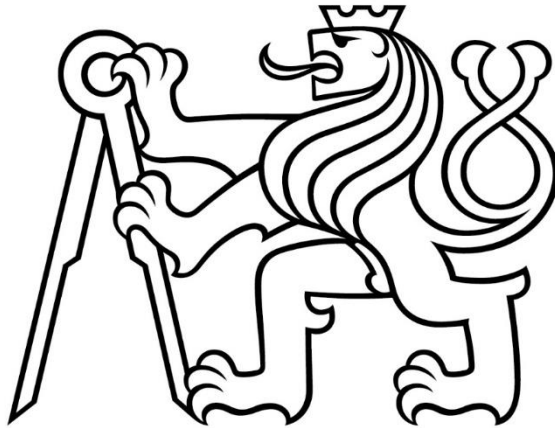


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra hydrotechniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Návrh a posouzení protipovodňových opatření
ve městě Nýřany**

**Design and assessment of the flood protection
measures in Nýřany**

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

květen 2021

Adéla Jůzová

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, pouze za použití uvedených zdrojů.

V Praze dne

.....

Adéla Jůzová

Poděkování

Chtěla bych velmi poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Martinu Horskému, Ph.D., za veškeré poskytnuté informace a ochotu při konzultacích mých dotazů. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Miroslavu Broučkovi, Ph.D. za odbornou konzultaci.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jůzová Jméno: Adéla Osobní číslo: 474280
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: Návrh a posouzení protipovodňových opatření ve městě Nýřany
Název bakalářské práce anglicky: Design and assessment of the flood protection measures in Nýřany

Pokyny pro vypracování:

Proveďte variantní návrh protipovodňových opatření ve městě Nýřany na Vejprnickém potoce a proveďte jejich ekonomické posouzení, tedy rizikovou analýzu - výpočet potenciálních povodňových škod a povodňových rizik pro současný stav a pro navržené varianty protipovodňových opatření, které budou spočívat v rámcovém návrhu technického řešení a ve zjednodušeném výpočtu výkazu výměr a rozpočtu na úrovni studie. Povodňová rizika vyjádřete pomocí kvantitativní metody výpočtu potenciálních povodňových škod a pomocí semikvantitativní metody matice rizika (Drbal a kol. 2012) na základě aktualizovaných záplavových území. V rámci uplatnění metod vytvořte i mapy povodňových rizik po realizaci opatření. V případě potřeby navrhněte ještě 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.

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

Datum zadání bakalářské práce: 25. 2. 2021 Termín odevzdání bakalářské práce: 17. 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. 2. 2021

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je vytvoření několika variant návrhů protipovodňového opatření pro město Nýřany. Návrhy budou ekonomicky posouzeny z hlediska výhodnosti. Bude zvolen nejvhodnější návrh, pro který bude vytvořena mapa ohrožení a mapa rizika. Mapy ohrožení a rizika budou vytvořeny i pro stávající stav.

Klíčová slova

protipovodňové opatření, povodňová škoda, město Nýřany, ekonomické posouzení, riziková analýza, Vejprnický potok

Abstract

The aim of this bachelor's thesis is to create several variants of proposals for flood control measures for the city of Nýřany. The proposals will be economically assessed for cost-effectiveness. The most suitable proposal will be selected, for which a hazard map and a risk map will be created. Hazard and risk maps will also be created for the current situation.

Key words

flood protection measures, flood damage, city of Nýřany, economic assessment, risk analysis, brook Vejprnice

Obsah

1. ÚVOD	3
2. SEZNAM ZKRATEK	4
3. LOKALITA	5
3.1. MĚSTO NÝŘANY	5
3.1.1. Zasažené území	5
3.2. VODNÍ TOK- VEJPRNICKÝ POTOK	6
3.2.1. Povodí Vejprnického potoka	6
3.2.2. Hydrologické poměry	7
3.2.3. Řešený úsek toku	7
3.3. MÍSTNÍ ŠETŘENÍ.....	9
3.4. SOUČASNÁ OCHRANA	11
3.5. PODLOŽÍ	11
4. METODY ŘEŠENÍ	12
4.1. SEMIKVANTITATIVNÍ METODA- MATICE RIZIKA	12
4.1.1. Kvantifikace povodňového nebezpečí- výpočet intenzity povodně	12
4.1.2. Stanovení povodňového ohrožení.....	12
4.2. KVANTITATIVNÍ VYJÁDŘENÍ- POTENCIÁLNÍ ŠKODY	14
4.2.1. Princip stanovení potenciálních materiálních škod	14
4.2.2. Odhad rizika.....	17
4.3. METODA STANOVENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI	17
4.3.1. Poměrový ukazatel efektivity	17
4.3.2. Absolutní efektivity	18
4.3.3. Doba návratnosti.....	18

5. STÁVAJÍCÍ STAV	19
6. NÁVRH PPO.....	21
6.1. TYPY OPATŘENÍ.....	21
6.2. PPO 1	23
6.3. PPO 2.....	26
6.4. PPO 3.....	29
6.5. PPO 4.....	32
6.6. ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ	35
7. ZHODNOCENÍ POMOCÍ MATICE RIZIKA	37
8. ZÁVĚR.....	38
LITERATURA A ZDROJE.....	39
SEZNAM OBRÁZKŮ	40
SEZNAM TABULEK	41
SEZNAM PŘÍLOH.....	42

1. Úvod

Pro svou bakalářskou práci jsem si zvolila práci s Geografickým informačním systémem, který mne oslovil na volitelném předmětu v minulém semestru. Tento program se mi zamlouvá více než AutoCad, i jeho uplatnění pro řešení vodohospodářských problémů je širší.

Cílem mé práce je ekonomické posouzení efektivnosti návrhů protipovodňových opatření, stanovení důsledků pro jednotlivé x-leté povodně. Vyčíslení potřebných nákladů na nápravu způsobených škod, určení poměrové efektivnosti jednotlivých návrhů.

Podle rozsahu záplavových území a povodňových škod navrhnu několik variant protipovodňových opatření, které posoudím z hlediska ekonomické výhodnosti.

Všechny návrhy společně porovnáám a vyberu nejvhodnější variantu. Pro zvolenou variantu PPO následně vytvořím mapy záplavových území, poškozeného majetku, rizika a ohrožení. Tyto mapy vytvořím i pro stávající stav.

2. Seznam zkratek

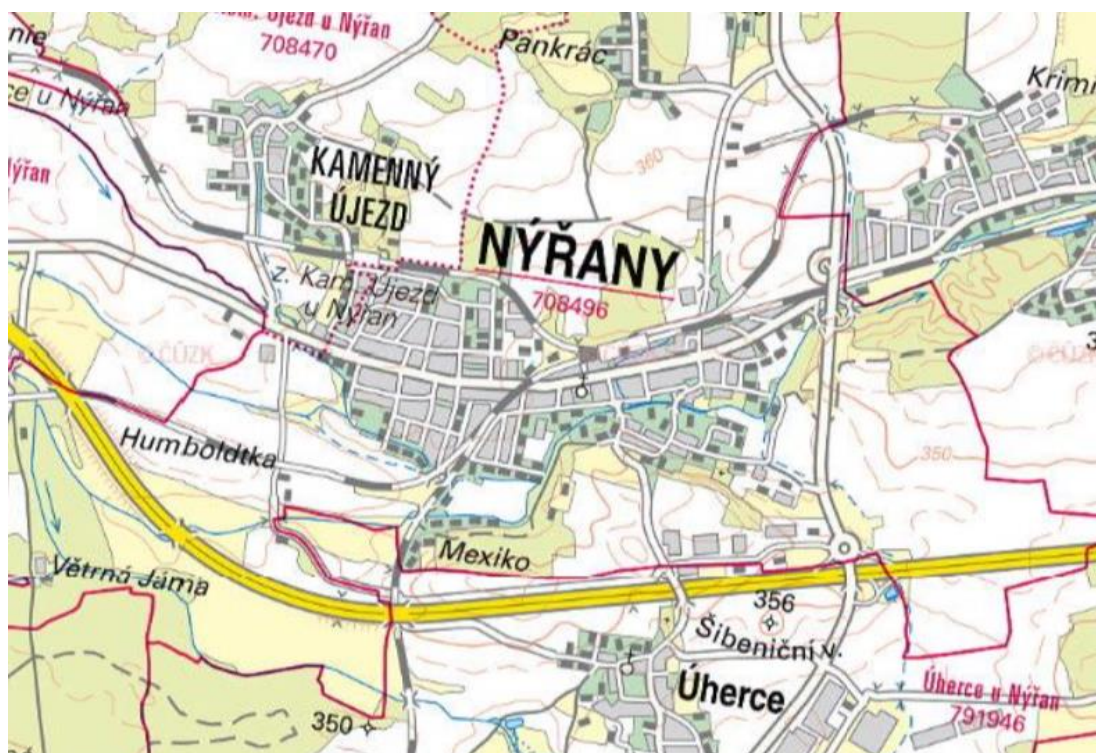
GIS	Geografický informační systém
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
PPO	Protipovodňové opatření
Q_N	Průtok N-leté povodně, který je dosažen nebo překročen jednou za N let
IP	Intenzita povodně

3. Lokalita

Nýřany, které jsou zájmovým územím, se nachází na jihozápadě České republiky v blízkosti krajského města Plzeň. Městem Nýřany protéká Vejprnický potok, který je předmětem této povodňové studie.

3.1. Město Nýřany

Město leží jihozápadně od Plzně, spadá do okresu Plzeň-sever. Trvale zde žije necelých 7 tisíc obyvatel. Zástavbu tvoří rodinné domy, několik bytových domů, zahradní domky, sportoviště a další. Celé území se nachází ve výšce okolo 335 m n. m.



