

**České vysoké učení technické v Praze**

**Fakulta stavební**

**Katedra hydrotechniky**



# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Návrh protipovodňových opatření pro obec Plav**

**Design of flood protection measures in Plav village**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.**

**květen 2021**

**Martin Král**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Král Jméno: Martin Osobní číslo: 477488  
 Zadávací katedra: k142 - Katedra hydrotechniky  
 Studijní program: Stavební inženýrství  
 Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh protipovodňových opatření pro obec Plav

Název bakalářské práce anglicky: Design of Flood Protection Measures in Plav Village

Pokyny pro vypracování:

Na základě poskytnutých podkladů proveďte návrh protipovodňových opatření obce Plav pro míru ochrany území Q20 do úrovně detailu odpovídající dokumentaci pro územní povolení v technické rovině – technická zpráva a výkresová část. Oddělte ochranu levého a pravého břehu jako možné varianty ochrany. Zpracujte analýzu nákladů a užitek navrženého PPO ve variantách ochrany LB, PB a oba břehy a proveďte souhrnné hodnocení.

Seznam doporučené literatury:

Skriptum Hydrotechnické stavby 10, Broža, V., Satrapa, L.; 2000

další odborná literatura z oblasti hydrotechniky se vztahem k tématu bakalářské práce;

relevantní technické normy, zejména ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů; TNV 2103 Úpravy řek, ČSN 75 2310 Sypané hráze, EC 7 a legislativní přepisy, vyhláška 590/2002 Sb. a 255/2010 Sb. (úprava 471/2001 Sb.);

Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe; 12/2019;

METODIKA PRO POSUZOVÁNÍ PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ NAVRŽENÝCH DO III. ETAPY PROGRAMU „PREVENCE PŘED POVODNĚMI“ - část 2.4 Ekonomická efektivnost vynaložených prostředků; Satrapa, L. Fošumpaur, P., Horský, M.; 2014

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 15.2.2021

Termín odevzdání bakalářské práce: 16.5.2021  
 Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### 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“.*

26.02 2021

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



ČVUT v Praze  
Fakulta stavební  
Bakalářská práce

Návrh protipovodňových  
opatření pro obec Plav  
Martin Král

## 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“.

.....

V Praze dne

.....

Martin Král



ČVUT v Praze  
Fakulta stavební  
Bakalářská práce

Návrh protipovodňových  
opatření pro obec Plav  
Martin Král

## **Poděkování**

Chtěl bych srdečně poděkovat vedoucímu mé práce panu Ing. Miroslavu Broučkovi, Ph.D. za věnovaný čas, cenné znalosti a rady, které mi během zpracování této práce předal. Dále patří obrovské díky panu Ing. Martinovi Horskému, Ph.D., který mi s vřelým jednáním předal znalosti potřebné pro práci v prostředí ArcGis.



## **ABSTRAKT**

První část této práce řeší návrh protipovodňového opatření pro levý a pravý břeh a jejich kombinace v obci Plav, pro míru ochrany  $Q_{20}$ . Dále pak zpracování analýzy nákladů a užitků navržených variant s provedením hodnocení a výběrem vhodné varianty.

Druhá část této práce se věnuje dopracování vhodné varianty do úrovně detailu odpovídající dokumentaci pro územní povolení v technické rovině.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

protipovodňová opatření, analýza nákladů a užitků, povodňová škoda, povodňové riziko, efektivnost protipovodňového opatření, projektová dokumentace

## **ABSTRAKT**

The first part of this work deals with the design of flood control measures for the left and right bank and their combination in the Plav village, for the degree of protection  $Q_{20}$ . Furthermore, the processing of cost-benefit analysis of the proposed variants with the evaluation and selection of a suitable variant.

The second part of this work is devoted to the completion of a suitable variant to the level of detail corresponding to the documentation for the zoning permit at the technical level.

## **KEY WORDS**

flood protection measures, cost-benefit analysis, flood damage, flood risk, effectiveness of flood control measures, project documentation



## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Seznam zkratk.....	2
3. Charakteristika řešené oblasti.....	2
3.1. Řeka Malše.....	2
3.1.1. Povodí toku .....	2
3.1.2. Hydrologické poměry toku.....	3
3.1.3. Objekty na vodním toku.....	3
3.2. Obec Plav .....	4
3.2.1. Zájmová oblast.....	4
3.2.2. Historie obce .....	4
3.2.3. Historické povodně .....	5
3.2.4. Současný stav PPO .....	7
4. Přehled vstupních a návrhových podkladů .....	8
4.1. DUS od firmy VH-TRES spol. s r.o.....	8
4.2. Národní plán Povodí Labe.....	8
4.3. Digitální model reliéfu 5. generace .....	9
4.4. Fotodokumentace.....	9
5. Možnosti navrhování PPO .....	10
6. Principy vyjádření povodňového rizika a efektivity PPO.....	11
6.1. Výpočet potenciálních škod.....	11
6.2. Odhad míry povodňového rizika .....	13
6.3. Výpočet ekonomické efektivity PPO.....	14
7. Návrhy PPO.....	16
7.1. PPO I [„PB obec“] .....	16
7.2. PPO II [„LB obec“] .....	19
7.3. PPO III [„PB chatová osada“] .....	22
7.4. Kombinace PPO I + PPO II .....	25
8. Výpočet potenciálních škod v jednotlivých variantách .....	26
8.1. Současný stav.....	27



8.2. PPO I.....	28
8.3. PPO II.....	29
8.4. PPO III.....	30
8.5. Kombinace PPO I + PPO II .....	31
9. Vyhodnocení jednotlivých variant.....	32
9.1. Současný stav.....	32
9.2. PPO I.....	33
9.3. PPO II.....	34
9.4. PPO III.....	35
9.5. Kombinace PPO I + PPO II .....	36
9.6. Shrnutí výsledků .....	37
10. Závěr .....	38
11. Literatura a zdroje .....	39
12. Seznam obrázků .....	40
13. Seznam tabulek .....	40
14. Seznam příloh.....	41



## 1. Úvod

Povodně jsou jednou z přírodních katastrof, které nás provázejí již od počátku lidstva. Ve starém Egyptě s sebou přinášely jak život, při rozliti řeky Nil do přilehlých polí, tak v mnoha případech škody, a v těch nejhorších i smrt. V dnešní době se snažíme vodní toky zkrotit, ať už pomocí vodních nebo suchých nádrží, příp. opatření podél těchto toků. Ve své práci se dále věnuji opatření v obci Plav, která je s řekou Malší i povodněmi neodmyslitelně spojena.

Původním cílem a myšlenkou této práce bylo navázání na již zpracovanou dokumentaci pro umístění stavby od firmy VH-TRES z roku 2016, dopracování tohoto návrhu do úrovně pro územní povolení, společně s prací v prostředí Gis, a vyčíslení potenciálních povodňových škod a následného vyhodnocení efektivity tohoto opatření. Nicméně vzhledem tomu, že se v roce 2019 provedly hydrodynamické modely, které tento návrh vyhodnotily za nevyhovující, čemuž se věnuji v kap. 4.1., a faktu, že je opatření při příchodu povodně až příliš nesoběstačné z důvodu velkého počtu mobilního hrazení, jsme se spolu s vedoucím práce rozhodli původní podobu zadání upravit.

V této práci se tedy věnuji vyhodnocení škod ve třech navržených etapách protipovodňového opatření, které spočívá v práci, v pro mě doposud neznámém programu ArcGis, ve kterém jsem pomocí záplavových map dokázal vyčíslit potenciální povodňové škody (viz. kap. 8. ) a následně dle *metodiky pro posuzování povodňových škod* vyhodnotit efektivnost jednotlivých opatření metodou nákladů a užitků. Druhá polovina této práce spočívala ve výběru nejvhodnější varianty s následným vypracováním dokumentace daného návrhu do úrovně odpovídající v technické rovině dokumentaci k územnímu povolení.

Pro prohloubení problematiky funkčnosti objektů protipovodňových opatření jsem, díky spolupráci s Povodím Vltavy, měl možnost být u velké zkoušky povodňových vrat odpadu z Čertovky i jarní zkoušky čerpací stanice v Libeňském přístavišti v Praze.





## 2. Seznam zkratk

MZe	Ministerstvo Zemědělství
MŽP	Ministerstvo Životního prostředí
PE	Poměrný ukazatel efektivity
PPO	Protipovodňové opatření
PV <sub>N</sub>	Povodňová vlna N-leté povodně
RD	Rodinný dům
VTO	Vodní tok
ZK	Ztrátové křivky

## 3. Charakteristika řešené oblasti

### 3.1. Řeka Malše

Řeka Malše pramení v sousedním Rakousku, ještě pod názvem Maltšch v nadmořské výšce 985 m n. m. a ústí pak v Českých Budějovicích nad Jiráskovým jezem jako pravobřežní přítok do Vltavy (385 m n. m.). Nad obcí Doudleby do Malše ústí řeka Stropnice, která s povodím 400.4 km<sup>2</sup> tvoří významný přítok.

#### 3.1.1. Povodí toku

Plocha povodí toku je necelých 1000 km<sup>2</sup>, a díky délce 89.5 km je brána jako významný vodohospodářský tok [3].



### 3.1.2. Hydrologické poměry toku

Nejbližší známý limnigraf se nachází přímo v obci Plav u rechlí na Malši (Obr. 1), provozovaný ČHMÚ, kde jsou známy údaje N-letých průtoků [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] uvedených v Tab. 1.

Tab. 1 – N-leté průtoky LG Plav-Rechle na Malši [2].

$Q_1$	$Q_2$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{20}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$
55,00	89,00	152,00	211,00	282,00	392,00	490,00



Obr. 1 – LG – Rechle na Malši.

### 3.1.3. Objekty na vodním toku

Největším vodním dílem na řece Malši je přehrada Římov, která leží cca 10 ř. km nad obcí Plav. Výstavba tohoto VD díla započala již začátkem roku 1974, hlavně z důvodu nedostatku kvalitní vody v oblasti Jižních Čech. Tato nádrž tak měla nahradit místní vodovod, který odebíral vodu z prameniště u obce Nedabyle, asi 6 km jižně od Českých Budějovic. Během roku 1978, po odlesnění prostoru zátopy a dokončení veškerých stavebních prací, byla nádrž napuštěna a uvedena do provozu. V dnešní době je to hlavní zdroj pitné vody pro velkou část Jižních Čech [5] [6].



