

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**JAN HAVELKA**

**STUDIE OBNOVY KLOTZOVA RYBNÍKA V PLZNI**

Bakalářská práce

**2019**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Havelka Jméno: Jan Osobní číslo: 460353  
 Zadávající katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství  
 Studijní program: Stavební inženýrství  
 Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie obnovy Klocova rybníka v Plzni

Název bakalářské práce anglicky: Study of the restoration of fishpond Klocův in Pilsen

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte studii obnovy Klocova rybníka v Plzni - Bolevci. V rámci studie se zaměřte na koncepční a technické řešení obnovy vodní plochy v dané lokalitě. Provedte potřebné výpočty, zpracujte zjednodušenou výkresovou dokumentaci a vypracujte textovou část, která bude zahrnovat též historický vývoj daného území, který lze využít i jako podklad pro návrh.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav DAVID, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 3.10.2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 5.1.2020

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

[Podpis]  
Podpis vedoucího práce

[Podpis]  
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“.*

3.10.2019  
Datum převzetí zadání

[Podpis]  
Podpis studenta(ky)

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji Ing. Václavu Davidovi za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu semestru. Dále bych chtěl velmi poděkovat zaměstnancům společnosti Vodoplan s.r.o., kteří mi umožnili přístup k materiálním podkladům a byli vždy ochotni poradit s daným tématem. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům, mé přítelkyni a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě stavební.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 4. prosince 2019

.....

podpis

**Název práce: Studie obnovy Klotzova rybníka v Plzni**

**Autor:** Jan Havelka

**Obor:** Vodní hospodářství a vodní stavby

**Druh práce:** Bakalářská práce

**Vedoucí práce:** Ing. Václav David Ph.D.

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství K143

Fakulta stavební, ČVUT v Praze

**Abstrakt:** *Tato bakalářská práce se zabývá tématem obnovy zaniklého rybníka na okraji města Plzně, součástí studie jsou výkresy možné obnovy konstrukce, záznamy aktuálního stavu, výpočty návrhových průtoků na objektech nádrže a posouzení vodní bilance. Podkladem studie bylo zaměření skutečného stavu, dále návrhové průtoky ČHMÚ.*

**Klíčová slova:** návrhové výpočty, nový návrh konstrukce, původní konstrukce

*Title:* **Study of the Restoration on fishpond Klotzův in Pilsen**

*Author:* Jan Havelka

*Branch:* Water management and water constructions

*Document type:* Bachelor's thesis

*Thesis advisor:* Ing. Václav David Ph.D.

The Department of Landscape water conservation

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

*Abstract:* This thesis deals with the topic of restoration of a pond situated on the side of suburb in the city of Pilsen. The study includes technical drawings, hydrological calculations and recent situation research. The study is based on the survey of actual situation, data from hydrometeorological institute and basic maps.

*Key words:* *flow calculation*, construction design, recent situation

# Obsah

1. ÚVOD.....	7
1.1. Podklady k projektu .....	8
1.1.1. Lokace nádrže.....	8
2. BOLEVECKÁ SOUSTAVA A KLOTZŮV RYBNÍK.....	9
2.1. Historie bolevecké soustavy rybníků .....	9
2.2. Aktuální stav bolevecké soustavy.....	10
2.3. Historie Klotzova rybníka.....	12
2.4. Terénní průzkum dnešní nádrže.....	14
3. STAVBA NÁDRŽE .....	15
3.1. Majetkoprávní vztahy .....	15
3.2. Návrh .....	15
3.3. Průsak stávajícím tělesem hráze.....	16
3.4. Tvar hráze.....	16
3.5. Opevnění návodního líce.....	16
3.6. Prostor nádrže.....	17
3.7. Sdružený objekt .....	17
3.7.1. Bezpečnostní přeliv .....	17
3.7.2. Materiál konstrukce .....	18
3.7.3. Výpustní objekt.....	18
3.8. Převedení průtoku tělesem hráze.....	19
4. HYDROLOGICKÉ POMĚRY NÁDRŽE.....	21
4.1. Roční přítok.....	21
4.2. Roční odtok.....	21
4.3. Výpar.....	22
4.4. Průsak stávajícím tělesem hráze.....	24
4.4.1. Stanovení materiálu hráze.....	24
4.4.2. Výpočet průsaku .....	25
4.5. Stanovení objemu nádrže.....	26

4.6.	Výpočet bilance nádrže .....	27
4.7.	Výpočet možného odtoku ze sídliště .....	28
4.7.1.	Odvedení vody ze 4. ZŠ .....	29
4.7.2.	Stanovení návrhové srážky .....	30
4.7.3.	Výpočet odtoku z ploch sídliště .....	32
4.8.	Přítok z ostatního území .....	34
4.9.	Stanovení návrhového průtoku nádrže .....	37
5.	ZÁVĚR .....	38
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	39
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	41
	SEZNAM TABULEK .....	41
	SEZNAM PŘÍLOH .....	42



# 1. ÚVOD

Předmětem studie je obnova zaniklého Klotzova rybníka na okraji města Plzně v těsné blízkosti sídlišť Košutka a Bolevec. Tato studie bude využita pro navazující projekt města Plzně prostřednictvím příspěvkové organizace, Správy veřejného statku města Plzně (dále SVSMP), v návaznosti na studii možností zlepšení vodní bilance v povodí Boleveckého potoka vypracované firmou DHI [1]. Jedná se o obnovu původní nádrže, a proto je studie obohacena o historické údaje území.