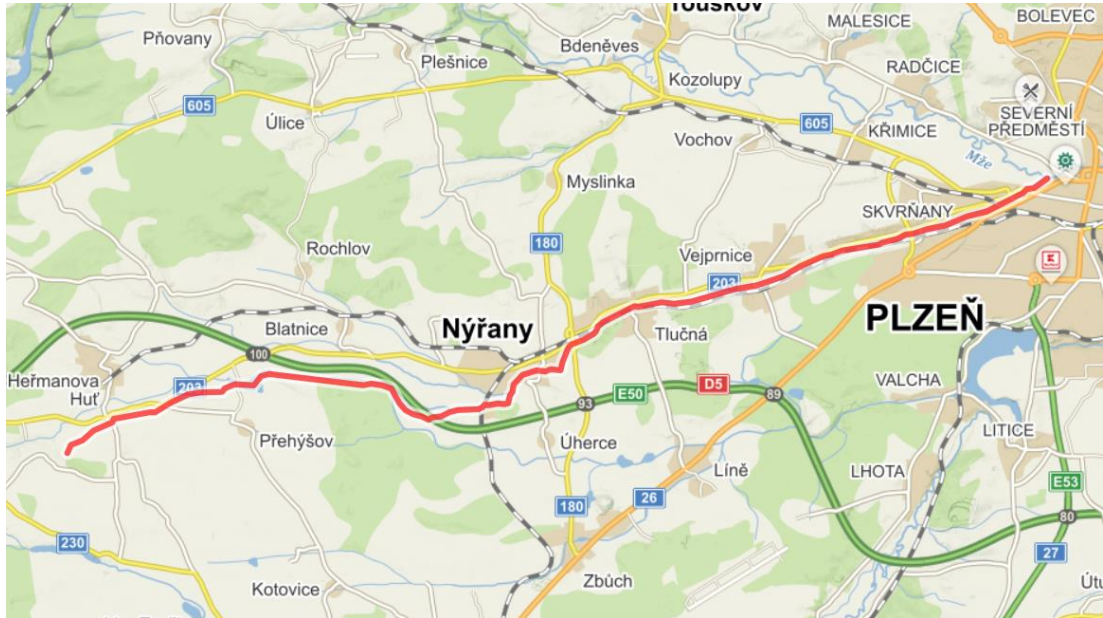
Obrázek 1: Město Nýřany [3]

3.1.1. Zasažené území

V řešeném území se nachází městská zástavba, především rodinné domy. V centru města se nachází několik panelových výškových budov, které jsou v záplavovém území. Zasažené jsou také sportoviště jako fotbalové hřiště, tenisové kurty a jezdecký areál.

3.2. Vodní tok- Vejprnický potok

Vejprnický potok pramení jihozápadně od obce Heřmanova Huť, ve výšce 405 metrů nad mořem. Celá délka toku, necelých 22 km, se nachází v Plzeňském kraji a patří do povodí Vltavy. Na svém konci v Plzni se vlévá do Mže (305 m n. m.).



Obrázek 2: Vodní tok- Vejprnický potok [7]

Potok protéká Přehýšovským rybníkem, který tvoří soustava menších vodních ploch. Jedna z nich našla využití ve sportovním rybolovu. Do této soustavy rybníků vtéká také potok Hlubočka. Jediným větším přítokem Vejprnického potoka je Kbelanský potok, který je levostranným přítokem na území města Nýřany. Na jihozápad od Nýřan je vybudován rozdělovací objekt, který umožňuje převádět část průtoku do vedlejšího potoka, který vtéká následně do Radbuzy. Zmíněným tokem je Luční potok. Po délce toku se nachází několik menších vodních ploch, které nejsou blíže specifikovány, pravděpodobně se jedná o požární nádrže. [2] [7]

3.2.1. Povodí Vejprnického potoka

Vejprnický potok spadá do povodí Vltavy, konkrétně do závodu Berounka. Do povodí Vltavy patří přibližně třetina území České republiky. Samotné povodí Vejprnického potoka se rozkládá na ploše necelých 78 km².

3.2.2. Hydrologické poměry

N-leté průtoky byly stanoveny nad ústím Kbelanského potoka v m^3/s . [2]

Tabulka 1: N-leté průtoky v profilu nad ústím Kbelanského potoka [m^3/s]

Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
9.01	14.70	23.30	35.00

3.2.3. Řešený úsek toku

Pro mou práci jsem k řešení dostala úsek ve městě Nýřany, konkrétně jde o úsek v rozmezí ř. km 12,15-13,40.

Koryto toku je v intravilánu města upraveno do obdélníkového profilu pomocí betonu. Upravené je jen v relativně krátkém úseku, kde zástavbu tvoří panelové domy, náměstí a zástavba rodinných domů. Částečná úprava je i v části města s chatkovou zástavbou. Tam je koryto zformováno do obdélníkového tvaru a zpřístupněné pro obyvatele, patrně za účelem získání vody pro zahradní účely. Z místního šetření to na mne působilo jako zahrádkářská kolonie. Tok je po své délce převážně přímý.



Obrázek 3: Upravené koryto vodního toku v intravilánu

Ohrožené území tvoří zástavba města Nýřany a různé zemědělské pozemky. Konkrétně jde o pár panelových domů, rodinné domy, zahradní chatky, zemědělské budovy, stáje a podobně. Jedná se převážně o rovinatý terén.

Ve zbylé části toku je koryto ponecháno v neupraveném, přírodním stavu. V této části se nacházejí rodinné domky, sportoviště a zemědělské pozemky. Koryto není dostatečně kapacitní ani na Q_5 .



Obrázek 4: Koryto v přirozeném stavu

Přes vodní tok vede několik mostů a lávek. Lávky pro pěší jsou z ocelové konstrukce. Mosty sloužící pro silniční dopravu jsou betonové.



Obrázek 5: Lávka pro pěší

3.3. Místní šetření

Do města Nýřany jsem se jela podívat v sobotu, 24. 4. 2021. Hlavním účelem cesty bylo prohlédnout si okolí Vejprnického potoka a zájmového území. Zjistit možnosti umístění protipovodňových opatření, prohlédnout si stavby nacházející se v záplavových územích.

Zjistila jsem, že v několika úsecích není dostatek prostoru pro vybudování zábran. Jde převážně o úseky, kde je koryto ponecháno v původním stavu. V těchto místech je hned vedle koryta potoku plot sousedního pozemku, který by bylo případně nutné posunout.



Obrázek 6: Neupravený úsek koryta se zástavbou



Obrázek 7: Ploty u koryta toku

Další úsek, kde by budování zábran bylo obtížné a nejspíš by se nesešlo se souhlasem obyvatel, je rekreační oblast. V tomto úseku je sice koryto upravené, ale dostatečně kapacitní není. Podle branek v plotech, směrem ke korytu potoka, se jedná o přístupovou cestu ke korytu.



Obrázek 8: Koryto v rekreační oblasti

V záplavovém území se nachází také panelové domy. Domy leží sice v blízkosti koryta potoka, ale prostor pro vybudování zábran je dostatečný. Koryto je v tomto úseku upravené.



Obrázek 9: Panelový dům v blízkosti toku

3.4. Současná ochrana

Žádná protipovodňová opatření v současné době nejsou vybudována. Pouze v některých úsecích toku je koryto dostatečně kapacitní na dvacetiletý průtok. Jinak dojde k vyběžení i pětileté vody. Neškodný průtok v Nýřanech nebyl znám, ale pro potřeby rizikové analýzy jsem zvolila jako neškodný průtok s dobou opakování 3 roky na základě lineární extrapolace křivky povodňových škod v logaritmicím měřítku, jak můžeme vidět na grafu z obrázku č. 8.



Obrázek 10: Rozlív N-letých povodní

3.5. Podloží

Podloží jsem pro účely založení zjišťovala z hydrogeologických vrtů z Geovědní mapy ČR. V okolí toku se půda skládá převážně ze sedimentů s pískovcovým podložím. Jedná se o poměrně propustné podloží, proto jsem u zvolených opatření počítala i s těsnícím prvkem. [4]

4. Metody řešení

4.1. Semikvantitativní metoda- matice rizika

Metoda vyjadřuje stupeň ohrožení konkrétní lokality pomocí určité stupnice. Stupnice se dá použít číselná nebo barevná. Výsledek metody se uvádí bezrozměrně, případně v jednotce veličiny, která popisuje ohrožení. V této metodě nejde finanční ani lidskou stránku škod.

4.1.1. Kvantifikace povodňového nebezpečí- výpočet intenzity povodně

Povodňové nebezpečí se určuje z funkce hloubky a rychlosti vody, k jehož výpočtu jsem použila program GIS. K tomuto výpočtu se používá vztah:

$$IP = \begin{cases} 0 & h = 0 \text{ m} \\ h & h > 0 \text{ m}, v \leq 1 \text{ m/s} \\ h \cdot v & h > 0 \text{ m}, v > 1 \text{ m/s} \end{cases} \quad 1$$

h... hloubka zatopení [m]

v... rychlost proudění vody [m/s]

Povodňové nebezpečí se počítá pro každý sledovaný průtok, to je pro pětiletý, dvacetiletý, stoletý a pětisetletý průtok. [1]

