.6	170,9	0,00	0,35	0,00	4,91	3
SO124	812.6	100,7	0,00	0,40	0,00	5,20	3
SO125	812.6	150,0	0,00	0,30	0,00	4,62	3
SO126	803	166,9	0,00	0,45	0,00	5,49	3
SO127	803	369,3	0,00	0,30	0,00	4,62	3
SO128	803	67,9	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO129	803	63,9	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO130	803	81,4	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO131	803	85,6	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO132	803	141,9	0,00	0,75	0,00	7,22	3
SO133	812.8	41,9	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO134	812.8	57,0	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO135	812.8	32,1	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO136	812.8	53,2	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO137	812.8	20,8	0,00	0,80	0,00	7,51	3
SO138	803	165,7	0,00	0,45	0,00	5,49	3
SO139	812.2	12,9	0,00	0,70	0,00	6,93	3
SO140	803	45,4	0,00	0,30	0,00	4,62	3
SO141	803	100,0	0,00	0,35	0,00	4,91	3
SO142	803	137,5	0,00	0,35	0,00	4,91	3
SO143	803	95,1	0,00	0,45	0,00	5,49	3
SO144	803	144,2	0,00	0,40	0,00	5,20	3
SO145	812.1	63,3	0,00	0,10	0,00	3,47	3
SO146	812.6	207,4	0,30	0,80	4,62	7,51	3
SO147	812.6	19,9	0,30	0,80	4,62	7,51	3
SO148	812.6	587,7	0,25	0,75	4,33	7,22	3
SO149	812.2	10,8	0,00	0,20	0,00	4,05	3
SO150	803	106,6	0,20	0,60	4,05	6,36	3
SO151	812.3	88,2	0,30	1,00	4,62	8,67	3
SO152	812.3	193,5	0,30	1,00	4,62	8,67	3
SO153	812.3	73,1	0,20	0,90	4,05	8,09	3

Tab. 14.5 Zatopené budovy v obci Sedliště

Označení	Typ Budovy	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Hloubka Q <sub>20</sub> [m]	Hloubka Q <sub>100</sub> [m]	Škody Q <sub>20</sub> [%]	Škody Q <sub>100</sub> [%]	Úsek
SO159	812.2	23,7	0,30	1,10	4,62	9,12	2
SO160	812.8	382,1	0,00	0,25	0,00	4,33	2
SO161	812.8	73,1	0,30	0,60	4,62	6,36	2
SO162	812.8	285,7	0,10	0,40	3,47	5,20	2
SO163	812.8	152,0	0,20	0,50	4,05	5,78	2
SO164	812.8	29,5	0,00	0,20	0,00	4,05	2

Tab. 14.6 Zatopené komunikace

Šířka komunikace [m]	Délka zatopení při Q <sub>20</sub> [m]	Délka zatopení při Q <sub>100</sub> [m]	Obec	Úsek
2	524,6	651,3	Telecí	1
6	0,0	125,8	Telecí	1
3	134,8	263,6	Borovnice	1
7	13,1	176,7	Borovnice	1
3	109,2	193,7	Borovnice	1
3	0,0	74,8	Borovnice	2
4	17,1	42,8	Borovnice	2
3	81,1	278,0	Borovnice	2
4	153,4	180,0	Sedliště	2
2	83,0	88,4	Sedliště	2
3	209,0	278,4	Jimramov	2
3	59,8	60,5	Jimramov	2
5	93,9	127,7	Jimramov	3
6	86,7	141,8	Jimramov	3
10	105,4	109,4	Jimramov	3
6	23,0	221,6	Jimramov	3
4	11,8	158,8	Jimramov	3
4	6,2	158,4	Jimramov	3
4	100,7	14,4	Jimramov	3
4	0,0	129,6	Jimramov	3
5	0,0	68,4	Jimramov	3
6	0,0	169,0	Jimramov	3
5	0,0	152,3	Jimramov	3
5	0,0	111,1	Jimramov	3
3	0,0	53,1	Jimramov	3
5	0,0	69,6	Jimramov	3