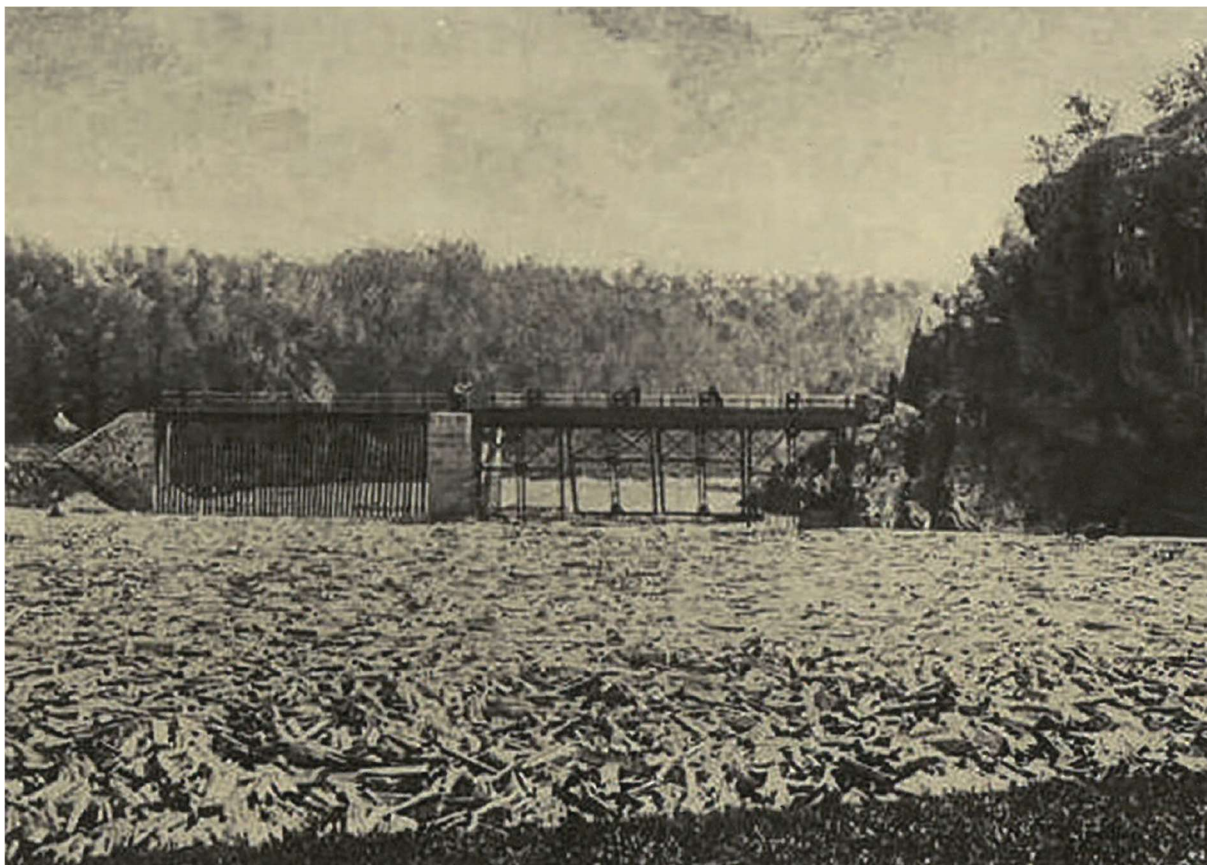
### **3.2. Obec Plav**

#### **3.2.1. Zájmová oblast**

Vzhledem k charakteru navrhovaných staveb je zájmová oblast převážně podél vodního toku Malše a Mlýnské stoky. Největší část navrhovaných opatření se nachází na plavském ostrově a přilehlých polích v severozápadní části obce. Další částí je zde levobřežní úsek asi 250 ř. m, proti proudu od hlavního mostu do obce Plav. Poslední zájmovou oblastí je pravobřežní chatová osada nacházející se mezi technologickou lávkou a rechlemi.

#### **3.2.2. Historie obce**

První zmínky o obci Plav jsou známy již od roku 1262, kdy Vok I. z Rožmberka tuto ves věnoval klášteru ve Vyšším Brodě. Obecní historie však podle legend sahá dále do minulosti, kdy údajnému vzniku přispěli tři bratři, kteří na nynější místo připluli a založili zde svá obydlí. Název obce „Plav“ se podle této legendy odvíjí od slova připlout a v průběhu staletích se toto oslovení téměř neměnilo. Reálnější odvození názvu je ale podle plavení dřeva, které bylo na řece Malši v tehdejších dobách velmi využíváno. To částečně dokládají i rechle nad obcí, které byly vybudovány koncem 18. st., a zachytávaly plavené dřevo z Novohradských hor v meandru řeky Malše a následně ho posílaly do Českých Budějovic, viz. *Obr. 2*.



*Obr. 2 – Pohled na rechle a naplavené dřevo [Archiv obce Plav].*

Obec jako taková byla známá svými formany, kteří jsou společně s obilným klasem znázorněni na obecním znaku. Formanství a zemědělství představovala hlavní řemesla, která se zde provozovala a se kterými je na znaku zobrazen i stříbrný rytíř značící příslušnost obce k Doudlebskému rodu. V dnešní době v obci trvale bydlí cca 400 obyvatel.

### **3.2.3. Historické povodně**

První zmínky o povodních se datují od roku 1784, kdy se 23. února na obec Plav přihnala obleva a mnoho obydlí na plavském ostrově poničila. Od té doby se povodně pravidelně vracely, ale největší přišla v roce 2002, která zaplavila třetinu obce a odřízla ji od okolního světa na několik dní.



*Obr. 3 – Pohled na levobřežní zástavbu RD po povodních 2002 [Archiv obce Plav].*



*Obr. 4 – Pohled na náhon Mlýnské stoky po povodních 2002 [Archiv obce Plav].*

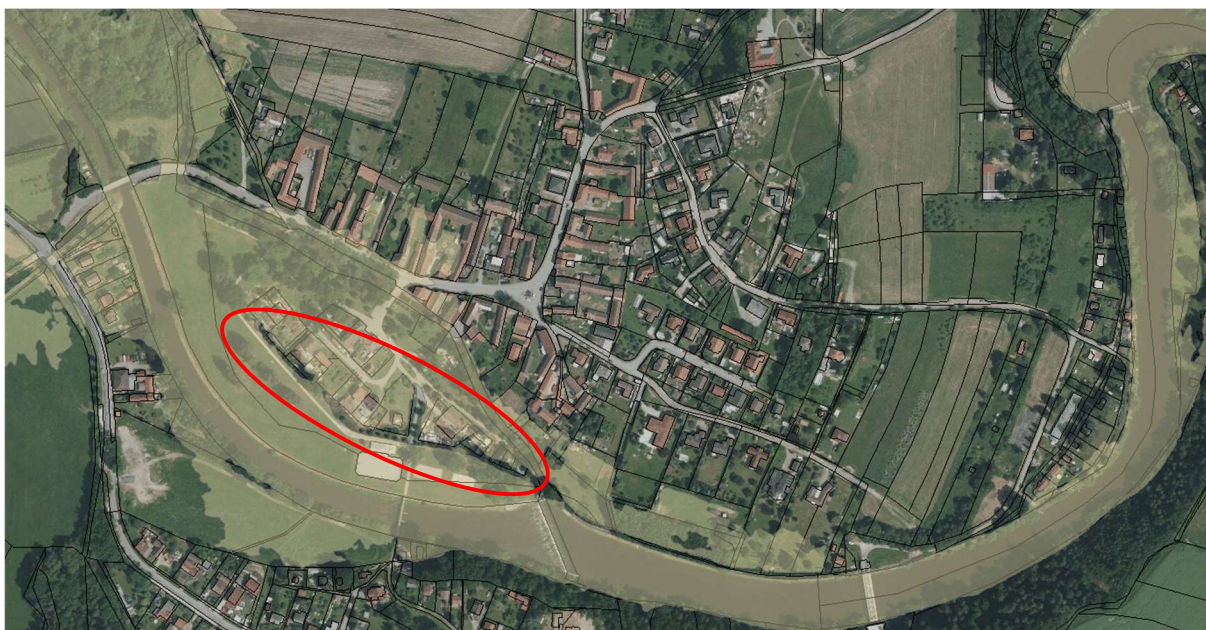


### 3.2.4. Současný stav PPO



Obr. 5 – Záplavová mapa  $Q_{20}$ .

Současná ochrana obce Plav podél koryta řeky Malše a Mlýnské stoky z větší části nedosahuje ani  $Q_5$ . Místní fotbalové hřiště se dle slov paní starostky Oldřišky Ribolové zaplavuje každé 3–4 roky. Na plavském ostrově je na Obr. 6 vyznačená již vystavená hrázka, která pětileté vodě odolává, nicméně objekty za ní jsou zaplavovány zpětným vzduším z Mlýnské stoky, příp. jejím obtokem.



Obr. 6 – Záplavová mapa  $Q_5$ .



## 4. Přehled vstupních a návrhových podkladů

### 4.1. DUS od firmy VH-TRES spol. s r.o.

Mezi podklady, ze kterých jsem v mé práci vycházel, byla dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby zpracovaná firmou VH-TRES [7]. Tato dokumentace pracovala s návrhem opevnění pouze pravého břehu řeky Malše, a to od ř.km 10.118, tj. od silničního mostu, po technologickou lávku vodovodu na ř.km 10.981. Jednalo se o využití kombinace zemních hrázek a ŽB zídek použitých v úzkých prostorech ve výše ležícím úseku. Dále při návrhu pracovali s navýšením již stávajícího liniového opevnění, v úseku mezi pískovými hřišti a uzávěrem náhonu Mlýnské stoky lokálním navýšením, a s osazením celkem 12-ti mobilních hrazení v místech křížení navrženého opevnění s komunikací.

Takto zpracovaný návrh byl modelován v rámci hydrodynamických modelů, které pořizuje MŽP v rámci analýzy oblastí s významným povodňovým rizikem [1]. Výsledkem tohoto modelování byla nedostatečná ochrana navrženého PPO, které v několika místech přetévalo, a u technologické lávky i navržené opatření obtékalo. Návrh se také vůbec nezabýval ochranou severní části území, které dle záplavových map může vodu do obce zpětně vzdouvat.

### 4.2. Národní plán Povodí Labe

Tyto plány pořizuje MZe společně s MŽP a jednotlivými správci povodí. Slouží hlavně pro stanovení cílů, jakými je např. ochrana a hospodaření s vodními zdroji nebo snížení nepříznivých účinků sucha a povodní v povodích spadající pod tento plán [8]. Jelikož hydrologická data nelze nikdy s dokonalou přesností předpovědět, stanovují se protipovodňová opatření na návrhové průtoky s určitou dobou opakování, tzv.  $Q_N$ , a to podle zastavěnosti a významnosti chráněného území.



Obec Plav podle tohoto dokumentu tedy navrhuji na ochranu před  $Q_{20}$  [9], viz. *Tab. 2*.