4.1.2. Stanovení povodňového ohrožení

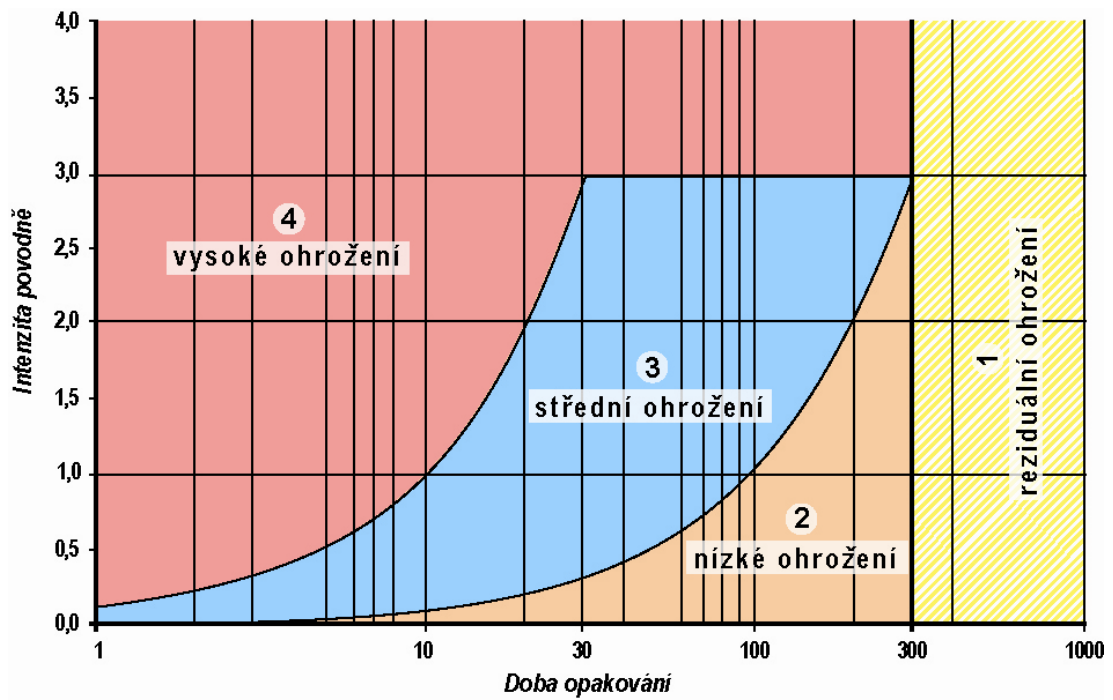
Pro každý průtok se vypočítá povodňové ohrožení podle vztahu:

$$R_i = (0,3 + 1,35 * IP_i) * p_i \quad 2$$

IP... intenzita povodně

p... pravděpodobnost překročení

$$p = 1 - e^{-\frac{1}{N}} \quad 3$$



Obrázek 11: Matice rizika

Výsledkem výpočtu je rastrová mapa s rozlišení 2x2 metry, kde každé buňce se podle hodnoty přidělí míra ohrožení a příslušná barva podle matice rizika. Stupně ohrožení jsou vysoké, střední, nízké a reziduální. Výsledkem jsou mapy ohrožení. [1]

4.2. Kvantitativní vyjádření- potenciální škody

Jedná se o vyjádření povodňového rizika pomocí vyčíslení povodňových škod pro jednotlivé průtoky. Vyčíslenou škodu znázorňují křivky poškození. Škody jsou rozděleny do jednotlivých skupin podle druhu majetku, jako jsou obytné budovy, občanská vybavenost, komunikace a zpevněné plochy, zemědělské pozemky, průmyslové budovy, vybavení budov a další. [1]

4.2.1. Princip stanovení potenciálních materiálních škod

Základem je podrobný rozbor zaplavení území podle různých kritérií. Určujícím faktorem je jak plocha zaplavení, tak i hloubka vody. Ocenění jednotlivých kategorií je dáno rozmezím a volí se v závislosti na způsobené škodě, jejím rozsahu. Výsledná částka na odstranění škody se nachází v daném rozmezí.

Konkrétní hodnota povodňových škod se určuje podle vztahu:

$$D_{ik} = E_{ik} * C_k * L_k \quad 4$$

i... index objektů

k... index kategorií

E... míra zasažení, podle kategorie [ks], [m], [m²], [m³]

C... jednotková cena na jednu měrnou jednotku

L... poškození vyjádřené v závislosti na hloubce či rozsahu zatopení [%]

D... výsledná škoda [Kč]

Výpočty pro jednotlivé kategorie se liší cenovými rozmezími a jednotkou, ve které se daná kategorie určuje [m], [ks] atd. Ne u všech kategorií závisí míra poškození na hloubce záplavy.

Celková škoda v určité kategorii se stanoví ze vztahu:

$$D_k = \sum_i D_{ik} \quad 5$$

Výsledná škoda pro jednotlivé N-leté průtoky je pak součtem všech kategorií.

$$D_N = \sum_k D_k \quad 6$$

Počet a rozsah jednotlivých kategorií jsem získala z mapového podkladu ZABAGED a katastrální mapy ČÚZK v programu GIS. Rozsah zasaženého území jsem určila podle záplavových území pro jednotlivé N-leté průtoky, stejně tak hloubku záplavy. Délku inženýrských sítí jsem odvodila od délek komunikací.

Ocenění jednotlivých kategorií určuje Jednotná klasifikace stavebních objektů, která vychází z dlouhodobých pozorování cen na trhu. V průběhu let se cenové rozmezí mění v závislosti na tržních cenách. [8]

Škody na budovách, kde je nutné určení podle hloubky zatopení, se určují ze vztahu:

$$D_{SO} = A * L(h) * C \quad 7$$

D_{SO} ... škoda na objektu [Kč]

A... plocha zasaženého objektu [m^2]

L(h)... poškození v závislosti na hloubce pro daný typ budovy

C... jednotková cena podlaží daného objektu [Kč]

Pro obytné budovy:

$$L(h) = 0,1832 + 0,2133 * h \quad 8$$

Pro občanskou vybavenost:

$$L(h) = 0,1042 + 0,1337 * h \quad 9$$

Pro průmyslové objekty:

$$L(h) = 0,0335 + 0,0937 * h \quad 10$$

Pro nerozlišené objekty:

$$L(h) = 0,1006 + 0,1453 * h \quad 11$$

Počet dotčených obyvatel jsem zjistila z přepočtu celkového počtu obyvatel města Nýřany a celkového počtu bytových jednotek. Z těchto hodnot jsem zjistila, kolik obyvatel vychází na jednu bytovou jednotku. Na jednu bytovou jednotku v této oblasti vychází 4,02 obyvatel. Poté podle počtu zasažených bytových jednotek jsem určila počet lidí dotčený danou povodní.

Objekty jsem dělila podle využití do kategorií obytných budov, občanské vybavenosti, průmyslových objektů, zemědělských budov a ostatních stavení. Do ostatního spadají všelijaké zahradní domky, chatky, které slouží k ukládání nástrojů, zahradního nábytku a dalších nezbytností. Mezi zemědělské objekty jsem zařadila budovy sloužící pro chov zvířat.

Škody na komunikacích jsem počítala pomocí změřených délek a šířek jednotlivých dotčených úseků. Délky komunikací určují i délku inženýrských sítí.

Mezi zpevněné plochy jsem počítala jak komunikace, tak chodníky, parkoviště a jiné betonové či dlážděné povrchy.

Do sportovních ploch jsem zařadila fotbalové hřiště, tenisové kurty a jezdecký areál.

V GISu jsem nejvíce pracovala s funkcemi ArcMap a Toolbox. Pro ořez vybrané plochy jsem využila funkci Clip a pro výběr zasažených objektů Select by Location. Pro tvorbu map jsem využívala funkce pro úpravy rastrů.

Rozsah zaplavené plochy jsem získala z rozsahu záplavových území ze studie [2] pomocí programu GIS tak, jak je popsáno v metodice tvorby map povodňového nebezpečí a rizik. [1]

4.2.2. Odhad rizika

Riziko vyjadřuje míru ohrožení daného území z finančního hlediska. Jedná se o určení roční průměrné škody, vypočtené z výše škod pro sledované průtoky. Odhad rizika na základě potenciálních škod se získá ze vztahu:

$$RI = \int_0^{P_H} D(p) dp \quad 12$$

p... pravděpodobnost dosažení N-letého průtoky, nebo jeho překročení

p se zjistí analyticky ze vztahu:

$$p = 1 - e^{-\frac{1}{N}} \quad 13$$

Riziko případně stanovíme i numerickou integrací za použití lichoběžníkového pravidla:

$$RI = \sum_{k=1}^p \frac{D * (p_{k+1}) + D(p_k)}{2} * |p_{k+1} - p_k| \quad 14$$

Obě metody vykazují podobné výsledky. Já jsem použila metodu numerické integrací. [6]

4.3. Metoda stanovení ekonomické efektivity

Pro zjištění ekonomické výhodnosti se využívá několik ukazatelů, které pracují s náklady na protipovodňové opatření, aktuálními a budoucími škodami. [6]

4.3.1. Poměrový ukazatel efektivity

Ukazatel je bezrozměrné vyjádření efektivity protipovodňového opatření z pohledu investice a ušetřených nákladů na opravy.

$$PU = \frac{R_s(\text{původní}) - R_s(\text{navržené})}{I} \quad 15$$

R_s (původní)... původní kapitálové riziko [Kč]

R_s (navržené)... kapitálové riziko po návrhu opatření [Kč]

I... náklady na opatření [Kč]

Pokud vyjde vyšší číslo než 1, investovat do opatření se vyplatí. Pokud menší, je výhodnější pokaždé škody opravit a do PPO neinvestovat, nebo hledat jiné řešení. Takové opatření by bylo ekonomicky nevýhodné. [6]

4.3.2. Absolutní efektivnost

Tato veličina vyjadřuje výhodnost investice z pohledu financí. Je vyjádřena vztahem:

$$AU = R_s(\text{původní}) - [R_s(\text{navržené}) + I] \text{ [Kč]} \quad 16$$

R_s (původní)... původní kapitálové riziko [Kč]

R_s (navržené)... kapitálové riziko po návrhu opatření [Kč]

I... náklady na opatření [Kč]

Pokud vyjde kladná hodnota, investice se vyplatí. Znamená to, že náklady na výstavbu PPO budou, v porovnání s náklady potřebnými na opravu škod, nižší. [6]

4.3.3. Doba návratnosti

Tento ukazatel udává dobu, za jakou se investice vrátí. Doba návratnosti se udává v letech a vyjadřuje ji vztah:

$$DN = \frac{I}{R(\text{původní}) - R(\text{navržené})} \quad 17$$

R (původní)... původní průměrné roční riziko [Kč/rok]

R (navržené)... průměrné roční riziko po návrhu opatření [Kč/rok]

I... náklady na opatření [Kč]

Pokud by byla doba návratnosti velmi dlouhá, je na pováženu, jestli je to výhledově výhodné. Přeci jen, PPO je investice, která by se měla vrátit. [6]

5. Stávající stav

V současné chvíli jsou miliónové škody i při pětiletém průtoku. Stanovila jsem potenciální materiální škody pro každý charakteristický průtok, vytvořila přehled o počtu zasažených budov a velikosti dotčených ploch. Dále jsem zpracovala přehled počtu zasažených obyvatel a velikosti dotčené plochy.