Studie DHI popisuje pět možností zlepšení vodnosti soustavy Boleveckých rybníků. Vodnost Bolevecké soustavy je v posledních letech na Plzeňsku častým tématem. Toky nemají dostatečnou vydatnost. Tím je omezeno hospodaření na rybnících a zároveň je viditelná snižující se hladina Velkého Boleveckého rybníka, který v Plzni slouží jako veřejné přírodní koupaliště a je během letních měsíců hojně navštěvován obyvateli města. Mezi návrhy využití hlubinného vrtu, čištění a recyklace vody ze splaškové kanalizace, čerpání vody z řeky Berounky a další z těchto návrhů je postupné převádění dešťových vod ze smíšené kanalizace na sídlištích v horních částech povodí do oddílné dešťové kanalizace, které by podpořilo několik zdrojnic rybníční soustavy a mimo jiné i tok v blízkosti boleveckého sportovního střeleckého klubu, který v historii byl na této vodě závislý [1]. Na tomto toku by měl být obnoven Klotzův rybník, o kterém tato studie pojednává.

Povodí toku nad nádrží má rozlohu pouhých 0,32 km<sup>2</sup>, čímž vodnost toku není velmi vysoká a je zde ověřena vodní bilance pro realizovatelnost nádrže se stabilní vodní hladinou. Vodnost toku bude podpořena vodou čerpanou ze sklepních prostor ochranného krytu 4.ZŠ, která je aktuálně čerpána do kanalizace, kde je zbytečná a pouze oslabuje vodnost povodí pro tok.

Klotzův rybník by měl plnit funkci akumulární nádrže pro vodu čerpanou ze 4.ZŠ. Mezi doprovodné funkce nádrže dále patří alespoň mírné zlepšení protipovodňové ochrany toku, nadlepení průtoků v období sucha a zvýšení estetického vzhledu místa. V případě přívalových srážek má nádrž sloužit jako prostor pro předčištění vody dešťovou kanalizací, která by mohla být zřízena v okolí nádrže. Ve studii je ověřena průtočná kapacita propustku procházejícího stávající hrází a navrženého sdruženého objektu na rybníce.

## 1.1. Podklady k projektu

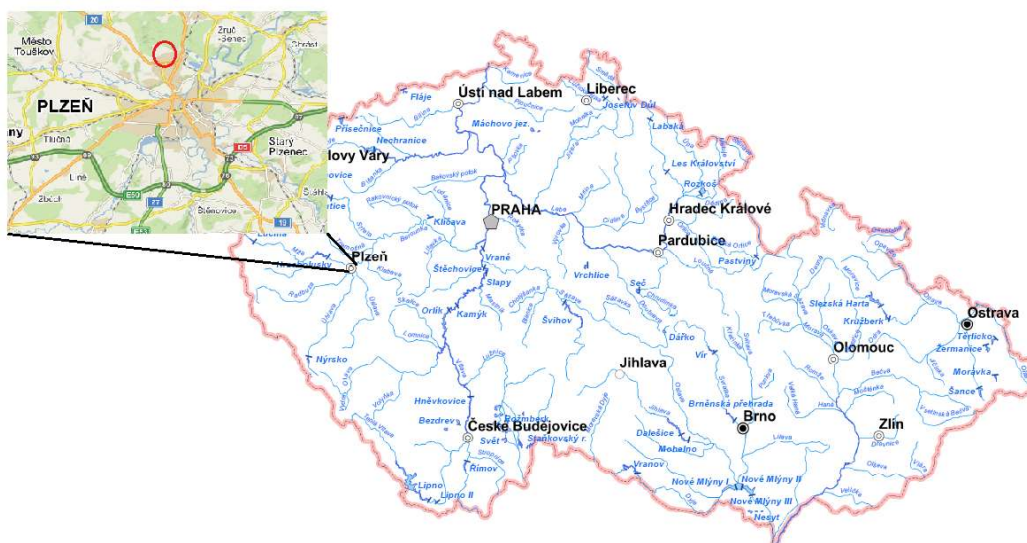
Zaměření skutečného stavu – Pro práci bylo k dispozici zaměření skutečného stavu vypracované geodetickými pracovníky firmy Vodoplan s.r.o. na podzim roku 2019. Toto zaměření bude podkladem stejnojmenné firmě pro vypracování projektové dokumentace pro stavební povolení plánované v roce 2020.

Hydrologická data ČHMÚ – hydrologické údaje povrchových vod byla objednána a pro tuto práci zapůjčena taktéž firmou Vodoplan s.r.o. Hydrologická data bohužel nejsou vztažena k profilu zde řešené hráze, nýbrž hráze rybníka nacházejícího se necelých 500 m po proudu potoka. Hydrologická data byla volena pro daný profil z důvodu realizace dvou projektů zároveň, tedy nádrže a toku pod ní. Mezi profilem naměřených dat a profilem hráze se nenachází žádný další přítok, vzdálenost navíc není příliš velká. Pro studii budou tato data uvažována jako dostatečná, ale pro budoucí projektovou dokumentaci by bylo vhodné vycházet z konkrétních dat.

Existence inženýrských sítí – dalším základním předpokladem jsou polohy inženýrských sítí, které jsou zaneseny do situačního výkresu A.4. Polohy inženýrských sítí byly zapůjčeny společně s výkresem zaměření skutečného stavu.