*Tab. 2 – Návrhová N-letost průtoků pro zastavěné území.*

Historická centra měst, historická zástavba	$Q_{100}$
Souvislá zástavba, průmyslové areály	$Q_{50}$
Rozptýlená obytná, průmyslová a souvislá chatová zástavba	$Q_{20}$
Izolované objekty	Individuální ochrana

### 4.3. Digitální model reliéfu 5. generace

Pro možnost práce s výškopisnými daty jsem si s malým poplatkem zakoupil od ČÚZK digitální model reliéfu 5. generace, který vznikl leteckým laserovým skenováním území ČR. Bohužel v zalesněné oblasti vznikají chyby, které jsou v řádu desítek cm. Problém s tímto modelem v mé práci nastává v trase PPO I v jižní části u pískových hřišť, kde je husté stromořadí a kamenné opevnění s přibližným sklonem 1:1. Husté stromy pravděpodobně způsobily nepřesnost v tomto úseku a DMR 5G žádný takovýto sklon nevykreslil. Stejně tak zde nevykreslil ani koryto u náhonu Mlýnské stoky.

### 4.4. Fotodokumentace

Pro optimální výběr tras protipovodňových opatření jsem se několikrát osobně vydal do obce Plav, abych místním šetřením terén zdokumentoval, a mohl tak porovnat realitu s mapovými a výškovými daty, např. viz. kap. 4.3. Foto pro PPO I je k dispozici v dokladové části projektové dokumentace a foto pro PPO II a PPO III je zařazeno do kap. 7. Návrhy PPO.





## 5. Možnosti navrhování PPO

Možností ochran před povodněmi máme sice relativně mnoho, nicméně vzhledem k tomu, jak je hydrologie a klimatologie nevyzpytatelná, nedokážeme nikdy s protipovodňovým opatřením zaručit absolutní ochranu území. Stejně jako u návrhu jakýchkoliv jiných stavebních objektů je i zde určitý chybový percentil, takže se snažíme alespoň škody redukovat tak, aby se dané opatření z dlouhodobého hlediska vyplatilo.

Většinou daná opatření rozdělujeme podle toho, zda jsou to opatření retenční nebo liniové podél vodních toků. Asi nejnámějším retenčním typem jsou vodní díla, která ve své nádrži mají přímo vyhrazen ochranný prostor pro zachycení povodňové vlny. Podobným typem jsou suché nádrže a poldry. Rozdíl mezi těmito dvěma je v tom, že suché nádrže se budují přímo na vodním toku jako průtočné, a poldry podél vodních toků s přelivnou hranou do nádrže v úrovni odpovídající návrhové povodni. Mezi liniové opatření, které i dále v práci navrhuji, patří zemní hrázky a betonové zídky podél VTO, které oddělují chráněné území od území převádějící povodňovou vlnu. Zemní hrázky jsou díky svému přírodnímu vzhledu a nízkým investičním nákladům nejčastějším typem ochrany podél vodních toků.

Tato opatření se doporučují navrhovat s bezpečnostním převýšením, které se dle vyhlášky 590/2002 Sb., pohybuje u návrhových povodní menší než  $Q_{100}$ , do 0.5m. Ve svých návrzích jsem zvolil převýšení 0.3 m, které by pravděpodobně mohlo zachytit i  $PV_{50}$ . Bohužel jsem ve svých podkladech neměl k dispozici mapu zátopy pro  $Q_{50}$ , a vzhledem k objemu této práce jsem již neměl možnost tohoto posouzení, a tak se jedná jen o předpoklad.



## 6. Principy vyjádření povodňového rizika a efektivnosti PPO

Při výpočtech vyjádření povodňového rizika se vychází ze dvou přístupů, semikvantitativní a kvantitativní analýzy. Zpravidla se zpracovávají pro více variant lišící se úrovní nebezpečí, tj. pro  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$  a  $Q_{500}$  a rozdílného charakteru chráněných objektů. V mé práci jsem dále vycházel z kvantitativní metody, která je založena na přímém vyjádření peněžních škod, a to na základě pravděpodobnosti výskytu stavu jednotlivých prvků systému, ze kterých se následně vyhotoví pravděpodobnost a spolehlivost celkového systému [10]. Nejčastěji používanou kvantitativní metodou je metoda vyjadřující potenciální škody, ze kterých můžeme dále vyčíslit průměrné povodňové riziko.

### 6.1. Výpočet potenciálních škod

Pro vyjádření potenciálních povodňových škod využíváme aplikaci křivek poškození, které jinak nazýváme jako ztrátové křivky (ZK). Ty vycházejí z kategorizace jednotlivých objektů a konstrukcí dle charakteru připadající danému záplavovému území a příslušné době opakování, tj. zpravidla pro  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$  a  $Q_{500}$ . U objektů stavebního charakteru je poškození i škoda závislá na hloubce zaplavení, proto se také dané jednotky vyjadřují v  $m^3$ . Pro vyhodnocení **škod na budovách** se využívá následující rovnice:

$$D_{so} = A_{so} \cdot Li(h) \cdot C_i \quad (1)$$

kde:

$D_{so}$  jsou potenciální škody na stavebních objektech [Kč],

$A_{so}$  půdorysná plocha polygonu stavebního objektu [ $m^2$ ],

$Li(h)$  procentuální poškození stanovené ze ZK závislé na hloubce zaplavení,

$C_i$  jednotková cena dle druhu stavebního objektu [Kč/ $m^3$ ].



Na rozdíl od stavebních objektů se ostatní kategorie, z důvodu obtížně určující závislosti hloubky zaplavení na poškození, vyjadřují v plošných, či délkových jednotkách. Jedná se hlavně o kategorie dopravního a pozemkového charakteru, či sportovních ploch.

Pro **plošné kategorie** se využívá následujícího vztahu:

$$D_i = A_i \cdot Z_i \quad (2)$$

kde:

$D_i$  jsou potenciální škody [Kč],

$A_i$  půdorysná plocha řešeného polygonu [m<sup>2</sup>],

$Z_i$  jednotková cena dle řešené kategorie [Kč/m<sup>2</sup>].

Pro kategorie **liniového charakteru** s výjimkou silničních komunikací, tedy zpravidla zaplavené železniční tratě a inženýrské sítě, u kterých předpokládáme vedení podél komunikací, využíváme následujícího vzorce:

$$D_i = dk \cdot Z_i \quad (3)$$

kde:

$D_i$  jsou potenciální škody [Kč],

$dk$  zaplavená délka řešené polylinie [m],

$Z_i$  jednotková cena dle řešené kategorie [Kč/m].



## 6.2. Odhad míry povodňového rizika

Díky výpočtům potenciálních škod, které známe pro dané kulminační průtoky, můžeme vyčíslit průměrné povodňové riziko  $RI$ , dle následujícího vztahu:

$$RI = \int_{Q_a}^{Q_b} Di(N) \cdot P \, dN \quad (4)$$

kde:

$RI$  je průměrné povodňové riziko za rok [Kč/rok],

$Di$  potenciální škoda odpovídající  $N$ -letým průtokům [Kč],

$Pi$  pravděpodobnost opakování příslušného  $N$ -letého průtoku [-], vyjádřená ze zjednodušeného vztahu:

$$Pi \approx \frac{1}{N} \text{ pro } N \geq 5 \quad (5)$$

kde:

$N$  je doba opakování [roky].



### 6.3. Výpočet ekonomické efektivity PPO

Pro vyčíslení ekonomické efektivity využíváme řadu ukazatelů pomocí metody nákladů a užitků, která zpravidla využívá hodnoty průměrného povodňového rizika před a po vybudování PPO se započtením, jak průměrných ročních nákladů, které se dle metodiky [2] odhadují na 125 Kč/m' u liniových PPO, tak celkových nákladů realizace a roční diskontní sazby.

**Poměrný ukazatel efektivity (PE)** vyjadřuje snížení současného rizika přepočteného na jednu korunu investice, tzn. že při hodnotě větší než 1 se investice dlouhodobě vyplatí, a při hodnotě menší než 1 nikoliv, a je dán vztahem:

$$PE = \frac{RI(\text{před PPO}) - RI(\text{PPO}) - PPN}{CN \cdot DS} \quad (6)$$

kde:

*PE* je poměrný ukazatel efektivity PPO [-],

*RI(před PPO)* Průměrné povodňové riziko za rok před výstavbou PPO [Kč/rok],

*RI(PPO)* Průměrné povodňové riziko za rok po výstavbě PPO [Kč/rok],

*PPN* Průměrné provozní náklady za rok [Kč/rok],

*CN* Celkové náklady na PPO [Kč],

*DS* Roční diskontní sazba [-].



Druhým ukazatelem je **ukazatel absolutní efektivity (AE)**, který nám značí tzv. čistou současnou hodnotu dané investice, tzn. že při kladných hodnotách se PPO dlouhodobě vyplatí, při záporných nikoliv a jeho hodnota je dána podle vztahu:

$$AE = \frac{RI(\text{bez PPO}) - RI(\text{PPO}) - PPN}{DS} - CN \quad (7)$$

kde:

*AE* je absolutní ukazatel efektivity PPO [Kč],

*RI(před PPO)* Průměrné povodňové riziko za rok před výstavbou PPO [Kč/rok],

*RI(PPO)* Průměrné povodňové riziko za rok po výstavbě PPO [Kč/rok],

*PPN* Průměrné provozní náklady za rok [Kč/rok],

*CN* Celkové náklady na PPO [Kč],

*DS* Roční diskontní sazba [-].

Jako třetí ukazatel pro posouzení investiční efektivity je **doba návratnosti (DN)**, která nám prakticky určuje lomový rok, od kterého bude investice dále rentabilní. Je dána vztahem:

$$DN = \frac{CN}{RI(\text{bez PPO}) - RI(\text{PPO}) - PPN} \quad (8)$$

kde význam jednotlivých členů je shodný jako u PE a AE.



## 7. Návrhy PPO

### 7.1. PPO I [„PB obec“]



Obr. 7 – Schéma navrženého PPO I v mapě zátopy  $Q_{20}$ .

#### 7.1.1. Základní charakteristika

První varianta částečně vychází ze zpracované dokumentace od firmy VH-TRES (Ing. D. Vaclík 09/2016). Je rozdělena na dvě části, které rozděluje val příjezdového mostu do obce, do kterého se zavazují jednotlivé začátky tras.

**Severní trasa** odtud pokračuje severně podél Mlýnské stoky zemní hrázkou až ke zpevněné komunikaci v severozápadní části obce. Zde při návrhu nastal problém, nejprve se šachtou vedené kanalizace, a dále se zachováním příjezdu k zadní části zahrad přilehlých objektů. Trasa proto v tomto úseku vede dále podél komunikace a zemní hrázka se zavazuje do zídky mobilního hrazení s dostatečným odstupem až za zmíněnou šachtou. U návrhu šířky mobilního hrazení zde byla brána v potaz i možnost průjezdu zemědělské techniky, která by



zde měla bez větších problémů projet. Od zídky mobilního hrazení je trasa dále vedena přes mírně svažité zemědělské plochy až do míst, kde je koruna plynule zavázána do terénu.