Tabulka 2: Výše škod pro stávající stav

průtok	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
kategorie škody				
budovy	1814	9257	15216	25105
vybavení domácností	2014	8315	11585	19115
občanská vybavenost	64	471	1770	3418
komunikace, zpevněné plochy	168	1181	2236	3135
mosty	3970	4532	5375	5375
sportovní plochy	0	3099	3099	3099
průmyslové objekty	0	1047	1586	2079
průmysl	0	8752	8752	8752
zemědělské pozemky	66	103	120	126
inženýrské sítě	48	217	385	543
Celkem [tis. Kč]	8144	36973	50124	70746

Tabulka 3: Rozsah škod pro stávající stav

průtok	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
kategorie škody				
budovy počet [ks]	17	83	113	153
budovy plocha [m ²]	1131	5372	7788	12274
vybavení domácností [ks]	17	52	75	107
občanská vybavenost [m ²]	66	472	1833	3427
komunikace, zpevněné plochy [m ²]	1711	12046	22812	31991
mosty [ks]	6	6	6	6
sportovní plochy [m ²]	2	11459	11459	11459
průmysl [m ²]	0	2590	2590	2590
zemědělské pozemky [ha]	4.39	6.86	8.03	8.39
inženýrské sítě [m]	215	965	1712	2412

Tabulka 4: Rozsah zasažení pro stávající stav

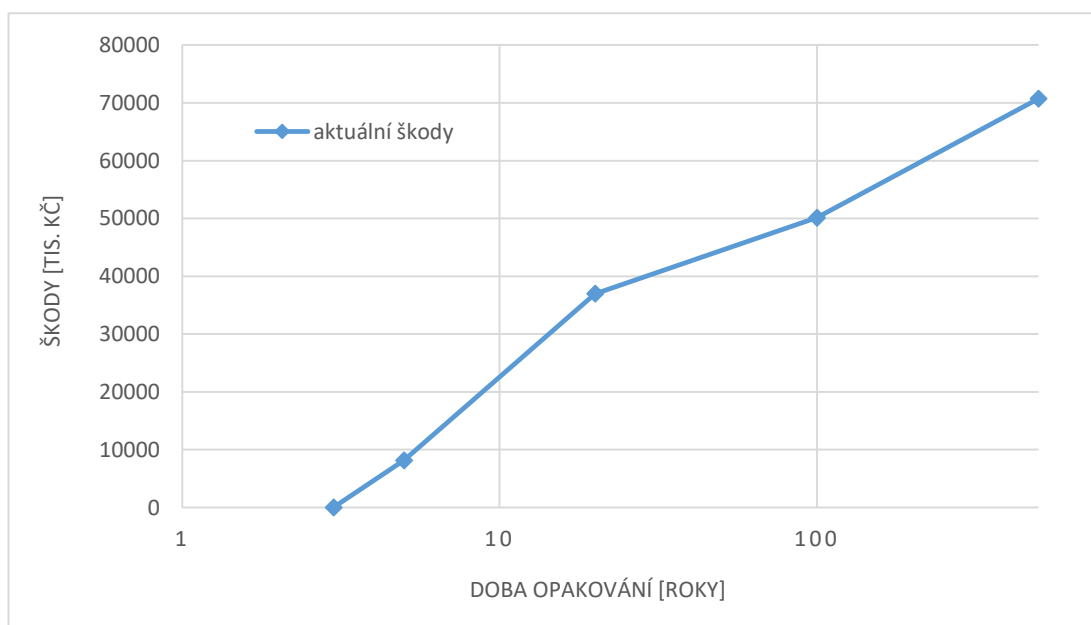
rozsah ohrožení	průtok			
	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
zasažení obyvatelé [lidé]	68	252	476	1164
zasažená plocha [ha]	9.81	20.27	28.07	32.77

Tabulka 5: Souhrn škod a povodňového rizika pro stávající stav

průtok	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
	celková škoda [tis. Kč]	8144	36973	50124
průměrné roční riziko [tis. Kč/rok]	2206			
diskontní sazba [%]	3			
kapitálové riziko [tis. Kč]	73518			

Jak z tabulek vyplývá, jsou škody poměrně vysoké. Investice do protipovodňových opatření se v tomto případě jeví jako užitečná.

Za neškodný průtok jsem zvolila tříletý. Aktuální škody a zasažený majetek vidíme z následujícího grafu.



Obrázek 12: Graf aktuální výše povodňových škod

6. Návrh PPO

Celkem jsem vytvořila čtyři návrhy protipovodňových opatření. Umístění jsem volila na základě místního šetření a počtu zasažených objektů v daných oblastech. Primárně mi šlo o ochranu území, kde se škody dotknou velkého počtu lidí nebo majetku, který slouží pro průmyslové nebo zemědělské potřeby.

Návrhy jsem vytvořila pro varianty řešení na ochranu před Q_{20} a Q_{100} . Na pětisetletý průtok mi opatření přijdou příliš. Pro nižší povodňové průtoky by byla ochrana zbytečná, když připočtu i náklady nutné na realizaci.

Jednotlivé návrhy jsem ekonomicky posoudila a vybrala nejvhodnější. Výsledky jsou obsažené v tabulkách. Grafy značí rozsah ohroženého majetku z finančního hlediska před a po realizaci. Rozdíl mezi jednotlivými čarami grafů představuje rozsah ochráněného majetku.

6.1. Typy opatření

Protipovodňové opatření jsem navrhla ve dvou variantách, které se liší svým rozsahem. Zábrany budou vytvářet buď zemi hrázky, nebo betonové stěny. Obě varianty se také dělí podle míry ochrany na Q_{20} a Q_{100} .

Zemní hrázku jsem navrhla o šířce koruny 2 metry, a sklonu svahů 1:2,5. Výška hrázky se bude měnit podle potřeby. Do původního terénu bude zavázána zavazující ostruhou do hloubky 1 metr. Ostruha bude lichoběžníkového tvaru, kdy horní hrana bude o délce 3 metry a sklony svahů 1:1. Vytvořena bude z hlinito-jílovité zeminy.

Betonovou stěnu jsem navrhla o tloušťce 0,4 metry. Hloubka založení bude 0,8 metru do terénu. Jako těsnicí prvek jsem navrhla štětovou stěnu 2 metry do hloubky od založení. Zavázání do břehu jsem navrhla o délce 1,5 metru.

Bezpečnostní převýšení obou opatření je 0,3 metry. U zábran na dvacetiletou vodu se výška pohybuje v rozmezí 0,4 až 1,5 metru, pro stoletou je to poté do 2 metrů.

Cena 1 metru zemních hrázek pro ochranu na 20 letou vodu jsem stanovila na 11 350 Kč a průměrně je potřeba 11,35 m³ hlinito-jílovité zeminy. Pro betonovou variantu jsem stanovila průměrnou cenu 28 400 Kč na běžný metr a spotřebuje se 0,84 m³ betonu a 2 m² štětové stěny.

Pro stoletou vodu je průměrně potřeba 15,85 m³ zeminy na běžný metr a cena vychází na 15 850 Kč. U betonových zábran to pak je průměrně 1,04 m³ betonu a 2 m² štětové stěny na běžný metr s výslednou cenou 30 400 Kč.

Typ opatření v jednotlivých úsecích je závislý na velikosti volného prostoru, kam se bude zábrana umisťovat. Do většiny úseků se vejde zemní hrázka. Na tu je potřeba více prostoru, ale lépe zapadá do celkového rázu prostředí. Betonová zábrana by trochu narušila vzhled města. V intravilánu je kolem toku vytvořena zatravněná plocha, betonový prvek by se tam nehodil.

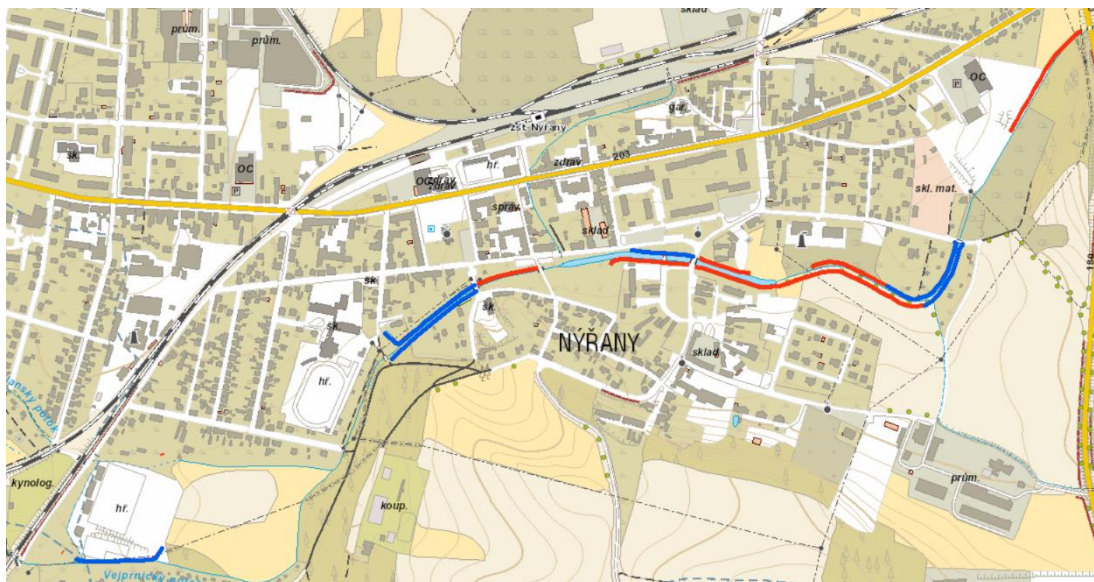
Vzorové řezy jednotlivých typů opatření jsou součástí příloh.