### 1.1.1. Lokace nádrže

Nádrž se nachází na okraji města Plzně dle obrázku 1 na horní části bezejmenného přítoku Boleveckého potoka. Nad nádrží není tok velmi patrný a až pod Klotzovým rybníkem je plánována jeho obnova směrem ke kaskádě dalších malých nádrží, ze kterých tok po dalších 300 m přitéká do Boleveckého potoka nad Šídlovským rybníkem. Bližší umístění představují zobrazují výkresy A.1 a A.2. a mnohé obrázky v plánu.



Obrázek 1 Umístění nádrže na mapách ČR a Plzně, zdroj: [www.fotokrasyprirody.bolg.cz](http://www.fotokrasyprirody.bolg.cz), [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

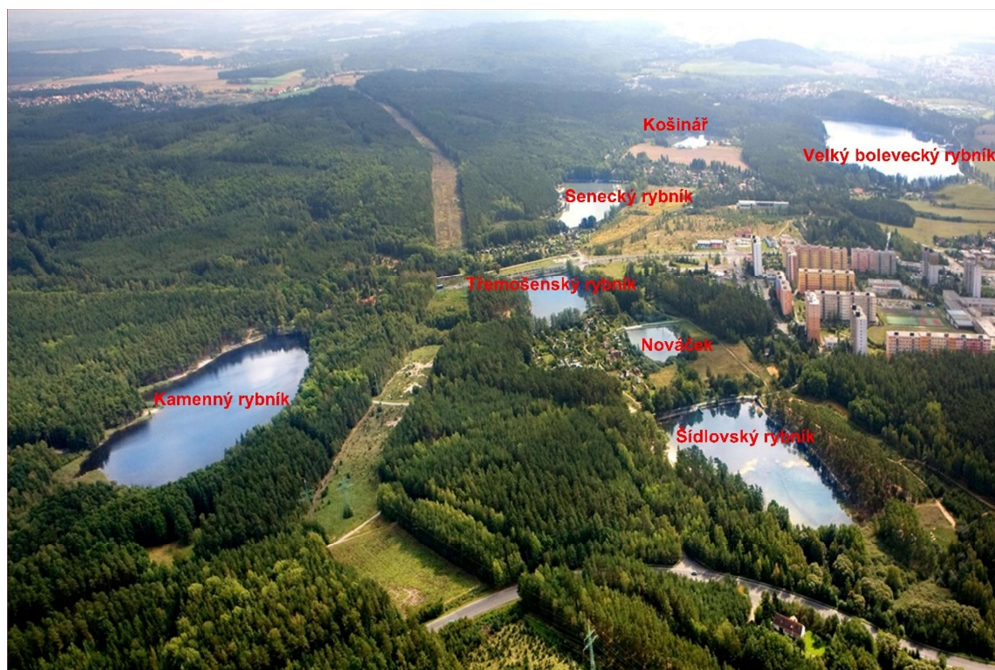
## 2. BOLEVECKÁ SOUSTAVA A KLOTZŮV RYBNÍK

Tato studie vznikla v návaznosti na dlouhodobou problematiku sucha na Bolevecké rybníční soustavě v Plzni. S tímto je zde zaručeně potřeba představit vznik a historii rybníční soustavy, do které obnovovaná nádrž zapadá, a kterou nádrž znovu rozšíří

### 2.1. Historie bolevecké soustavy rybníků

Počátky bolevecké rybníční soustavy se datují k druhé polovině 15. století, kdy byla tehdejší obec Bolevec odkoupena královským městem Plzní od pražské kapituly u sv. Apolináře na Novém městě Pražském. Po převedení pozemků bylo možné započít stavbu rybníků na malém bezvýznamném levostranném přítoku řeky Mže, dnešním Boleveckém potoce. Konkrétní stavba Velkého boleveckého rybníka je pravděpodobně datována na rok 1460. Dalšími dnes dochovanými rybníky postavenými ve stejné době jsou rybníky Košinář, Senecký, Nováček a Šídlavský. K těmto rybníkům patřilo ještě několik malých, dnes zaniklých, rybníků, které tvořily významnou lokalitu pro chov ryb na Plzeňsku. Množství rybníků se pak postupem času rozrostlo až na 30 rybníků spadajících do správy Města Plzně a městského rybníkářství, mezi kterými významná většina rybníků byla z Bolevecké soustavy, na které jsou dodnes umístěné městské sádky pod rybníkem Košinářem [2]. S postupujícími lety rybníky střídavě měnily své využití, a dokonce v době vlády Josefa II bylo uvažováno zrušení některých rybníků a využití ploch pro polní hospodářství [3]. Na přelomu 19. a 20. století získaly rybníky význam především pro rozrůstající se podnik dnes známého Plzeňského pivovaru, který využíval soustavu rybníků pro výrobu ledu využívaného ve sklepích pivovaru [3]. Jeden z menších je dodnes s ledařským řemeslem vzpomínán svým názvem U Ledárny. S nástupem novějších trendů se v poslední době soustava především orientuje k rekreačnímu a sportovnímu charakteru nádrží a více vzdálené rybníky od města jsou stále využívány pro chov vánočních kaprů.

## 2.2. Aktuální stav bolevecké soustavy



Obrázek 2 Hlavní část Bolevecké soustavy z leteckého snímku. zdroj: SVSMP

V dnešní době se rybníční soustava, jejíž hlavní část je zobrazena na obrázku 2, stala především rekreační oblastí pro obyvatele města Plzně. Obyvatelé města Plzně se k rybníkům jezdí v létě koupat, okolo rybníků jsou stánky s občerstvením a naučné stezky. Hlavním tématem a stěžejní věcí se stal Velký Bolevecký rybník, který se Správa veřejného statku města Plzně (SVSMP) snaží v posledních letech přetvořit na přírodní koupaliště s kvalitní čistou vodou.