**Jižní trasa** začíná ve svahu příjezdové komunikace objektem uzávěru Mlýnské stoky. Ten musel být situován tak, aby se ideálně s dostatečným odsazením vyhnul nedaleké šachtě kanalizace. Na tento objekt navazuje zemní hrázka, která je vedena okolo historického stromořadí a částečně využívá přilehlý svah u fotbalového hřiště. Vzhledem k tomu, že je v těchto místech hrázka vyšší jak 2 m, je zde koruna dle vyhlášky 590/2002 Sb. rozšířena ze 2 m na 3 m. Takto je vedena až ke zpevněné stezce, odkud je koruna opět zmenšena na 2 m, a podélně navazuje svým zavázáním a drenážním systémem na zmíněnou stezku. Tento úsek končí mobilním hrazením u hokejbalového hřiště, které kříží zpevněnou cestu, a dále pokračuje betonovou zídkou nad zpevněným svahem až k příjezdu k hokejbalovému hřišti. Navazující úsek okolo pískových hřišť doporučuji geodeticky zpřesnit, neboť jak jsem psal v kap. 4.3. Digitální model reliéfu 5. generace, je tento úsek až za uzávěr náhodu mlýnské stoky nepřesný. Koncový úsek trasy jsou opět zemní hrázky, které jsou vedeny podél koryta, a následně se zavazují do betonové zídky, která končí mobilním hrazením.

### 7.1.2. Potenciální problémy

Jedním z problémů mohou být **majetkoprávní vztahy** severní trasy, která z poloviny vede po pozemcích chráněných ZPF a pozemcích nepatřící obci Plav. Další problém může nastat při výstavbě úseku kolem pískových hřišť, kde je **vysoké stromořadí**. Mezi problematiku bychom mohli zařadit i **údržbu zemní hráze** v úseku nad jezem, kde by mohl být těžší přístup větších sekacích strojů.





### 7.1.3. Základní bilance a vyčíslení nákladů

Tab. 3 – Základní bilance a náklady PPO I.

Položka	Množství [m <sup>3</sup> ;m <sup>2</sup> ;m']	Jednotková cena [Kč/m <sup>3</sup> ; Kč/m <sup>2</sup> ; Kč/m']	Náklady [kč]
Hlavní konstrukce ze zeminy	7327.6 m <sup>3</sup>	1 269 Kč	9 298 684 Kč
Zemní materiál	7327.6 m <sup>3</sup>	300 Kč	2 198 270 Kč
Osetí	5370.3 m <sup>2</sup>	45 Kč	241 664 Kč
Kamenné opevnění	32.5 m <sup>2</sup>	4 000 Kč	130 000 Kč
Hlavní konstrukce z betonu	52.5 m <sup>3</sup>	10 640 Kč	558 309 Kč
Mobilní hrazení	9.7 m <sup>2</sup>	15 000 Kč	145 463 Kč
Založení MH	17.7 m'	10 000 Kč	176 500 Kč
Podzemní těsnicí stěna	171.4 m <sup>2</sup>	10 000 Kč	1 713 750 Kč
Objekty na Mlýnské stoce	2 ks	500 000 Kč	1 000 000 Kč

15 462 639 Kč

Provozní náklady	778.3 m'	125 Kč	97 288 Kč
------------------	----------	--------	-----------

Dle orientačních výpočtů vycházejí náklady na 15.462 mil. Kč.



## 7.2. PPO II [„LB obec“]



Obr. 8 – Schéma navrženého PPO II v mapě zátopy  $Q_{20}$ .

### 7.2.1. Základní charakteristika

Další etapou je ochrana levobřežních objektů. Trasa začíná na mostku na západě obce u křižovatky silnic do Českých Budějovic, Plava, Římov a Kamenného Újezdu, viz. Obr. 9.



Obr. 9 – Pohled na mostek začátku trasy PPO II.



U mostku by byla potřeba částečného zúžení pruhů, příp. rozšíření mostku pro pěší komunikaci, a výměna části zábradlí za betonovou zídku, ve které by byly drážky pro mobilní hrazení. Na to by po levé straně silnice navázala ochranná hrázka mezi komunikací a přilehlým potokem, která by se táhla až k autobusové zastávce (*Obr. 10*), jižně od zmiňované křižovatky, kde by se zavázala do opěrné zídky, na kterou by opět navazovalo mobilní hrazení pro překlenutí komunikace.



*Obr. 10 – Pohled na hlavní komunikaci z Říмова v místech navrženého mobilního hrazení.*

Odtud by se pomocí zídky a následné zemní hrázky pokračovalo až ke korytu řeky Malše. Odkud by vedla betonová zídka okolo koryta a přilehlých zahrad až ke konci trasy, kde by se opět zavázala do pilíře pro mobilní hrazení.



*Obr. 11 – Pohled proti proudu řeky Malše na řešené levobřežní území.*



V úvaze zde byla myšlenka vedení betonové zídky u začátku trasy mezi silnicí a RD, což by vyřešilo problém hrazení hlavní komunikace do Římov. Nicméně kvůli svažitosti terénu od silnice k zahradám by zde byla potřeba vysoké ochranné zdi a vyššího počtu mobilního hrazení, která by jak zvýšila náklady, tak esteticky znehodnotila přilehlé objekty.

### 7.2.2. Potenciální problémy

Významným problémem tohoto opatření budou jistě **majetkoprávní vztahy**. Vzhledem k tomu, že hranice parcel přiléhající na koryto se nacházejí až v části svahu levého břehu, je zde potřeba pro zachování rozumné výšky zídky vést trasu na těchto pozemcích. I přes takovéto vedení zde ale dosahuje zídka výšky  $\approx 1,5$  m, s čímž by majitelé také souhlasit nemuseli. Druhým významným problémem je **zahrazení hlavní silnice** mobilním hrazením, čímž by se silnice směrem na Římov během povodně odstavila. Tento fakt by bylo potřeba vyřešit v povodňovém plánu, který by se musel po této výstavbě aktualizovat. Neméně významnou problematikou by byl **odvod vody z drenážních systémů** komunikace v takto uzavřeném systému opevnění. Rozumným řešením by byl odvod těchto vod do Bukovského potoka vedoucího podél silnice od Kamenného Újezdu a ústící do Malše. Vyústění tohoto potrubí by muselo být opatřeno zpětnou klapkou pro zamezení zpětného vzduť při povodni.



### 7.2.3. Základní bilance a vyčíslení nákladů

Tab. 4 – Základní bilance a náklady PPO II.

Položka	Množství [m <sup>3</sup> ;m <sup>2</sup> ;m']	Jednotková cena [Kč/m <sup>3</sup> ; Kč/m <sup>2</sup> ; Kč/m']	Náklady [kč]
Hlavní konstrukce ze zeminy	2408.0 m <sup>3</sup>	1 269 Kč	3 055 815 Kč
Zemní materiál	2408.0 m <sup>3</sup>	300 Kč	722 415 Kč
Osetí	2685.2 m <sup>2</sup>	45 Kč	120 832 Kč
Hlavní konstrukce z betonu	146.1 m <sup>3</sup>	10 640 Kč	1 554 114 Kč
Mobilní hrazení	11.0 m <sup>2</sup>	15 000 Kč	165 000 Kč
Založení MH	10.0 m'	10 000 Kč	100 000 Kč
Podzemní těsnicí stěna	25.0 m <sup>2</sup>	10 000 Kč	250 000 Kč
			<b>5 968 175 Kč</b>

Provozní náklady	462.0 m'	125 Kč	57 750 Kč
------------------	----------	--------	-----------

Odhadované náklady PPO II vycházejí na cca 6 mil. Kč.

### 7.3. PPO III [„PB chatová osada“]



Obr. 12 – Schéma navrženého PPO III v mapě zátopu Q<sub>20</sub>.



### 7.3.1. Základní charakteristika

Třetí a poslední navržená trasa se nachází nad obcí mezi technologickou lávkou a rechlemi na pravém břehu řeky Malše, kde se nachází chatová oblast s objekty určenými k rekreaci a s betonovým hřištěm. Opatření začíná mobilním hrazením na jižním konci chatové osady, do kterého jsou z obou stran zavázané zemní hrázky. Zemní hrázka vedoucí ke korytu (*Obr. 13*) odtud pokračuje proti proudu až k posledním dvěma parcelám na pozemcích p. č. 207 a 206.



*Obr. 13 – Pohled proti proudu řeky Malše na řešené území.*

Zde se zavazuje do betonové zídky, která pokračuje podél komunikace až k příjezdové křižovatce, nad hladinu zátopy  $Q_{20}$  v místech na *Obr. 14*.



*Obr. 14 – Pohled na místo ukončení trasy PPO III.*



### 7.3.2. Potenciální problémy

Hlavní nevýhodou tohoto opatření je **omezení komunikace** podél koryta toku. Prostor mezi zahradami a korytem je relativně úzký a není zde možnost výstavby hrázky s komunikací na koruně a přiměřeným sklonem pro sjezd. Řešením by mohl být posun hranic plotu více do zahrady, čímž by se tento prostor rozšířil, to ale s sebou nese další problém **majetkoprávních vztahů**.

### 7.3.3. Základní bilance a vyčíslení nákladů

Tab. 5 – Základní bilance a náklady PPO III.

Položka	Množství [m <sup>3</sup> ;m <sup>2</sup> ;m']	Jednotková cena [Kč/m <sup>3</sup> ; Kč/m <sup>2</sup> ; Kč/m']	Náklady [kč]
Hlavní konstrukce ze zeminy	1792.5 m <sup>3</sup>	1 269 Kč	2 274 629 Kč
Zemní materiál	1792.5 m <sup>3</sup>	300 Kč	537 737 Kč
Osetí	1998.7 m <sup>2</sup>	45 Kč	89 942 Kč
Hlavní konstrukce z betonu	23.0 m <sup>3</sup>	10 640 Kč	244 332 Kč
Mobilní hrazení	5.5 m <sup>2</sup>	15 000 Kč	82 500 Kč
Založení MH	5.0 m'	10 000 Kč	50 000 Kč
Podzemní těsnící stěna	12.5 m <sup>2</sup>	10 000 Kč	125 000 Kč

3 404 141 Kč

Provozní náklady	218.0 m'	125 Kč	27 250 Kč
------------------	----------	--------	-----------

Odhadovaná cena je zde stanovena na cca 3.4 mil. Kč.



#### 7.4. Kombinace PPO I + PPO II



Obr. 15 – Schéma kombinace PPO I a PPO II v mapě zátopy  $Q_{20}$ .

##### 7.4.1. Základní charakteristika

Tato kombinace spojuje dvě různá opatření, která dle níže uvedené kap. 8. Výpočet potenciálních škod v jednotlivých variantách, vycházejí nejlépe.

##### 7.4.1. Potenciální problémy

Jedná se o kombinaci, a proto jsou totožné s problémy jednotlivých etap.