Jako další by se dalo uvažovat o volbě opatření s retencí ve vhodné lokalitě nad městem pomocí protipovodňové nádrže na Vejprnickém potoce, nebo zkapacitněním koryta přímo ve městě. Tyto varianty opatření jsem neuvažovala, jelikož by vyžadovaly hlubší analýzu nad rámec zadání bakalářské práce nebo sestavení matematického modelu pro zkapacitněné koryto, což také nebylo předmětem zadání práce. Tyto varianty opatření by bylo vhodné uvažovat v další fázi přípravy opatření.

Vyústění dešťové kanalizace do koryta toku se v případě, že nebude plnit svoji funkci během povodňového stavu, bude řešit přečerpáváním vody za pomoci hasičského sboru. Týká se to vody, která naprší za protipovodňovým opatřením a nebude moci odtéct dešťovou kanalizací.

6.2. PPO 1

V první variantě návrhu jsem počítala s ochranou na průtok Q_{20} . Zasažené území jsem se snažila co nejvíce zmenšit. Primárně jsem se snažila ochránit oblast, která slouží pro bydlení. Dále komunikaci procházející celým městem a sloužící jako hlavní spoj Nýřan.



Obrázek 13: Návrh PPO 1

Červené čáry značí umístění zemních hrázek, modré betonových zábran.

Zemní hrázky tvoří necelých 1200 metrů a betonové zábrany 1000 metrů. Vyčíslené škody po výstavbě PPO jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 6: Výše škod pro PPO 1

	průtok			
kategorie škody	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
budovy	960	2426	15216	25105
vybavení domácností	1001	1838	11585	19115
občanská vybavenost	64	249	1770	3418
komunikace, zpevněné plochy	155	201	2236	3135
mosty	3970	4532	5375	5375
sportovní plochy	0	0	3099	3099
průmyslové objekty	0	0	1586	2079
průmysl	0	0	8752	8752
zemědělské pozemky	54	72	120	126
inženýrské sítě	47	62	385	543
Celkem [tis. Kč]	6251	9380	50124	70746

Tabulka 7: Rozsah škod pro PPO 1

	průtok			
kategorie škody	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
budovy počet [ks]	13	42	113	153
budovy plocha [m ²]	562	1459	7788	12274
vybavení domácnosti [ks]	13	20	75	107
občanská vybavenost [m ²]	66	238	1833	3427
komunikace, zpevněné plochy [m ²]	1581	2052	22812	31991
mosty [ks]	6	6	6	6
sportovní plochy [m ²]	0	0	11459	11459
průmysl [m ²]	0	0	2590	2590
zemědělské pozemky [ha]	3.60	4.80	8.03	8.39
inženýrské sítě [m]	209	274	1712	2412

Tabulka 8: Rozsah zasažení pro PPO 1

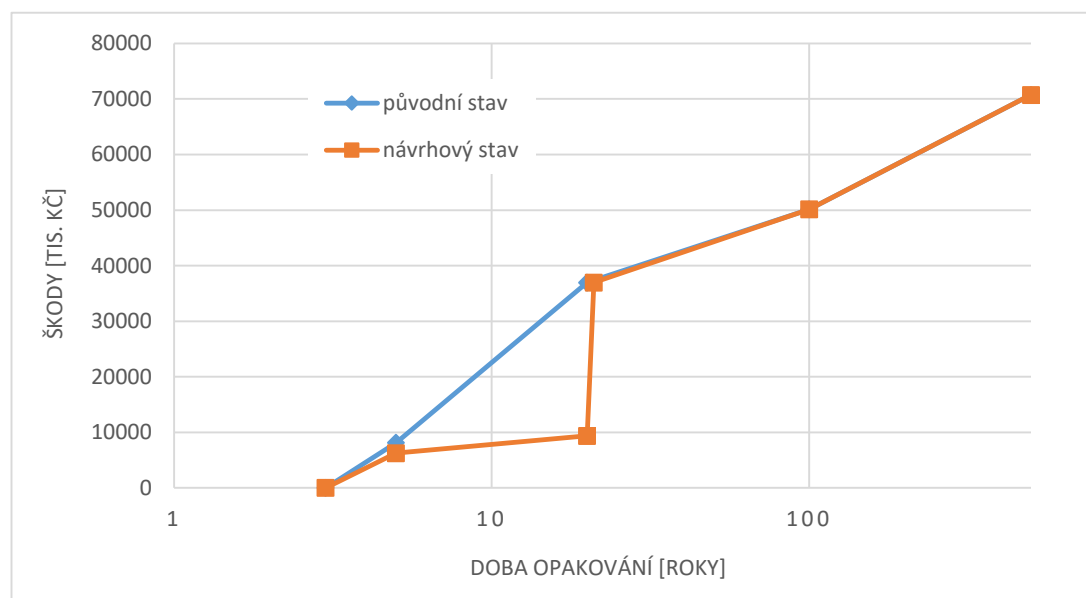
	průtok			
rozsah ohrožení	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
zasažení obyvatelé [lidé]	52	80	476	1164
zasažená plocha [ha]	8.25	11.44	28.07	32.77

Tabulka 9: Souhrn škod pro PPO 1

průtok	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
celková škoda [tis. Kč]	6251	9380	50124	70746
průměrné roční riziko [tis. Kč/rok]	884			
diskontní sazba [%]	3			
kapitálové riziko [tis. Kč]	29477			

Tabulka 10: Výsledky ekonomické efektivity pro PPO 1

investiční náklady [tis. Kč]	I	38996
poměrová efektivnost	PU	1.13
absolutní efektivnost [tis. Kč]	AU	5045
doba návratnosti [roky]	DN	30

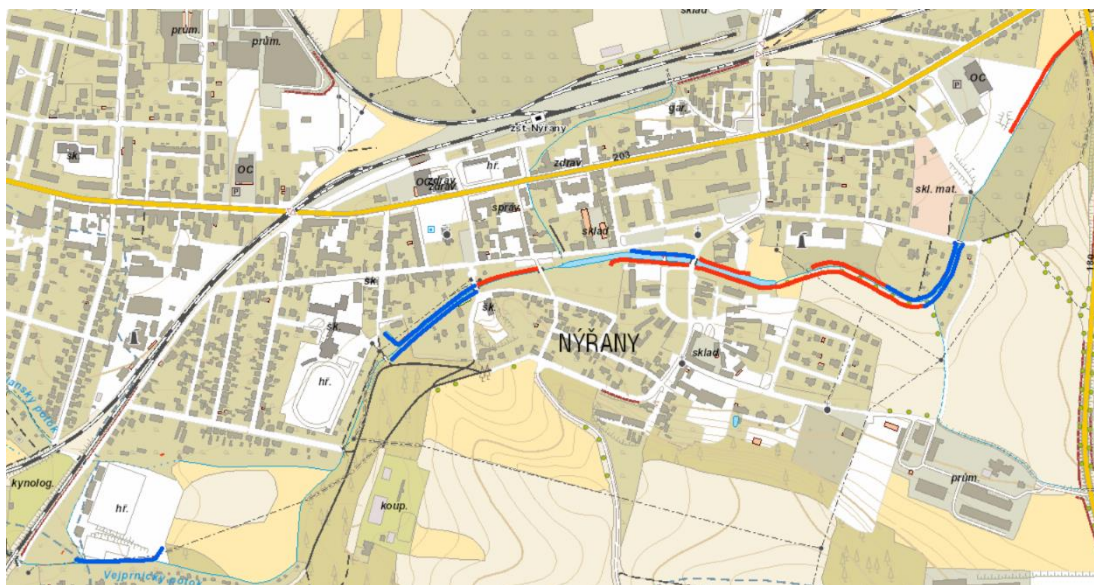


Obrázek 14: Výše škod při N-letých průtocích pro PPO 1

Poměrová efektivnost vyšla větší než 1, takže by to mělo znamenat, že se investice vyplatí. Na druhou stranu výrazněji více než hraniční hodnota to není a doba návratnosti je poměrně dlouhá.

6.3. PPO 2

Druhá varianta návrhu je, co se týče umístění, situována jako předchozí varianta, pouze protažená na vyšší povodňový průtok. PPO chrání oblast na Q_{100} . Délka zemních hrázek odpovídá přibližně prvnímu návrhu, to je 1200 metrů, stejně tak i betonové zábrany o délce 1 kilometr. Rozdíl mezi PPO 1 a PPO 2 bude ve výšce hrázek a zábran.



Obrázek 15: Návrh PPO 2

Červené čáry značí umístění zemních hrázek, modré betonových zdí.