Rybník dříve zápasil v letních měsících s velkým množstvím sinic. Pro zvýšení kvality vody bylo zapotřebí omezit množství ryb v rybníce vytvářejících znečištění, a naopak zvýšit množství flory a jiných organismů pro přirozené čištění vody. Rybník byl tak podle projektu pana RNDr. Jindřicha Durase Ph.D. odloven o většinové množství ryb, a následně byla pomocí koagulace síranem hlinitým zvýšena průhlednost vody. Síran měl svou schopností navázat volně plovoucí částice ve vodním sloupci, především pro čistou vodu nevhodný fosfor, a klesnout s nimi na dno. Zde měl vytvořit dnovou vrstvu, do které byl fosfor uzavřen. Tím zpřístupnil rybník organismům, které přirozeně filtrují vodu, jako jsou vířníci a perloučka. S následujícími lety se za pomoci rostlin, na kterých přisedají tyto organismy, prvoků, měkkýšů a dalších organismů podařilo redukovat množství sinic a řas na téměř nulové hodnoty a kvalita vody v rybníce v některých dnech dokonce dosáhla hodnot pitné vody. Následně rostliny v rybníce s velkým množstvím světla začaly velmi dobře růst a po pár letech některé z nich začaly bez problémů dorůstat až k hladině. V ohledu na čistou vodu v aktuální době není porost příliš přemnožen díky redukci vodním Harvestorem (strojem určeným ke kosení vodních

roślin) a porost díky tomu funguje správně jako přírodní filtrace vody v rybníce. Návštěvníci rybníka jsou bohužel s rostlinami často nespokojeni, především při plavání v místech, kam Harvester nezajíždí nebo nestihl zastřihnout porost. Následně tyto rostliny návštěvníci názvem chybně zaměňují za mořské řasy [4].

Se změnou klimatu a opakujícími se letními suchy se Bolevecká soustava bohužel v posledních letech potýká s velkým úbytkem vody, kterému se správa soustavy snaží zamezit účelným hospodařením na rybnících a dalšími opatřeními. U Velkého Boleveckého rybníka a ostatních rybníků hladina vody klesla o desítky centimetrů a žádný z rybníků na Bolevecké soustavě již nebyl mnoho let vypuštěn z oprávněné obavy, že by se voda do něj dlouho nebo možná nikdy nevrátila. S ohledem na rekreační význam oblasti vedení městského zastupitelstva zadalo zhotovení studie pro návrat vody do bolevecké soustavy firmě DHI a.s. [1].

Ve studii vytvořené firmou DHI, která byla jedním ze zdrojů informací této práce, je zjištěna viditelná souvislost výstavby obytných ploch s úbytkem vody v povodí. Proto jedním z nejzásadnějších kroků je změna systému kanalizace těchto obytných ploch, kde je dešťová voda odváděna z povodí potoka přes ČOV rovnou do řeky Berounky. Studie DHI popisuje jako zdroj vody především oblast domů na Zavadilce ve větší blízkosti Velkého Boleveckého rybníka [1]. S navázáním této myšlenky lze využít i oblasti sídlišť Bolevec a Košutka. Tyto dvě sídliště geograficky spadají do povodí Boleveckého potoka. Na ploše obou sídlišť je s dešťovými srážkami nakládáno pomocí smíšené kanalizace, čímž voda odtéká přes odlehčovací komory přímo do řeky Berounky. V Případě využití oddílné kanalizace by bylo možné dešťové srážky z ploch komunikací a střech odvést do Klotzova rybníka nebo dalších částí toku, který pod ním dále pokračuje. Tím by voda přirozeně odtékala do Bolevecké soustavy rybníků.

Dalším možným zdrojem vody v soustavě je využití artézského vrtu konkrétně nad rybníkem Košinářem. Zde již dnes stojí zmiňovaný vrt využívaný pro jímání vody. Vrt byl vybudován jako havarijný zdroj užitkové vody se specifickou vydatností 1 l/s. Aktuální jímání vody pro boleveckou soustavu je povoleno vodohospodářským úřadem na 0,5 litru za sekundu po dobu čtyř měsíců z roka. Pro zlepšení by již pomohlo jen zvýšit hodnotu jímání aktuálního vrtu na vyšší hodnotu specifické vydatnosti (jeden litr za sekundu) po dobu celého roka nebo v lepším případě zvýšit přestavbou kapacitu vrtu na vyšší průtok. Tyto možnosti jsou ovlivněny dalšími čerpacími zkouškami a průzkumy [1]. Na základě vhodných hydrogeologických průzkumů by mohlo být možné využít artézskou vodu i v dalších prostorech povodí. Můžeme předpokládat, že na prostoru celé Bolevecké soustavy nebude pouze jediné vhodné místo pro jímání artézské vody u nádrže Košinář.



Další vodou v povodí zmiňovanou ve studii je voda odčerpávaná z podzemních prostor 4. základní školy, právě na území Košuteckého sídliště. Jedná se také o méně vydatný zdroj s celoroční průměrnou hodnotou 0,26 litrů za sekundu. Tato voda je v dnešní době odčerpávána přímo do smíšené kanalizace, aktuálně je ale vyhledávána lepší využitelnost i pro tuto vodu. Ve studii byla zmíněna možnost převedení vody do Klotzova rybníka, který by mohl být obnoven [1]. Za pomoci této vody by nádrž získala stálý zdroj vody nezávisle na hydrologických poměrech povodí. Správce by se poté nemusel bát nádrž vypustit.