##### 7.4.3. Základní bilance a vyčíslení nákladů

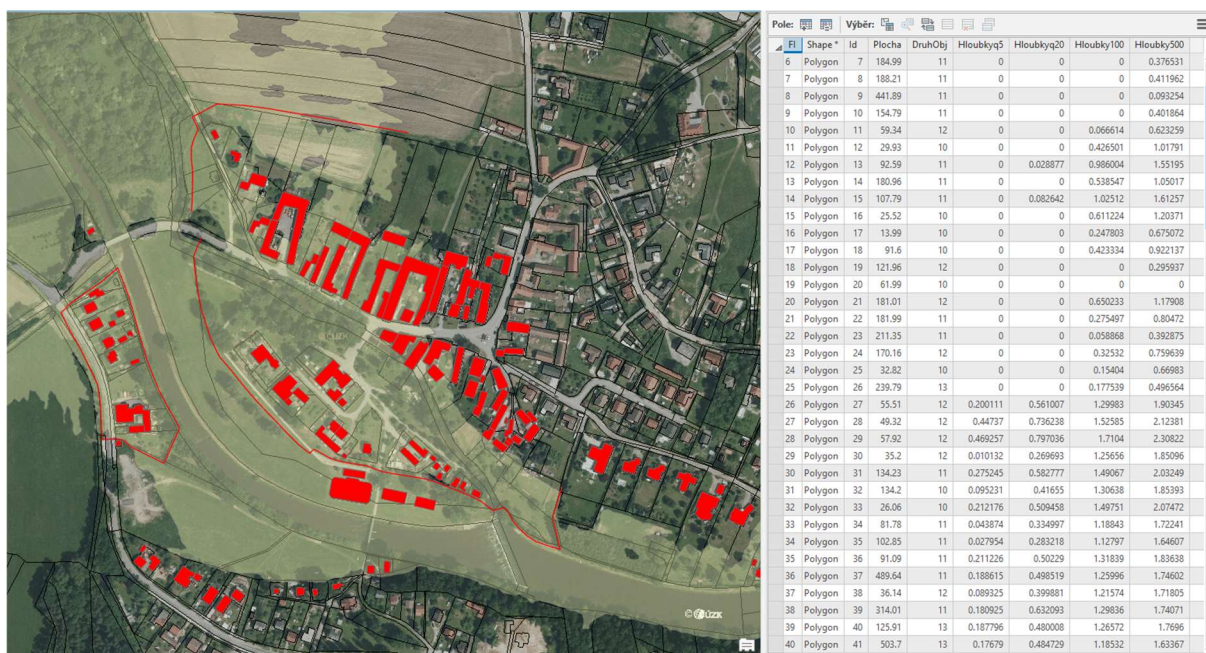
Jedná se o kombinaci, a proto jsou kombinované s náklady jednotlivých etap.





## 8. Výpočet potenciálních škod v jednotlivých variantách

Princip těchto výpočtů je uveden v kap. 6.1. Výpočet potenciálních škod. Jednotlivé veličiny jsem získal prací v programu ArcGis a jeho nástrojů, které dokáží pomocí vytvořených polygonů a záplavových map získat u jednotlivých kategorií hloubku i plochu zaplavení potřebnou pro výpočet, viz. ukázka na *Obr. 16*. Jednotlivé objekty, komunikace i pozemky se rozřadí podle kategorizace dle *Metodiky tvorby map a povodňového nebezpečí* [10].



Obr. 16 – Ukázka kategorizace a zaplavení objektů v programu ArcGis.

Níže jsou uvedeny potenciální škody v jednotlivých etapách a závěry jsou uvedeny v kap 9. Vyhodnocení jednotlivých variant.



## 8.1. Současný stav

Rozpis potenciálních povodňových škod při současném stavu je uveden v Tab. 6 níže.

Tab. 6 – Potenciální povodňové škody při současném stavu.

Kategorizace			Současný stav			
			Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
Budovy	Budovy pro bydlení	Počet [ks]	18	29	37	43
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	5 640.6	7 908.1	9 999.5	11 440.4
		Škody [Kč]	9 178 833	16 064 611	27 637 013	36 636 954
	Budovy určené pro rekreaci	Počet [ks]	19	30	36	38
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 110.4	1 629.4	2 512.5	2 691.1
		Škody [Kč]	2 211 798	4 065 472	7 447 206	10 238 241
	Budovy občanské vybavenosti	Počet [ks]	7	7	9	9
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 035.6	1 035.6	1 301.5	1 301.5
		Škody [Kč]	1 094 093	1 367 975	2 235 017	2 727 169
	Průmyslové budovy	Počet [ks]	0	1	1	1
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	0	552.8	552.8	552.8
		Škody [Kč]	0	269 986	415 576	561 429
	Nerozlišené objekty	Počet [ks]	8	10	19	20
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	939.6	1 888.8	2 675.6	2 710.1
		Škody [Kč]	1 250 402	2 461 225	4 384 051	5 644 480
Sportovní plochy	Asfaltový povrch	Počet [ks]	2	2	2	1
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 590.0	1 590.0	1 590.0	898.0
		Škody [Kč]	207 492	207 492	207 492	117 193
	Písečný/živičný povrch	Počet [ks]	2	2	2	2
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	500.6	500.6	500.6	500.6
		Škody [Kč]	59 822	59 822	59 822	59 822
Komunikace	Silnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	5 580.0	10 268.0	15 412.0	19 436.0
		Škody [Kč]	546 840	1 006 264	1 510 376	1 904 728
	Železnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	0.0	0.0	0.0	0.0
		Škody [Kč]	0	0	0	0
	Chodník	Plochy [m <sup>2</sup> ]	226.0	382.0	646.0	742.0
		Škody [Kč]	22 148	37 436	63 308	72 716
IS	Inženýrské sítě	Délka [m]	1 240.0	2 281.8	3 424.9	4 319.1
		Škody [Kč]	273 172	502 676	754 503	951 500
Pozemky	Orná půda	Plochy [ha]	131.3	151.6	166.9	175.4
		Škody [Kč]	1 857 940	2 144 812	2 361 488	2 482 080
	Zahrady	Plochy [ha]	2.1	4.3	6.6	7.5
		Škody [Kč]	30 004	61 128	93 328	105 502



## 8.2. PPO I

Rozpis potenciálních povodňových škod po výstavbě PPO I je uveden v Tab. 7 níže.

Tab. 7 – Potenciální povodňové škody při PPO I.

Kategorizace			PPO I				
			Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>	
Budovy	Budovy pro bydlení	Počet [ks]	4	5	37	43	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	443.6	555.1	9 999.5	11440	
		Škody [Kč]	811 091	1 378 758	27 637 013	36 636 954	
	Budovy určené pro rekreaci	Počet [ks]	12	23	36	38	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	774.8	1 293.7	2 512.5	2691	
		Škody [Kč]	1 575 473	3 286 155	7 447 206	10 238 241	
	Budovy občanské vybavenosti	Počet [ks]	4	4	9	9	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	235.6	235.6	1 301.5	1301	
		Škody [Kč]	260 139	292 859	2 235 017	2 727 169	
	Průmyslové budovy	Počet [ks]	0	1	1	1	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	0	552.8	552.8	553	
		Škody [Kč]	0	269 986	415 576	561 429	
	Nerozlišené objekty	Počet [ks]	1	2	19	20	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	164.3	189.8	2 675.6	2710	
		Škody [Kč]	292 366	437 054	4 384 051	5 644 480	
	Sportovní plochy	Asfaltový povrch	Počet [ks]	2	2	2	1
			Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 590.0	1 590.0	1 590.0	898
			Škody [Kč]	207 492	207 492	207 492	117 193
Písečný/živičný povrch		Počet [ks]	2	2	2	2	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	500.6	500.6	500.6	501	
		Škody [Kč]	59 822	59 822	59 822	59 822	
Komunikace	Silnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 328.0	4 672.0	15 412.0	19 436.0	
		Škody [Kč]	130 144	457 856	1 510 376	1 904 728	
	Železnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Škody [Kč]	0	0	0	0	
	Chodník	Plochy [m <sup>2</sup> ]	82.0	82.0	646.0	742.0	
		Škody [Kč]	8 036	8 036	63 308	72 716	
IS	Inženýrské sítě	Délka [m]	295.1	1 038.2	3 424.9	4 319.1	
		Škody [Kč]	65 013	228 720	754 503	951 500	
Pozemky	Orná půda	Plochy [ha]	131.3	151.6	166.9	175.4	
		Škody [Kč]	1 857 940	2 144 812	2 361 488	2 482 080	
	Zahrady	Plochy [ha]	1.2	3.1	6.6	7.5	
		Škody [Kč]	16 861	43 537	93 328	105 502	



### 8.3. PPO II

Rozpis potenciálních povodňových škod po výstavbě PPO II je uveden v *Tab. 8* níže.

*Tab. 8 – Potenciální povodňové škody při PPO II.*

Kategorizace		PPO II					
		Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>		
Budovy	Budovy pro bydlení	Počet [ks]	14	24	37	43	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	5 197.0	7 353.0	9 999.5	11 440.4	
		Škody [Kč]	8 367 742	14 685 852	27 637 013	36 636 954	
	Budovy určené pro rekreaci	Počet [ks]	13	24	36	38	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	801.6	1 320.5	2 512.5	2 691.1	
		Škody [Kč]	1 616 227	3 245 548	7 447 206	10 238 241	
	Budovy občanské vybavenosti	Počet [ks]	7	7	9	9	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 035.6	1 035.6	1 301.5	1 301.5	
		Škody [Kč]	1 094 093	1 367 975	2 235 017	2 727 169	
	Průmyslové budovy	Počet [ks]	0	0	1	1	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	0	0.0	552.8	552.8	
		Škody [Kč]	0	0	415 576	561 429	
	Nerozlišené objekty	Počet [ks]	8	10	19	20	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	939.6	1 888.8	2 675.6	2 710.1	
		Škody [Kč]	1 250 402	2 461 225	4 384 051	5 644 480	
	Sportovní plochy	Asfaltový povrch	Počet [ks]	2	2	2	1
			Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 590.0	1 590.0	1 590.0	898.0
			Škody [Kč]	207 492	207 492	207 492	117 193
Písečný/živičný povrch		Počet [ks]	2	2	2	2	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	500.6	500.6	500.6	500.6	
		Škody [Kč]	59 822	59 822	59 822	59 822	
Komunikace	Silnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	5 544.0	9 604.0	15 412.0	19 436.0	
		Škody [Kč]	543 312	941 192	1 510 376	1 904 728	
	Železnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Škody [Kč]	0	0	0	0	
	Chodník	Plochy [m <sup>2</sup> ]	144.0	300.0	646.0	742.0	
		Škody [Kč]	14 112	29 400	63 308	72 716	
IS	Inženýrské sítě	Délka [m]	1 232.0	2 134.2	3 424.9	4 319.1	
		Škody [Kč]	271 410	470 169	754 503	951 500	
Pozemky	Orná půda	Plochy [ha]	131.3	151.6	166.9	175.4	
		Škody [Kč]	1 857 940	2 144 812	2 361 488	2 482 080	
	Zahrady	Plochy [ha]	1.7	3.6	6.6	7.5	
		Škody [Kč]	23 489	51 597	93 328	105 502	



#### 8.4. PPO III

Rozpis potenciálních povodňových škod po výstavbě PPO III je uveden v Tab. 9 níže.