Tabulka 11: Výše škod pro PPO 2

průtok	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
	kategorie škody			
budovy	960	1957	4161	25105
vybavení domácností	1001	1838	3095	19115
občanská vybavenost	64	249	298	3418
komunikace, zpevněné plochy	155	201	394	3135
mosty	3970	4532	5375	5375
sportovní plochy	0	0	0	3099
průmyslové objekty	0	0	0	2079
průmysl	0	0	0	8752
zemědělské pozemky	54	72	0	126
inženýrské sítě	47	62	139	543
Celkem [tis. Kč]	6251	8910	13463	70746

Tabulka 12: Rozsah škod pro PPO 2

průtok	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
kategorie škody				
budovy počet [ks]	13	42	57	153
budovy plocha [m ²]	562	1459	2280	12274
vybavení domácnosti [ks]	13	20	29	107
občanská vybavenost [m ²]	66	238	238	3427
komunikace, zpevněné plochy [m ²]	1581	2052	4020	31991
mosty [ks]	6	6	6	6
sportovní plochy [m ²]	0	0	0	11459
průmysl [m ²]	0	0	0	2590
zemědělské pozemky [ha]	3.60	4.80	5.38	8.39
inženýrské sítě [m]	209	274	619	2412

Tabulka 13: Rozsah zasažení pro PPO 2

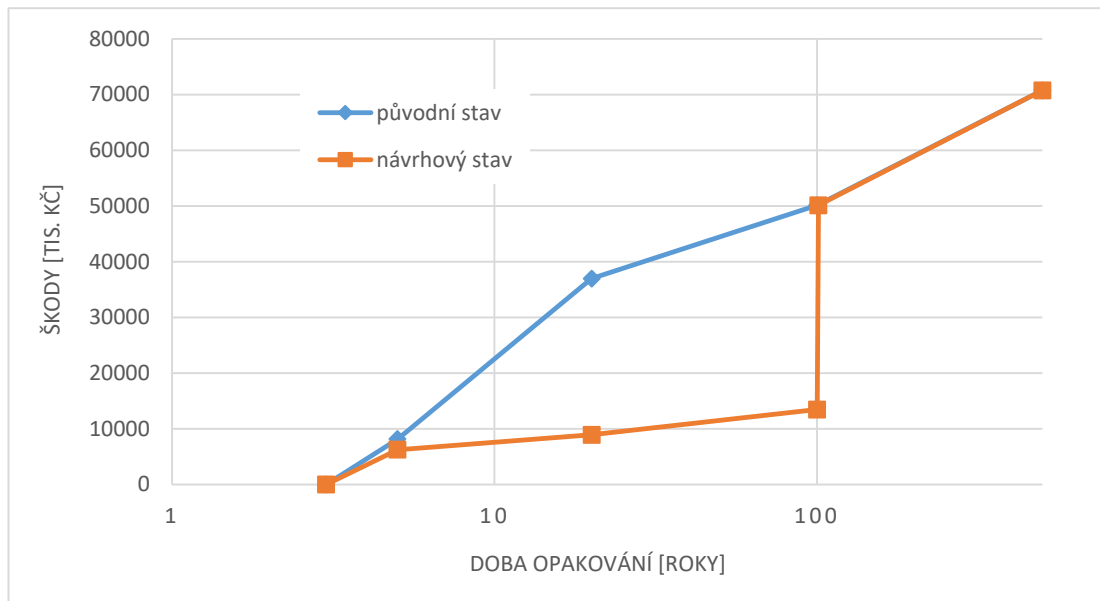
průtok	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
rozsah ohrožení				
zasažení obyvatelé [lidé]	52	80	116	1164
zasažená plocha [ha]	8.25	11.44	13.69	32.77

Tabulka 14: Souhrn škod pro PPO 2

průtok	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
celková škoda [tis. Kč]	6251	8910	13463	70746
průměrné roční riziko [tis. Kč/rok]	621			
diskontní sazba [%]	3			
kapitálové riziko [tis. Kč]	20706			

Tabulka 15: Výsledky ekonomické efektivity pro PPO 2

investiční náklady [tis. Kč]	I	54198
poměrová efektivnost	PU	0.97
absolutní efektivnost [tis. Kč]	AU	-1386
doba návratnosti [roky]	DN	34

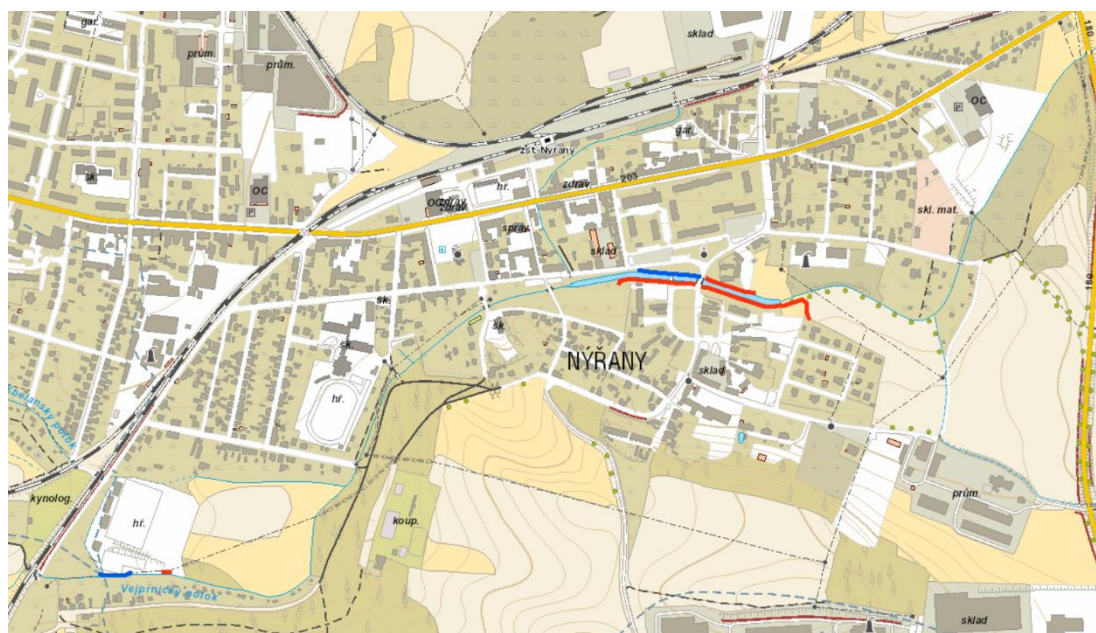


Obrázek 16: Výše škod při N-letých průtocích pro PPO 2

Z výpočtu vyplývá, že ekonomická efektivita je menší než 1, z prvního pohledu se nejedná o výhodnou variantu řešení. Z funkčního hlediska se mi zdá výhodnější než PPO 1, území je chráněno na vyšší průtok. Chráněna je většina ohroženého území, některá opatření by ale byla, si myslím, přijata obyvateli negativně, protože by jim zamezila přístup k potoku.

6.4. PPO 3

PPO 3 je navržený na ochranu obytných budov a průmyslových objektů. Primárně mi šlo o ochranu obyvatel, aby byl zasažen co nejnižší počet, zároveň aby opatření nebylo na místech, kde jsou vyšší náklady na výstavbu než ochráněný majetek.



Obrázek 17: Návrh PPO 3

Červené čáry značí umístění zemních hrázek, modré betonových zábran.

Délka hrázek v tomto případě lehce přesahuje 500 metrů a betonové zábrany jsem navrhla o délce 170 metrů.

Tabulka 16: Výše škod pro PPO 3

	průtok	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
kategorie škody					
budovy		1520	4948	15216	25105
vybavení domácností		1637	4118	11585	19115
občanská vybavenost		64	249	1770	3418
komunikace, zpevněné plochy		155	241	2236	3135
mosty		3970	4532	5375	5375
sportovní plochy		0	0	3099	3099
průmyslové objekty		0	0	1586	2079
průmysl		0	0	8752	8752
zemědělské pozemky		64	93	120	126
inženýrské sítě		47	84	385	543
Celkem [tis. Kč]		7457	14264	50124	70746

Tabulka 17: Rozsah škod pro PPO 3

průtok	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
kategorie škody				
budovy počet [ks]	16	63	113	153
budovy plocha [m ²]	919	2824	7788	12274
vybavení domácnosti [ks]	16	38	75	107
občanská vybavenost [m ²]	66	238	1833	3427
komunikace, zpevněné plochy [m ²]	1581	2457	22812	31991
mosty [ks]	6	6	6	6
sportovní plochy [m ²]	0	0	11459	11459
průmysl [m ²]	0	0	2590	2590
zemědělské pozemky [ha]	4.30	6.17	8.03	8.39
inženýrské sítě [m]	209	372	1712	2412

Tabulka 18: Rozsah zasažení pro PPO 3

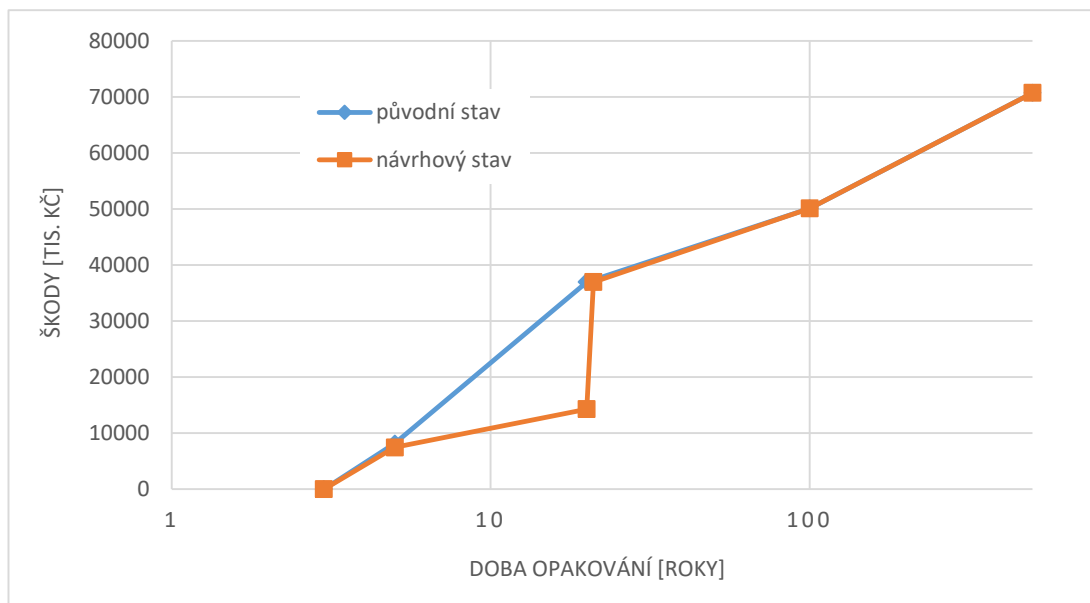
průtok	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
rozsah ohrožení				
zasažení obyvatelé [lidé]	64	152	476	1164
zasažená plocha [ha]	9.63	15.28	28.07	32.77