44 čtvrtá a pátá možnost získání vody podle studie vyplývá z vody čerpané z prostor plzeňské čistírny odpadních vod. Zde třetí varianta popisuje možnost vytvoření mělkých vrtů v blízkosti řeky Berounky, kde by se voda z koryta řeky, přefiltrována půdním profilem, mohla jímat a po následném dočištění čerpat soustavou potrubí do boleveckých rybníků. Čtvrtá a asi nejvíce komplikovaná varianta poukazuje na přímé využití vody vypouštěné z ČOV, která by následně pomocí membránových filtrací mohla být dočištěna a shodným čerpacím systémem odváděna do soustavy rybníků [1]. Tyto dvě varianty nabízejí velké množství vody, která by soustavě zaručeně pomohla. Na druhou stranu je třeba předpokládat velké investiční a provozní náklady těchto řešení, které by mohly zbytečně zatížit rozpočet města. Pro účinnost je dobré nad těmito návrhy uvažovat, ale v případě levnějších možností získání vody by bylo vhodné je nevyužívat.

### 2.3. Historie Klotzova rybníka

Klotzův rybník do Bolevecké soustavy geograficky zapadá, avšak historicky tomu tak není. Vzhledem k velikosti díla není velmi snadné najít informace o rybníku a ve většině případů se jeho tematice v každém historickém díle věnuje pouze jedna či dvě věty. Klotzův rybník byl pravděpodobně vybudován spolu s Klotzovou cihelnou koncem 19. století. Tato cihelna byla vyhlášena speciálními, ručně vyráběnými, cihlami pro významné stavby v Plzni a také na převážnou část původní splaškové kanalizace.



Obrázek 4 - Letecký snímek 1956, zdroj: [www.gis.plzen.eu](http://www.gis.plzen.eu)



Obrázek 3 - Letecký snímek 1967, zdroj: [www.gis.plzen.eu](http://www.gis.plzen.eu)

Vlastníkem byl pan Ing. František Klotz, který využíval rybník pro soukromý chov kaprů pro restauraci, která stála u rybníka. Po první světové válce byla cihelna převedena na Emanuela Klotze a výroba se přesunula do dnešní ulice Karlovarská, kde v chátrajícím stavu stojí cihelna dodnes. Restaurace s rybníkem na místě stála do roku 1966, kdy byla odstraněna. V dnešní době na místě původních budov stojí budova sportovně střeleckého oddílu [5].



Obrázek 5 - Letecký snímek 1972, zdroj: [www.gis.plzen.eu](http://www.gis.plzen.eu)

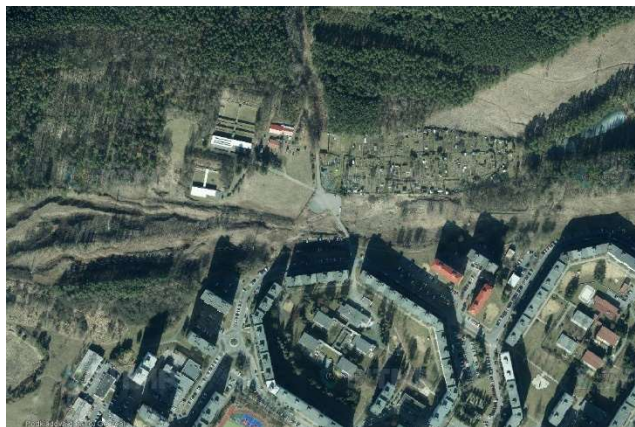


Obrázek 6 - Letecký snímek 1982, zdroj: [www.gis.plzen.eu](http://www.gis.plzen.eu)

Vývoj daného území dobře popisují letecké snímky přístupné na webové aplikaci města Plzně. Zde je krásně vidět změna období kdy byl rybník využíván společně s restaurací a následná změna území s výstavbou střelnice a sídliště. Letecké snímky jsou z let od roku 1956 až do dnešní doby v přibližně desetiletých krocích [6]. Na obrázku 4 je vidět rybník s ještě stojící budovou restaurace. Na dalším obrázku 3 již chybí budova restaurace a v blízkosti stojí nový areál sportovně střeleckého klubu. S dalším obrázkem 5 z roku 1972 není v oblasti kolem nádrže zřetelná žádná změna ve výstavbě či využití. Na Následném obrázku 6 z roku 1982 je již vidět počátek výstavby sídliště v bezprostřední blízkosti nádrže a zároveň rozšíření areálu střelnice. Na obrázku 8 je již vidět sídliště ve finální formě a počátek využívání prostoru druhé strany toku pod nádrží jako zahrádkářské kolonie. Poslední snímek na obrázku 7 zobrazuje dnešní snímek nádrže včetně všech předchozích změn v okolí. Nádrž je již dlouho nevyužívána a zarostlá vegetací.



Obrázek 8 - Letecký snímek 1988, zdroj: [www.gis.plzen.eu](http://www.gis.plzen.eu)



Obrázek 7 - Letecký snímek 2019, zdroj: [www.gis.plzen.eu](http://www.gis.plzen.eu)



## 2.4. Terénní průzkum dnešní nádrže

V dnešní době je nádrž již dlouhou dobu neudržována a zarůstá vegetací. Stav nádrže popisují následující fotografie. V prostoru nádrže nejsou udržovány žádné větší stromy z důvodu elektrického vedení vedeného nad nádrží, čímž není nutný předpoklad kácení či přesunu stromů. Vegetace je do určité výšky pravidelně redukována správcem elektrického vedení. Díky tomu se v nádrži vyskytují hlavně křoviny. K dispozici jsou snímky z dnešního dne a z doby těsně po jedné údržbě správcem sítí z roku 2007. Obrázek 9 z roku 2007 vytváří lepší představu zátopy nádrže. Obrázek 10 z roku 2007 zobrazuje polohu a stav propustku, který se od té doby nijak významně nezměnil. Obrázek 12 zobrazuje dnešní stav nádrže s vegetací, jejíž údržba bude před realizací nutná. Na obrázku 11 je vidět zarostlý prostor pod nádrží kde bude v návaznosti na realizaci nádrže nutno znovu vytýčit tok. Nad nádrží není tok velmi patrný.