Tab. 9 – Potenciální povodňové škody při PPO III.

Kategorizace		PPO III					
		Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>		
Budovy	Budovy pro bydlení	Počet [ks]	18	29	37	43	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	5 640.6	7 908.1	9 999.5	11440	
		Škody [Kč]	9 178 833	16 064 611	27 637 013	36 636 954	
	Budovy určené pro rekreaci	Počet [ks]	19	22	36	38	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 110.4	1 239.9	2 512.5	2691	
		Škody [Kč]	2 211 798	3 189 039	7 447 206	10 238 241	
	Budovy občanské vybavenosti	Počet [ks]	7	7	9	9	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 035.6	1 035.6	1 301.5	1301	
		Škody [Kč]	1 094 093	1 367 975	2 235 017	2 727 169	
	Průmyslové budovy	Počet [ks]	0	1	1	1	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	0	552.8	552.8	553	
		Škody [Kč]	0	269 986	415 576	561 429	
	Nerozlišené objekty	Počet [ks]	8	10	19	20	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	939.6	1 888.8	2 675.6	2710	
		Škody [Kč]	1 250 402	2 461 225	4 384 051	5 644 480	
	Sportovní plochy	Asfaltový povrch	Počet [ks]	2	2	2	1
			Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 590.0	1 590.0	1 590.0	898
			Škody [Kč]	207 492	207 492	207 492	117 193
Písčité/živičný		Počet [ks]	2	2	2	2	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	500.6	500.6	500.6	501	
		Škody [Kč]	59 822	59 822	59 822	59 822	
Komunikace	Silnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	5 580.0	10 168.0	15 412.0	19 436.0	
		Škody [Kč]	546 840	996 464	1 510 376	1 904 728	
	Železnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Škody [Kč]	0	0	0	0	
	Chodník	Plochy [m <sup>2</sup> ]	226.0	382.0	646.0	742.0	
		Škody [Kč]	22 148	37 436	63 308	72 716	
IS	Inženýrské sítě	Délka [m]	1 240.0	2 259.6	3 424.9	4 319.1	
		Škody [Kč]	273 172	497 780	754 503	951 500	
Pozemky	Orná půda	Plochy [ha]	131.3	151.6	166.9	175.4	
		Škody [Kč]	1 857 940	2 144 812	2 361 488	2 482 080	
	Zahrady	Plochy [ha]	2.1	3.8	6.6	7.5	
		Škody [Kč]	29 381	54 070	93 328	105 502	



### 8.5. Kombinace PPO I + PPO II

Rozpis potenciálních povodňových škod po výstavbě kombinace PPO I + PPO II je uveden v Tab. 10 níže.

Tab. 10 – Potenciální povodňové škody při kombinaci PPO I a PPO II.

Kategorizace			PPO I + PPO II				
			Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>	
Budovy	Budovy pro bydlení	Počet [ks]	0	0	37	43	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	0.0	0.0	9 999.5	11440	
		Škody [Kč]	0	0	27 637 013	36 636 954	
	Budovy určené pro rekreaci	Počet [ks]	6	17	36	38	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	465.9	984.8	2 512.5	2691	
		Škody [Kč]	979 902	2 466 231	7 447 206	10 238 241	
	Budovy občanské vybavenosti	Počet [ks]	4	4	9	9	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	235.6	235.6	1 301.5	1301	
		Škody [Kč]	260 139	292 859	2 235 017	2 727 169	
	Průmyslové budovy	Počet [ks]	0	0	1	1	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	0	0.0	552.8	553	
		Škody [Kč]	0	0	415 576	561 429	
	Nerozlišené objekty	Počet [ks]	1	2	19	20	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	164.3	189.8	2 675.6	2710	
		Škody [Kč]	292 366	437 054	4 384 051	5 644 480	
	Sportovní plochy	Asfaltový povrch	Počet [ks]	2	2	2	1
			Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 590.0	1 590.0	1 590.0	898
			Škody [Kč]	207 492	207 492	207 492	117 193
Písečný/živičný		Počet [ks]	2	2	2	2	
		Plochy [m <sup>2</sup> ]	500.6	500.6	500.6	501	
		Škody [Kč]	59 822	59 822	59 822	59 822	
Komunikace	Silnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	1 292.0	4 008.0	15 412.0	19 436.0	
		Škody [Kč]	126 616	392 784	1 510 376	1 904 728	
	Železnice	Plochy [m <sup>2</sup> ]	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Škody [Kč]	0	0	0	0	
	Chodník	Plochy [m <sup>2</sup> ]	0.0	0.0	646.0	742.0	
		Škody [Kč]	0	0	63 308	72 716	
IS	Inženýrské sítě	Délka [m]	287.1	890.7	3 424.9	4 319.1	
		Škody [Kč]	63 251	196 214	754 503	951 500	
Pozemky	Orná půda	Plochy [ha]	131.3	151.6	166.9	175.4	
		Škody [Kč]	1 857 940	2 144 812	2 361 488	2 482 080	
	Zahrady	Plochy [ha]	0.7	2.4	6.6	7.5	
		Škody [Kč]	10 346	34 005	93 328	105 502	



## 9. Vyhodnocení jednotlivých variant

### 9.1. Současný stav

Tab. 11 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizika při současném stavu.

Vyhodnocení povodňových škod	Jednotky	Současný stav			
		Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
Výše škody při Q <sub>N</sub>	[mil. Kč]	16.733	28.249	47.169	61.502
Pravděpodobnost překročení Q <sub>N</sub>	[-]	0.2	0.05	0.01	0.002
Povodňové riziko za rok dle N	[mil. Kč/rok]	3.347	1.412	0.472	0.123
Průměrné povodňové riziko za rok	[mil. Kč/rok]	5.354			

Mezi dostupnými podklady byly k dispozici pouze mapy zátopy od Q<sub>5</sub>, nicméně dle konzultace se starostkou, paní Ribolovou, jsme odhadli vznik prvních škod již při Q<sub>3</sub>, jelikož přibližně každé 3–4 roky se Malše vybřežuje a zaplavuje místní fotbalové hřiště. Průměrné roční riziko pak vychází na 5.354 mil. Kč.



Obr. 17 – Graf vyznačující potenciální povodňové škody při současném stavu.

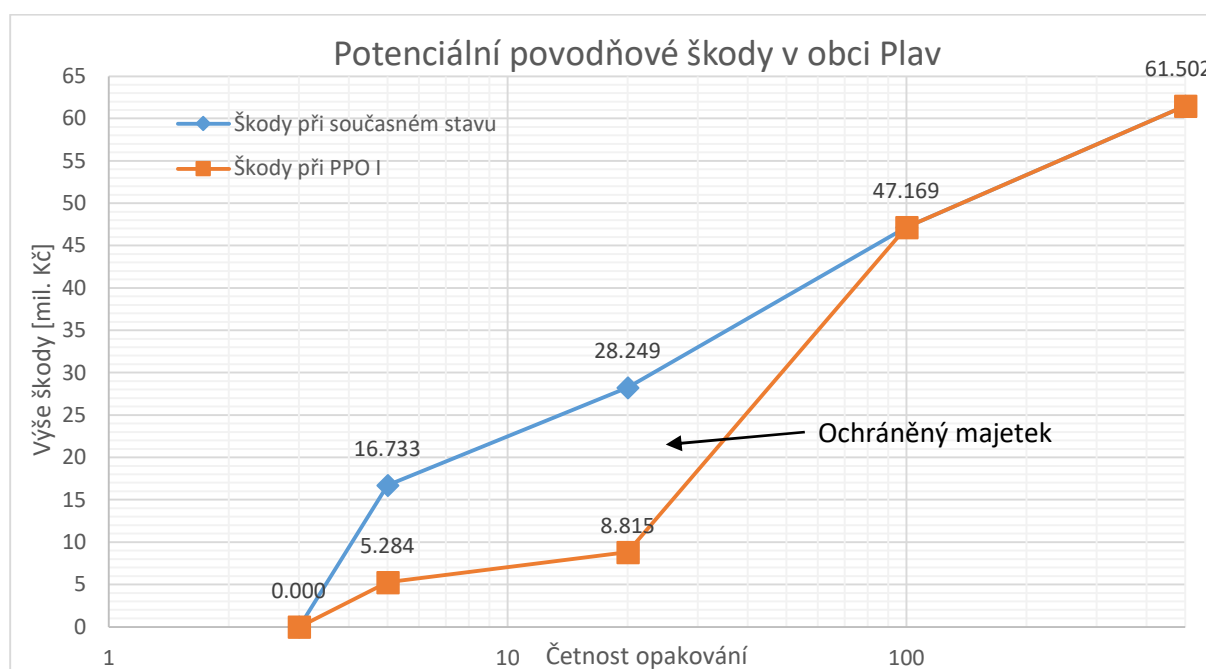


## 9.2. PPO I

Tab. 12 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizik po výstavbě PPO I.

Vyhodnocení povodňových škod a rizik	Jednotky	PPO I / Současný stav			
		Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
Výše škody při Q <sub>N</sub>	[mil. Kč]	5.284/16.733	8.815/28.249	47.169	61.502
Pravděpodobnost překročení Q <sub>N</sub>	[-]	0.2	0.05	0.01	0.002
Povodňové riziko za rok dle N	[mil. Kč/rok]	1.057/3.347	0.441/1.412	0.472	0.123
Průměrné povodňové riziko za rok	[mil. Kč/rok]	2.092/5.354			
Průměrné roční provozní náklady	[mil. Kč/rok]	0.097			
Celkové náklady na realizaci	[mil. Kč]	15.5			
Roční diskontní sazba	[-]	0.03			
Poměrný ukazatel efektivity	[-]	6.8			
Absolutní ukazatel efektivity	[Kč]	90 005 238			
Doba návratnosti	[roky]	4.9			

Varianta PPO I dle očekávání vychází nejlépe. Škody při Q<sub>5</sub> snižuje na méně než 1/3 stávajících škod. To stejné je i u Q<sub>20</sub>. U hodnot Q<sub>100</sub> a Q<sub>500</sub> zůstáváme na stejných číslech díky tomu, že jde o návrhy na ochranu před dvacetiletou vodu. Oba ukazatele efektivity společně s dobou návratnosti ukazují, že jde o velmi rentabilní návrh.



Obr. 18 – Graf porovnání potenciálních škod před a po výstavbě PPO I.