Tabulka 19: Souhrn škod pro PPO 3

průtok	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
celková škoda [tis. Kč]	7457	14264	50124	70746
průměrné roční riziko [tis. Kč/rok]	1053			
diskontní sazba [%]	3			
kapitálové riziko [tis. Kč]	35085			

Tabulka 20: Výsledky ekonomické efektivity pro PPO 3

investiční náklady [tis. Kč]	I	11522
poměrová efektivity	PU	3.34
absolutní efektivity [tis. Kč]	AU	26911
doba návratnosti [roky]	DN	10

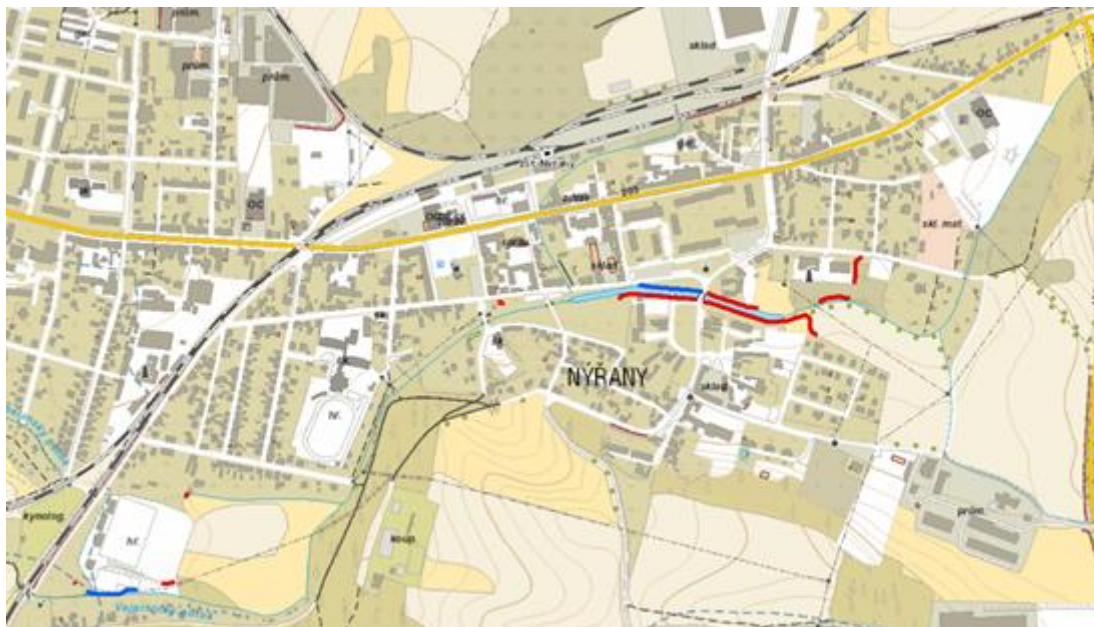


Obrázek 18: Výše škod při N-letých průtocích pro PPO 3

Z ekonomických ukazatelů vyplývá, že poměrová efektivnost je výrazně vyšší než 1. Na první pohled se jedná o výhodnou investici. I doba návratnosti je krátká. Náklady na opatření dosahují necelých 12 milionů a to je méně než snížení ohrožení pro dvacetiletý průtok. Nicméně při pětileté vodě není oproti původnímu stavu výrazný rozdíl.

6.5. PPO 4

Poslední návrh vychází z předchozího, který byl doplněn o několik hrázek. Návrh počítá s ochranou na stoletou vodu. Ochráněné území jsem zvolila tak, aby byla ochráněna zástavba v centru města, kde se nacházejí výškové budovy.



Obrázek 19: Návrh PPO 4

Červené čáry značí umístění zemních hrázek, modré betonových zábran.

Kromě obytných budov je tímto návrhem ochráněné také fotbalové hřiště a tenisové kurty. Zároveň se povodňové nebezpečí vyhne i průmyslovým objektům až do stoletého průtoku. Ze zemědělských objektů jsem se rozhodla primárně ochránit stáje.

Tabulka 21: Výše škod pro PPO 4

	průtok			
kategorie škody	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
budovy	1520	4948	8293	25105
vybavení domácností	1637	6244	6244	19115
občanská vybavenost	64	249	1418	3418
komunikace, zpevněné plochy	157	231	599	3135
mosty	3970	4532	5375	5375
sportovní plochy	0	0	0	3099
průmyslové objekty	0	0	0	2079
průmysl	0	0	0	8752
zemědělské pozemky	64	92	104	126
inženýrské sítě	48	176	176	543
Celkem [tis. Kč]	7460	16472	22208	70746

Tabulka 22: Rozsah škod pro PPO 4

	průtok			
kategorie škody	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
budovy počet [ks]	16	63	87	153
budovy plocha [m ²]	919	2824	4123	12274
vybavení domácnosti [ks]	16	38	56	107
občanská vybavenost [m ²]	66	238	1497	3427
komunikace, zpevněné plochy [m ²]	1599	2358	6108	31991
mosty [ks]	6	6	6	6
sportovní plochy [m ²]	0	0	0	11459
průmysl [m ²]	0	0	0	2590
zemědělské pozemky [ha]	4.30	6.14	6.90	8.39
inženýrské sítě [m]	215	339	782	2412

Tabulka 23: Rozsah zasažení pro PPO 4

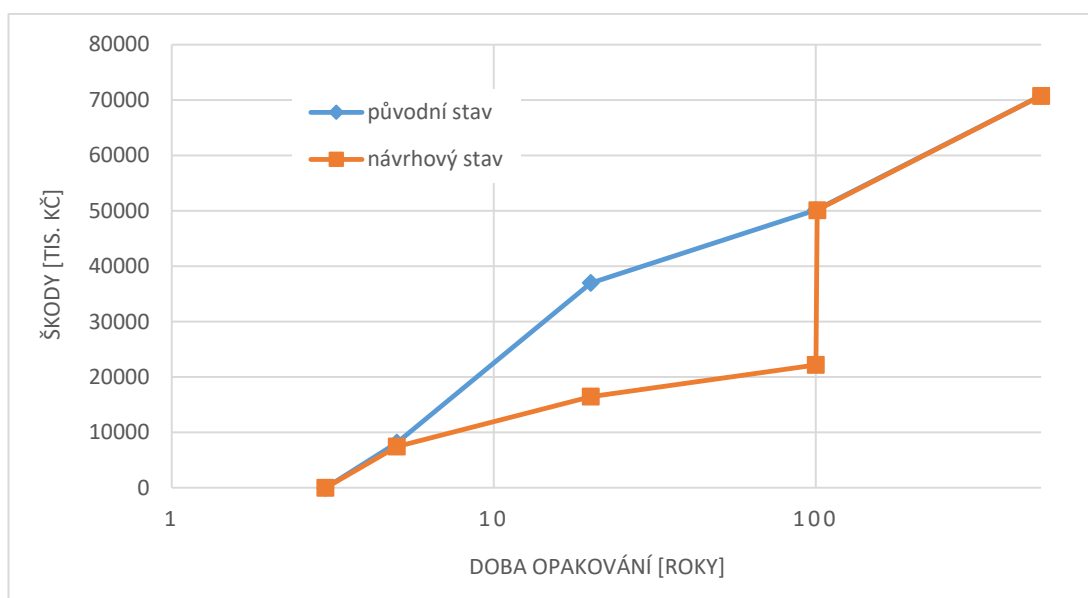
	průtok			
rozsah ohrožení	Q₅	Q₂₀	Q₁₀₀	Q₅₀₀
zasažení obyvatelé [lidé]	64	152	228	1164
zasažená plocha [ha]	9.57	15.45	20.25	32.77

Tabulka 24: Souhrn škod pro PPO 4

průtok	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
celková škoda [tis. Kč]	7460	16472	22208	70746
průměrné roční riziko [tis. Kč/rok]	920			
diskontní sazba [%]	3			
kapitálové riziko [tis. Kč]	30657			

Tabulka 25: Výsledky ekonomické efektivity pro PPO 4

investiční náklady [tis. Kč]	I	18003
poměrová efektivnost	PU	2.38
absolutní efektivnost [tis. Kč]	AU	24858
doba návratnosti [roky]	DN	14



Obrázek 20: Výše škod při N-letých průtocích pro PPO 4

Z hlediska poměrové efektivity se návrh vyplatí, ukazatel je vyšší než 1. Doba návratnosti je relativně krátká, i když na pětiletý průtok škody příliš snížené nejsou. Nicméně ochranu jsem navrhovala primárně na vyšší průtoky, pro které svůj účel plní.

6.6. Zhodnocení návrhů

Z výsledů výpočtů vyplývá, že, až na návrh 2, jsou opatření, z hlediska ekonomické výhodnosti, výhodné a dříve nebo později se investice do nich vrátí.

Po finanční stránce je nejvýhodnější návrh 3, ale myslím, že i přes nejkratší dobu návratnosti není nejvhodnějším řešením. Aby mělo smysl budovat PPO, ochrana na dvacetiletou vodu se mi nezdá dostatečná.