Obrázek 9 – Vzhled nádrže po vegetační úpravě 2007, zdroj: archiv SVSMP



Obrázek 10 – Zděný propustek 2007, zdroj: archiv SVSMP



Obrázek 12 - Dnešní vzhled nádrže, zdroj: vlastní foto



Obrázek 11 – Tok pod nádrží, zdroj: vlastní foto



## 3. STAVBA NÁDRŽE

### 3.1. Majetkoprávní vztahy

Původní nádrž se nachází v Katastrálním území Bolevec (722120). Především na parcele č.1679. V reálné rekonstrukci je potřeba uvažovat pro využití především pozemků ve vlastnictví možného investora, kterým je Statutární město Plzeň. Proto přiřazená příloha A.3 (katastrální výkres), znázorňuje pozemky vlastněné městem Plzní. Na tomto výkresu je vidět, že pozemky města Plzně jsou dostatečně rozsáhlé a neměl by být problém s uložením materiálu, odstavení techniky při realizaci nebo zřízením zázemí staveniště. Využití soukromých pozemků v okolí by mohlo dobu realizace nádrže prodloužit. Odkoupení jednotlivých pozemků nemusí být vždy z obou stran chtěné a prospěšné. Další nevýhodou by bylo zvýšení ceny realizace a nutných pořizovacích nákladů. Návrh obnovy nádrže, i přes zvětšení původní vodní plochy, zůstává situován na pozemcích města Plzně a neměl by ostatní pozemky nijak ovlivnit. Žádný návrhem uvažovaný pozemek nespadá do kategorie pozemků chráněných využitím, jako je zemědělský půdní fond nebo jiné. Díky této informaci nebude nutno žádat o vynětí a poplatky s tím spojené, které by opět zvyšovali cenu realizace.

### 3.2. Návrh

Navrhovaný rozsah nádrže je zobrazen v příloze A.4. (situační výkres) Pro návrh je uvažován prostor vymezený hrází a zátopou původní nádrže, rozšířenou o ve velké míře nenáročné terénní úpravy. Největší terénní změny jsou předpokládány v blízkosti přelivného objektu pro umožnění jeho správné funkce. Maximální hloubka je ovlivněna propustkem, kterým voda bude odtékat ven z nádrže. Jako bezpečnostní přeliv je navržena kašna, kterou bude odtékat voda do stávajícího propustku a dále do toku. Pokračující tok není v dnešní době příliš patrný a v návaznosti na obnovu nádrže bude nutné znovu vytýčit koryto pod nádrží. Základní rozměry nádrže jsou hloubka kolem 1,1m, vodní plocha hladiny stálého nadržení 1233 m<sup>2</sup> a objem cca 668 m<sup>3</sup>. Tyto rozměry jsou spočítány v kapitole 4.3 a 4.5. Pro návrhový průtok je použita hodnota z kapitoly 4.9. Vyšší zvolený průtok byl stanoven na 3,57 m<sup>3</sup>/s. ostatní hydrologické poměry jsou stanoveny taktéž v kapitolách hydrologie nádrže. Výpustní a přelivný objekt je inspirovaný rybníkem Košinářem nacházejícím se ve stejné rybníční soustavě. Sdružený objekt rybníka Košináře při zvýšeném vodním stavu je možno vidět na obrázku 13 níže. Vzhledem k velkému množství sítí vedených nad pozemkem konstrukce budou muset stroje, používané při rekonstrukci, být vybrány a následně s nimi bude muset být manipulováno s ohledem na výšku elektrického vedení. Před stavbou bude směrodatné vyjádření správce těchto sítí.



Obrázek 13 - Přelivný objekt rybníka Košináře za zvýšeného vodního stavu, zdroj: archiv SVSMP

### 3.3. Průsak stávajícím tělesem hráze

Výpočet průsaku řešen v kapitole hydrologie nádrže, a proto zde není výpočet opakován. Výpočet průsaku řeší kapitola 4.4 včetně geologické charakteristiky. S Průsakem souvisí obvykle realizace patního drénu. S ohledem na velmi pozvolný sklon vzdušného líce a jeho velkou mocnost není v návrhu patní drén zamýšlen. V okolí propustku, kde je návodní líc nejslabší není stálá hladina nadržení vzhledem k rozsahu přelivného objektu, a tak ani v těchto místech nebude patní drén velmi nutný.

### 3.4. Tvar hráze

Tvar konstrukce hráze nebude výrazně měněn vzhledem k dobré stabilitě a již dříve funkčnímu tvaru. Na návodním líci je navržena změna sklonu podle normy ČSN 75 2410, kde je pro zeminy SM doporučen sklon 1:3 [7]. Vzdušný líc je sklonem výrazně nad normou, a tak na většině konstrukce nebude rekonstrukce nutná. V návrhu je přebytečná zemina získaná z prostoru nádrže umístěna na vzdušný líc, kde ještě více podpoří jeho konstrukci. Tvar hráze popisují přílohy B.3 a B.4. Rozsah využití přebytečné zeminy je zobrazen pouze v příloze B.3. Přesná poloha a plocha umístění této zeminy je přenechána k dalšímu stupni realizace.