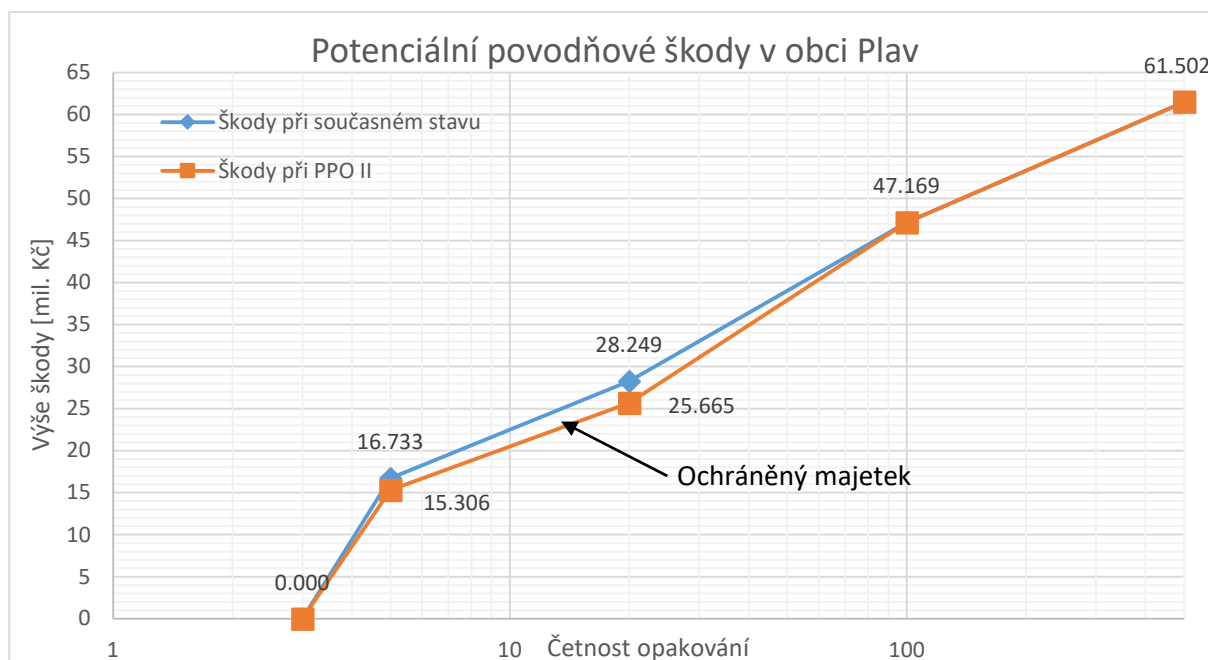


### 9.3. PPO II

Tab. 13 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizik po výstavbě PPO II.

Vyhodnocení povodňových škod a rizik	Jednotky	PPO I / Současný stav			
		Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
Výše škody při Q <sub>N</sub>	[mil. Kč]	15.306/16.733	25.665/28.249	47.169	61.502
Pravděpodobnost překročení Q <sub>N</sub>	[-]	0.2	0.05	0.01	0.002
Povodňové riziko za rok dle N	[mil. Kč/rok]	3.061/3.347	1.283/1.412	0.472	0.123
Průměrné povodňové riziko za rok	[mil. Kč/rok]	4.939/5.354			
Průměrné roční provozní náklady	[mil. Kč/rok]	0.058			
Celkové náklady na realizaci	[mil. Kč]	6.0			
Roční diskontní sazba	[-]	0.03			
Poměrný ukazatel efektivity	[-]	2.0			
Absolutní ukazatel efektivity	[Kč]	5 923 201			
Doba návratnosti	[roky]	16.7			

Druhá varianta vychází relativně také velmi dobře. Oba ukazatele efektivity vycházejí vysoké a doba návratnosti je nižší, než je doba opakování návrhové povodně.



Obr. 19 – Graf porovnání potenciálních škod před a po výstavbě PPO II.

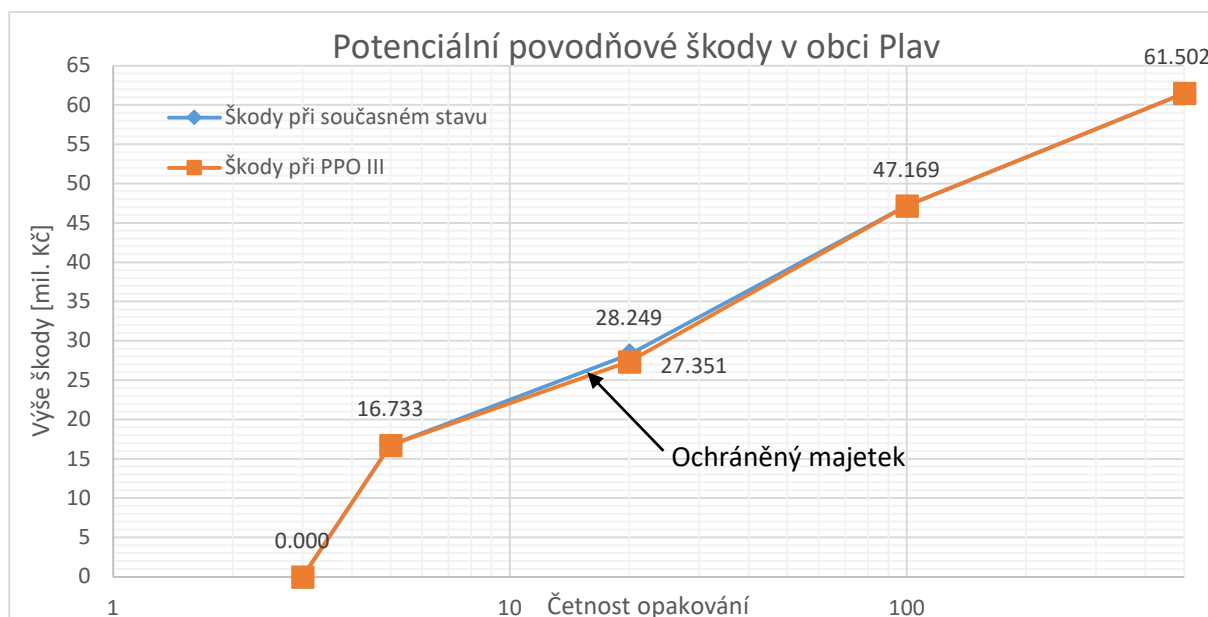


#### 9.4. PPO III

Tab. 14 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizik po výstavbě PPO III.

Vyhodnocení povodňových škod	Jednotky	PPO III / Současný stav			
		Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
Výše škody při Q <sub>N</sub>	[mil. Kč]	16.732/16.733	27.351/28.249	47.169	61.502
Pravděpodobnost překročení Q <sub>N</sub>	[-]	0.2	0.05	0.01	0.002
Povodňové riziko za rok dle N	[mil. Kč/rok]	3.346/3.347	1.368/1.412	0.472	0.123
Průměrné povodňové riziko za rok	[mil. Kč/rok]	5.309/5.354			
Průměrné roční provozní náklady	[mil. Kč/rok]	0.027			
Celkové náklady na realizaci	[mil. Kč]	3.4			
Roční diskontní sazba	[-]	0.03			
Poměrný ukazatel efektivity	[-]	0.2			
Absolutní ukazatel efektivity	[Kč]	-2 811 346			
Doba návratnosti	[roky]	191.4			

Vzhledem k tomu, že PPO III chrání pouze rekreační objekty, vychází tento návrh jako velmi neefektivní. Poměrný ukazatel je pod mezní hodnotou 1. Absolutní ukazatel je na tom podobně, kde mezní hodnota je 0. A doba návratnosti je o desetiletí delší, než je vůbec předpokládaná životnost daného opatření.



Obr. 20 – Graf porovnání potenciálních škod před a po výstavbě PPO III.

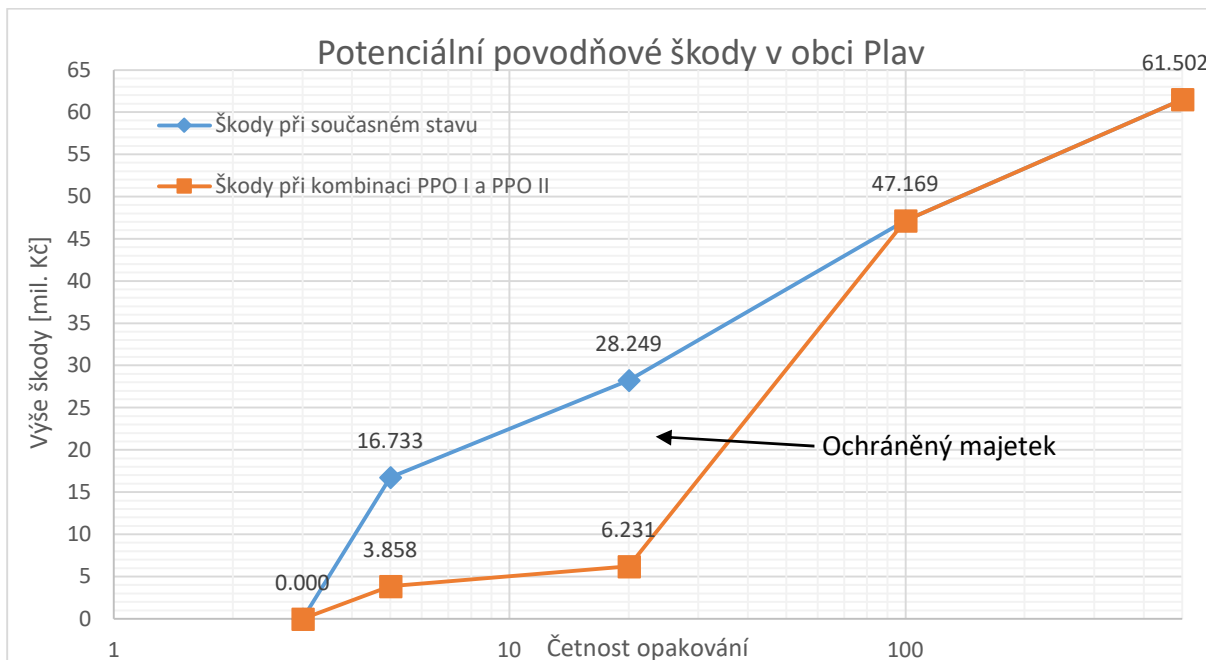


### 9.5. Kombinace PPO I + PPO II

Tab. 15 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizik po výstavbě kombinace PPO I a PPO II.