Návrh PPO 1, sice ochrání větší území než PPO 3 a více majetku, ale přestože je poměrová efektivnost větší než 1, není to příliš výhodná varianta řešení. Doba návratnosti je dost dlouhá, když jde pouze o ochranu na Q_{20} .

Druhý návrh se ekonomicky nevyplatí. Funkčně se mi zdá sice lepší než PPO 1, chrání území na stoletou vodu, ale vhodný návrh to není.

Zároveň u těchto dvou variant se počítá se zneprístupněním potoka v chatkové části města, kde lidé využívají vodu k zahradním potřebám.

Ve všech variantách není ochráněna řada obytných domů z důvodu, že ploty pozemků prakticky sousedí s korytem potoka a na budování protipovodňových opatření není příliš prostoru. Proto výkazy ohroženého majetku obsahují i řadu bytových objektů i po realizaci. Jde o úsek na kraji města, na druhém břehu toku od tenisových kurtů a fotbalového hřiště. Koryto je v tomto úseku přírodní a není nijak upravováno. Šlo by uvažovat o zkapacitnění koryta alespoň na dvacetiletou vodu, jednalo by se ale také o zásah do soukromých pozemků obyvatel.

Osobně se přikláním ke čtvrtému návrhu řešení. Návratnost není nijak dlouhá, poměrová efektivnost se blíží číslu 2,5 a náklady na realizaci nejsou až tak závratné částky. Tato varianta počítá s ochranou pro průtok Q_{100} . Ochráněné území jsem volila tak, aby došlo k ochraně co nejhustěji osídleného území. Zábrany jsem navrhla tak, aby bránily poškození především panelových domů, kde je velká koncentrace lidí, dále pak sportovišť a průmyslových objektů.

Tabulka 26: Shrnutí výsledků ekonomické efektivity pro jednotlivé návrhy

		PPO 1	PPO 2	PPO 3	PPO 4
investiční náklady [tis. Kč]	I	38996	54198	11522	18003
poměrová efektivity	PU	1.13	0.97	3.34	2.38
absolutní efektivity [tis. Kč]	AU	5045	-1386	26911	24858
doba návratnosti [roky]	DN	30	2934	10	14

Pro PPO 4 jsem vytvořila mapu ohrožení a mapu rizika. Mapy jsou součástí přílohy.

7. Zhodnocení pomocí matice rizika

Pro současný stav a mnou navržené zvolené opatření (PPO 4) jsem vytvořila, pomocí semikvantitativní metody matice rizika, mapy ohrožení a rizika. Mapy jsou součástí příloh.

K tvorbě map jsem použila funkci Rastr Calculator, kde jsem postupně zadávala jednotlivé podmínky. Výslednou mapu jsem vytvořila pomocí funkce Mosaic.

Mapy ohrožení jsem vytvořila pro stoletou povodeň. Zasažené území je rozděleno do tří kategorií podle míry ohrožení. Kategorie se dělí na vysoké, střední a nízké a jsou barevně odděleny.

Z mapy ohrožení vyplývá, že většina nejohroženějších území jsou zemědělské plochy. Navržená opatření chrání budovy určené k bydlení a průmyslové objekty.

Mapy přehledně ukazují míru ohrožení bez ohledu na druh majetku. Nedá se podle nich jasně říci, kde budou škody největší z hlediska ekonomického.

Z map rizika je patrné, že většina obytných a smíšených ploch, které slouží také primárně k bydlení, jsou navrženým opatřením ochráněné. Také veškerá dopravní infrastruktura je mimo ohrožení. Ve vysokém ohrožení zůstávají přírodní a zemědělské plochy, případně plochy určené k rekreaci.

8. Závěr

V bakalářské práci jsem řešila ekonomickou efektivnost protipovodňových opatření ve městě Nýřany. Řešeným tokem byl Vejprnický potok. Stanovila jsem ekonomické ukazatele stávajícího stavu, vytvořila čtyři varianty návrhu PPO, u kterých jsem posoudila ekonomickou efektivnost.

Vycházela jsem z podkladů záplavových území, hloubek zatopení a rychlostí proudění vody pro povodňové průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} .

Pro stávající stav jsem vytvořila mapy ohrožení a rizika.

Tři navržené varianty se z ekonomického hlediska vyplatí, u všech vyjde poměrový ukazatel větší než 1. Po místním šetření usuzuji, že první dvě varianty jsou z části těžko proveditelné. V místech navržených opatření je sice volné místo, ale zároveň jde o přístup lidí ze zahrádek k potoku.

Jako nejvhodnější jsem zvolila variantu PPO 4, pro kterou jsem vytvořila mapy ohrožení a rizika. Tato varianta chrání centrální zástavbu města s panelovými domy, průmyslové objekty a sportovní areály.

Práce s ArcGIS byla velice zajímavá a prohloubila jsem znalosti tohoto systému, které jsem měla z volitelného předmětu. Do budoucna bych s ním chtěla pracovat i nadále.

Literatura a zdroje

- [1] Autorský kolektiv. *METODIKA TVORBY MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK*. Ministerstvo životního prostředí, únor 2019.
- [2] Společnost „Sweco Hydroprojekt+DHI+VRV“. *Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnutí povodňových rizik v povodí Labe- Dilčí povodí Berounky- Technická zpráva- hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí- Vejprnický potok*. Povodí Vltavy. V Praze, prosinec 2019
- [3] ČÚZK. Geoportál ČÚZK. ČÚZK. [Online] 2021. <https://geoportal.cuzk.cz/>
- [4] Geovědní mapy. Geovědní mapy 1:25 000. [Online]. 2021. Geovědní mapy 1 : 25 000 (geology.cz)
- [5] Město Nýřany – Oficiální stránky města Nýřany.[Online]. 2021. <https://www.nyřany.cz/>
- [6] Horský, Martin. *Metody hodnocení potenciálních povodňových škod a jejich aplikace pomocí prostředků GIS*. Disertační práce. Praha. Fsv ČVUT v Praze, 2008
- [7] Mapy.cz. [Online] 2021 <https://mapy.cz/>
- [8] RTS, a.s. Cenová soustava. Cenové ukazatele ve stavebnictví. [Online]. 2021. <http://www.cenovasoustava.cz/>
- [9]

Seznam obrázků

Obrázek 1: Město Nýřany [3]	5
Obrázek 2: Vodní tok- Vejprnický potok [7].....	6
Obrázek 3: Upravené koryto vodního toku v intravilánu	7
Obrázek 4: Koryto v přirozeném stavu	8
Obrázek 5: Lávka pro pěší	8
Obrázek 6: Neupravený úsek koryta se zástavbou.....	9
Obrázek 7: Ploty u koryta toku	9
Obrázek 8: Koryto v rekreační oblasti	10
Obrázek 9: Panelový dům v blízkosti toku	10
Obrázek 10: Rozliv N-letých povodní	11
Obrázek 11: Matice rizika.....	13
Obrázek 12: Graf aktuální výše povodňových škod	20
Obrázek 13: Návrh PPO 1	23
Obrázek 14: Výše škod při N-letých průtocích pro PPO 1	25
Obrázek 15: Návrh PPO 2.....	26
Obrázek 16: Výše škod při N-letých průtocích pro PPO 2	28
Obrázek 17: Návrh PPO 3.....	29
Obrázek 18: Výše škod při N-letých průtocích pro PPO 3	31
Obrázek 19: Návrh PPO 4.....	32
Obrázek 20: Výše škod při N-letých průtocích pro PPO 4	34

Seznam tabulek

Tabulka 1: N-leté průtoky v profilu nad ústím Kbelanského potoka.....	7
Tabulka 2: Výše škod pro stávající stav.....	19
Tabulka 3: Rozsah škod pro stávající stav	19
Tabulka 4: Rozsah zasažení pro stávající stav	20
Tabulka 5: Souhrn škod pro stávající stav	20
Tabulka 6: Výše škod pro PPO 1	24
Tabulka 7: Rozsah škod pro PPO 1	24
Tabulka 8: Rozsah zasažení pro PPO 1.....	24
Tabulka 9: Souhrn škod pro PPO 1	25
Tabulka 10: Výsledky ekonomické efektivity pro PPO 1	25
Tabulka 11: Výše škod pro PPO 2	26
Tabulka 12: Rozsah škod pro PPO 2	27
Tabulka 13: Rozsah zasažení pro PPO 2.....	27
Tabulka 14: Souhrn škod pro PPO 2.....	27
Tabulka 15: Výsledky ekonomické efektivity pro PPO 2	27
Tabulka 16: Výše škod pro PPO 3	29
Tabulka 17: Rozsah škod pro PPO 3	30
Tabulka 18: Rozsah zasažení pro PPO 3.....	30
Tabulka 19: Souhrn škod pro PPO 3.....	30
Tabulka 20: Výsledky ekonomické efektivity pro PPO 3	30
Tabulka 21: Výše škod pro PPO 4	33
Tabulka 22: Rozsah škod pro PPO 4	33
Tabulka 23: Rozsah zasažení pro PPO 4.....	33
Tabulka 24: Souhrn škod pro PPO 4.....	34
Tabulka 25: Výsledky ekonomické efektivity pro PPO 4	34
Tabulka 26: Shrnutí výsledků ekonomické efektivity pro jednotlivé návrhy	36

Seznam příloh

Příloha 1: Mapa rozlivů- stávající stav

Příloha 2: Mapa rozlivů- PPO 4

Příloha 3: Mapa ohroženého majetku- stávající stav

Příloha 4: Mapa ohroženého majetku- PPO 4

Příloha 5: Mapa ohrožení- stávající stav

Příloha 6: Mapa ohrožení- PPO 4

Příloha 7: Mapa rizika- stávající stav

Příloha 8: Mapa rizika- PPO 4

Příloha 9: Vzorové řezy zábranami