### 3.5. Opevnění návodního líce

Návodní líc po úpravě sklonu bude následně opevněn lomovým kamenem frakce 64-128 mm. A pod ním filtry 16-32 mm pro zabezpečení proti vyplavování materiálu hráze. Toto opevnění by mělo být více než dostačující pro ochranu hráze před vlivem stálé vodní hladiny a mírného vlnobití. Skladbu a tvar opevnění popisují přílohy B.3 a B.4.

### 3.6. Prostor nádrže

Prostor nádrže bude zvětšen dle přílohy A.4 zemními pracemi. Nejvíce rozšířenými částmi bude oblast kolem přelivného objektu a sever-východní část zátopy. Prostor nádrže bude vyspádován směrem k nově navržené rybniční strouze ve sklonu 1 %. Niveleta toku bude upravena podle podélného profilu přílohy B.1. Okraje nádrže budou upraveny ve sklonech: 1:1,5 nad úrovní maximální hladiny a 1:3 pod tuto hladinou. Tvar zátopy popisují přílohy A.4 a B.2. Svahy budou následně osety pro zvýšení stability. Do prostoru nádrže by v budoucnu mohla být přivedena stoka dešťové kanalizace. Místo tohoto vtoku zatím není určeno, protože jeho pozice bude závislá především na trase dešťové kanalizace.

### 3.7. Sdružený objekt

Pro výpust zde bude řešen sdružený objekt spodní výpusti a bezpečnostního kašnového přelivu. Kašnový přeliv je volen půlkruhový s poloměrem pět metrů, ve kterém bude nainstalován požerák o šířce 0,75 metru. Voda v kašně bude odváděna nejnižším bodem do stávajícího cihelného propustku a následně do prostoru pod nádrží. Sklon toku je příhodný pro rekonstrukci nádrže a vzdušní líc by neměl být zatopen spodní vodou ani při povodňových průtocích. Výkresem objektu se zabývá příloha B.5.

#### 3.7.1. Bezpečnostní přeliv

Jak je výše uvedeno jedná se o půlkruhový kašnový bezpečnostní přeliv s délkou přelivné hrany 13,75metu. Tloušťka stěny je 0,6m a včetně bočních kontrakcí by měl přeliv bezpečně převést 100letý průtok dle výpočtu konzumční křivky. Výpočet bezpečnostního přelivu je počítán rovnicí pro výpočet obdélníkového přelivu [8]. V tabulce 1 je souhrn vypočtených hodnot, ze kterých je realizována konzumční křivka v obrázku 14.

$$Q = m * b_0 * \sqrt{2 * g} * h^{\frac{3}{2}}$$

$$b_0 = b - 0,1 * \sum \xi * h$$

$$m = \left( 0,405 + \frac{0,027}{h} - 0,030 * \left( 1 - \frac{b}{B} \right) \right) * \left( 1 + 0,55 * \left( \frac{b}{B} \right)^2 * \left( \frac{h}{h+s} \right)^2 \right)$$

$b$  = šířka přelivné hrany [m]

$h$  = výška přepadového paprsku [m]

$\xi$  = konstanta ztráty kontrakcí [-]

$b_0$  = šířka přelivné hrany snižená o boční kontrakce [m]

$g$  = tíhové zrychlení 9,81 [m/s<sup>2</sup>]

$B$  = šířka před přelivem

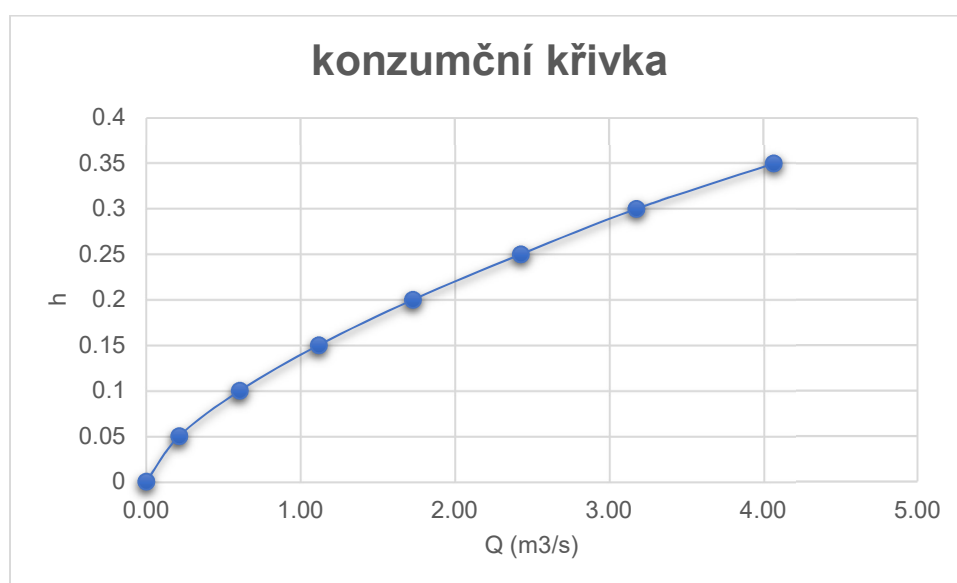
$Q$  = průtok přes přelivnou hranu [m<sup>3</sup>/s]