Vyhodnocení povodňových škod	Jednotky	PPO I + PPO II / Současný stav			
		Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
Výše škody při Q <sub>N</sub>	[mil. Kč]	3.858/16.733	6.231/28.249	47.169	61.502
Pravděpodobnost překročení Q <sub>N</sub>	[-]	0.2	0.05	0.01	0.002
Povodňové riziko za rok dle N	[mil. Kč/rok]	0.772/3.347	0.312/1.412	0.472	0.123
Průměrné povodňové riziko za rok	[mil. Kč/rok]	1.678/5.354			
Průměrné roční provozní náklady	[mil. Kč/rok]	0.155			
Celkové náklady na realizaci PPO	[mil. Kč]	21.4			
Roční diskontní sazba	[-]	0.03			
Poměrný ukazatel efektivity PPO	[-]	5.5			
Absolutní ukazatel efektivity PPO	[Kč]	95 928 439			
Doba návratnosti	[roky]	6.1			

Velmi dobře vychází také kombinace PPO I a PPO II, která chrání většinu zasažených objektů a všechny rodinné domy.



Obr. 21 – Graf porovnání potenciálních škod před a po výstavbě kombinace PPO I a PPO II.



## 9.6. Shrnutí výsledků

Z vytvořených návrhů a provedených výpočtů se podle absolutního ukazatele efektivity zdá kombinace návrhů PPO I a PPO II nejlepší. Je to díky tomu, že chrání veškeré RD v záplavě  $Q_{20}$ , nicméně jsou zde vysoké náklady na realizaci, a proto je z tohoto pohledu návrh samotného PPO I efektivnější, což dokládá i poměrný ukazatel a doba návratnosti investice. Opatření pro chatovou osadu, díky charakteru chráněného majetku vychází velmi neefektivní.

Vzhledem k již zmíněné vysoké počáteční investici kombinace PPO I a PPO II doporučuji výstavbu rozdělit do naplánovaných etap. Díky tomu, že PPO I vychází poměrově nejlépe a chrání velkou část obyvatelstva, tak pro druhou část této práce vybírám tento návrh.

Tab. 16 – Shrnutí výsledků.

Ukazatel	Jednotky	PPO I	PPO II	PPO III	PPO I + PPO II
Celkové náklady na realizaci	[mil. Kč]	15.5	6.0	3.4	21.4
Poměrný ukazatel efektivity	[-]	6.8	2.0	0.2	5.5
Absolutní ukazatel efektivity	[Kč]	90 005 238	5 923 202	-2 811 346	95 928 439
Doba návratnosti	[roky]	4.9	16.7	191.4	6.1
Odhad ochráněných obyvatel při $Q_{20}$	[-]	95 ze 147	26 ze 147	12 ze 147	121 ze 147



## 10. Závěr

Závěr patří první části mé práce, ve které jsem se zabýval hlavně prací v prostředí Gis, se kterým jsem se doposud nesetkal. Myslím si, že ve vodním hospodářství má tento program velký potenciál, a proto bych v něm rád dále prohluboval své znalosti. S jeho pomocí jsem dokázal posoudit 3 své etapové návrhy protipovodňových opatření vyčíslením potenciálních povodňových škod, tzn. zatopených ploch i hloubek při daných povodňových průtocích. Z daných výsledků jsem z výše uvedených škod, které se pravděpodobnostně opakují vždy dle N-letosti, vypočetl průměrná povodňová rizika. Ze zpracovaných návrhů v programu AutoCAD Civil 3D, jsem dostal základní bilance prací a podle vzorců (6), (7) a (8) v kap. 6.3. Výpočet ekonomické efektivity PPO, jsem mohl vyčíslit efektivní ukazatele. Z výsledků se dle absolutního ukazatele zdá nejlepší kombinace návrhů PPO I a PPO II, díky tomu, že chrání větší část majetku, a všechny rodinné domy v záplavě  $Q_{20}$ . Nicméně díky vysokým nákladům, se jako efektivnější návrh zdá samotné PPO I, což dokládá i poměrný ukazatel a doba návratnosti. Návrh PPO II vychází také velmi dobře a v budoucnu by mohl stát za úvahu jako další etapa k PPO I. Musely by se však vyřešit problémy, jak s majetkoprávními vztahy, které by návrh mohly ještě prodražit, tak možnost zahrazení silnice směřující do Říмова. Poslední návrh chatové osady se bohužel dlouhodobě investičně nevyplatí a potenciální výkup pozemků by návrh ještě prodražil.

Z výše uvedených závěrů tedy jako rentabilní návrh volím PPO I, který ve druhé části práce zpracovávám do projektové dokumentace pro územní povolení viz. 14. Seznam příloh.



## 11. Literatura a zdroje

- [1] SWECO Hydroprojekt a.s., DHI a.s., Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. *Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnutí povodňových rizik v povodí Labe*. Praha: prosinec 2019
- [2] Satrapa, Ladislav, Fošumpaur, Pavel, Horský, Martin. *Metodika pro posuzování protipovodňových opatření navržených do III. etapy programu „prevence před povodněmi“*. Praha: červenec 2014.
- [3] ŠTEFÁČEK, Stanislav. *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska*. První vydání. Příbram: Nakladatelství Miloš Uhlíř – Baset, 2008. ISBN 978-80-7340-105-4.
- [4] Povodí Vltavy – Stavby a průtoky 5.1. Úvodní strana | Povodí Vltavy s. p. [online]. Copyright © [cit. 22.03.2021]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/portal/SaP/cz/pc/Mereni.aspx?id=MARE&oid=1>
- [5] Křivánek, Jiří, Němec, Jan a Kopp, Jan. *Vodní díla v České republice*. Praha: Consult, 2016. ISBN 978-80-905159-1-8.
- [6] Broža Vojtěch a kolektiv. *Přehrady Čech, Moravy a Slezska*. První vydání. Liberec: KNIHY 555, 2005. 256 s. ISBN 80-86660-11-7.
- [7] Vaclík, Daniel, Ing., *PPO Plav*. Dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby. VH-TRES spol. s r.o. 2016.
- [8] Národní plány povodí (Životní prostředí, eAGRI). [online]. Copyright © 2009 [cit. 14.03.2021]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/vodni-ramcova-smernice/planovani-v-oblasti-vod/priprava-planu-povodi-pro-2-obdobi/narodni-plany-povodi/>
- [9] Národní plán povodí Labe, kapitola IV (Voda, eAGRI). [online]. Copyright © [cit. 14.03.2021]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/437748/NPP\\_Labe\\_kapitola\\_IV.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/437748/NPP_Labe_kapitola_IV.pdf)
- [10] Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., *Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik* [online]. Březen 2012. Ministerstvo životního prostředí ČR.
- [11] Ribolová, Oldřiška, Krnínský, Jan Matěj, Bošková, Gabriela. *Obec Plav v minulosti a současnosti*. První vydání. Plav: Nakladatelství Růže s.r.o., 2012. ISBN 978-80-86975-50-4



## 12. Seznam obrázků

<i>Obr. 1 – LG – Rechle na Malši.....</i>	<i>3</i>
<i>Obr. 2 – Pohled na rechle a naplavené dřevo [Archiv obce Plav]. .....</i>	<i>5</i>
<i>Obr. 3 – Pohled na levobřežní zástavbu RD po povodních 2002 [Archiv obce Plav]. .....</i>	<i>6</i>
<i>Obr. 4 – Pohled na náhon Mlýnské stoky po povodních 2002 [Archiv obce Plav]. .....</i>	<i>6</i>
<i>Obr. 5 – Záplavová mapa Q<sub>20</sub>. .....</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 6 – Záplavová mapa Q<sub>5</sub>. .....</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 7 – Schéma navrženého PPO I v mapě zátopy Q<sub>20</sub>. .....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 8 – Schéma navrženého PPO II v mapě zátopy Q<sub>20</sub>. .....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 9 – Pohled na mostek začátku trasy PPO II. ....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 10 – Pohled na hlavní komunikaci z Říмова v místech navrženého mobilního hrazení. ....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 11 – Pohled proti proudu řeky Malše na řešené levobřežní území. ....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 12 – Schéma navrženého PPO III v mapě zátopy Q<sub>20</sub>. .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 13 – Pohled proti proudu řeky Malše na řešené území. ....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 14 – Pohled na místo ukončení trasy PPO III. ....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 15 – Schéma kombinace PPO I a PPO II v mapě zátopy Q<sub>20</sub>. ....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 16 – Ukázka kategorizace a zaplavení objektů v programu ArcGis. ....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 17 – Graf vyznačující potenciální povodňové škody při současném stavu. ....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 18 – Graf porovnání potenciálních škod před a po výstavbě PPO I. ....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 19 – Graf porovnání potenciálních škod před a po výstavbě PPO II. ....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 20 – Graf porovnání potenciálních škod před a po výstavbě PPO III. ....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 21 – Graf porovnání potenciálních škod před a po výstavbě kombinace PPO I a PPO II. ....</i>	<i>36</i>

## 13. Seznam tabulek

<i>Tab. 1 – N-leté průtoky LG Plav-Rechle na Malši [2]. .....</i>	<i>3</i>
<i>Tab. 2 – Návrhová N-letost průtoků pro zastavěné území. ....</i>	<i>9</i>
<i>Tab. 3 – Základní bilance a náklady PPO I. ....</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 4 – Základní bilance a náklady PPO II. ....</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 5 – Základní bilance a náklady PPO III. ....</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 6 – Potenciální povodňové škody při současném stavu. ....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 7 – Potenciální povodňové škody při PPO I. ....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 8 – Potenciální povodňové škody při PPO II. ....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 9 – Potenciální povodňové škody při PPO III. ....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 10 – Potenciální povodňové škody při kombinaci PPO I a PPO II. ....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 11 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizika při současném stavu. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 12 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizik po výstavbě PPO I. ....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 13 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizik po výstavbě PPO II. ....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 14 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizik po výstavbě PPO III. ....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 15 – Vyhodnocení potenciálních povodňových škod a rizik po výstavbě kombinace PPO I a PPO II. ....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 16 – Shrnutí výsledků. ....</i>	<i>37</i>



## **14. Seznam příloh**

- A. Průvodní zpráva**
- B. Souhrnná technická zpráva**
- C.1 Situace širších vztahů**
- C.2.a Katastrální situace PPO I – SEVER**
- C.2.b Katastrální situace PPO I – JIH část 1**
- C.2.c. Katastrální situace PPO I – JIH část 2**
- C.3.a Koordinační situace PPO I – SEVER**
- C.3.b Koordinační situace PPO I – JIH část 1**
- C.3.c Koordinační situace PPO I – JIH část 2**
- D. Dokumentace stavebního objektu**
- D.1.a Celková situace PPO I – SEVER**
- D.1.b Celková situace PPO I – JIH část 1**
- D.1.c Celková situace PPO I – JIH část 2**
- D.2.a Podélný profil PPO I – SEVER**
- D.2.b Podélný profil PPO I – JIH**
- D.3 Vzorové příčné řezy**
- D.4.a Příčné řezy I**
- D.4.b Příčné řezy II**
- D.4.c Příčné řezy III**
- E.1 Fotodokumentace**