$m$  = přepadový součinitel [-]

$s$  = výška ode dna k přepadové hraně [m]

$h_0$ [m]	$m$ [-]	$b_0$ [m]	$B$ [m]	$Q$ [m <sup>3</sup> /s]
0	0,00	13.75	13.75	0,00
0.05	0,406	13.75	13.73	0.21
0.1	0,407	13.75	13.71	0.61
0.15	0,409	13.75	13.69	1.12
0.2	4,411	13.75	13.67	1,73
0.25	0,414	13.75	13.65	2,43
0.3	0,413	13.75	13.63	3.18
0.32	0,418	13.75	13.62	3,57
0,35	0,420	13,75	13,61	4,07

Tabulka 1-Hodnoty výšek a průtoků přepadového paprsku bezpečnostního přelivu



Obrázek 14 - Průběh konzumční křivky

Výška přepadového paprsku je vypočtena na 32,5 cm, ve výkresech zaokrouhleno na 35 cm. Dno kašny je vyspádováno ve sklonu 5 % do střední části, kde je umístěno koryto trojúhelníkového tvaru se stěnami ve sklonu 1:2 a výšky 200 mm.za přepadem navazuje přeliv na původní propustek, kterým je voda odváděna do oblasti pod nádrží.

### 3.7.2. Materiál konstrukce

Přelivný objekt je navržen z lomového kamene částečně opracovaného do vodostavebního betonu C30/35. Zdivo i dlažba jsou navrženy stejným materiálem.

### 3.7.3. Výpustní objekt

Výpustní objekt je navržen jako prefabrikovaný dvoudlužový železobetonový požerák o rozměrech 750/750 mm [9]. Výška dle velikosti konstrukce 2,3 m s odpadním otvorem ve velikosti 300 mm. Za odpadním otvorem navazuje koryto kašnového přelivu. Pro revize a

obsahu je třeba navrhnout možnost bezpečného přístupu k požeráku za různých vodních stavů. Pro tento úkol se mohou jevit jako vhodné tři varianty:

- První variantou je vytvořit železnou lávku z koruny hráze na požerák. Tato varianta je nejčastěji užívaná vzhledem k účinnosti. Pomocí lávky je požerák přístupný za všech vodních stavů i v zimních obdobích a při použití zábradlí a vhodného pochozího povrchu je i dostatečně bezpečná. Jedinou nevýhodou této konstrukce může být estetický vzhled který u menších nádrží, jako je zde řešená nádrž, může působit velmi nepříroze a rušivě.
- Druhou variantou je vytvořit schodiště dolů a nahoru do kašny a požeráku, které by neomezovalo funkci propustku a zpřístupnilo tak požerák s použitím nejmenšího zabránění prostoru objektu. Tato varianta může působit příjemně esteticky tím, že nepůsobí jako velký objekt, ale velmi zkomplikuje obsluhu při povodňových stavech.
- Třetí variantou může být ponořená lávka několik centimetrů pod úrovní vody vedená ze strany nebo vykonzolováním v objektu přelivu až před výpustní objekt. Tato varianta může působit elegantně a esteticky velmi příjemně. Omezí přístup k požeráku náhodným návštěvníkům, ale zároveň je nekomfortní v přístupu i pro obsluhu konstrukce. Může být velmi nevhodná pro zimní měsíce, kdy hladina zamrzne. Navíc při povodňových situacích může být velmi nejistý a nebezpečný pohyb kolem hrany přelivu.

Z těchto variant je i přes horší estetické hledisko nejlepší první varianta především ve využitelnosti a bezpečnosti obsluhy během celého roku za jakéhokoliv počasí či vodního stavu. Je tedy vybrána ocelová lávka z ocelového I profilu. Pochozí vrstva z ocelového roštu a zábradlí z ocelových trubek do výšky 1,2 m. Výpustní objekt je zobrazen v příloze B.5.

### **3.8. Převedení průtoku tělesem hráze**

Součástí tělesa hráze je zděný propustek původní konstrukce. Předpokladem je, že všechna voda při povodňovém stavu i při vypouštění nádrže bude odvedena propustkem do území pod hrází. Celým sdruženým objektem a propustkem je voda odváděna v trojúhelníkovém korytě se stěnami v poměru 1:2 a hloubce 0,2 m. Kritickým místem pro průtok je prostor propustku, a proto je nutné ověření jeho kapacity, aby byl schopen převést návrhový průtok 3,57 m<sup>3</sup>/s. V propustku je navržena úprava dna a trojúhelníkovitého koryta dle parametrů shodných s kašnou pro plynulé převedení průtoku. Propustek v dnešní době nemá žádnou stabilní pevnou vrstvu dna či koryta a jeho prohloubení může být provedeno dle potřeby návrhu.

Ve výpočtu je propustek počítán výpočtem pro rovnoměrné proudění v korytě za předpokladu, že žádná část propustku není zatopena. Výpočet kapacity je stanoven pomocí Chézyho rovnice pro výpočet rovnoměrného proudění [10].

$$Q = C * \sqrt{R} * i$$

$$C = \frac{1}{n} * R^{\frac{1}{6}} \quad R = \frac{S}{O}$$

$Q$  = průtok profilem [ $m^3/s$ ]

$R$  = hydraulický poloměr [ $m$ ]

$C$  = Chézyho rychlostní součinitel [-]

$S$  = plocha zatopeného profilu [ $m^2$ ]

$O$  = omočený obvod [ $m$ ]

$n$  = součinitel drsnosti [-] dle tabulky [11]

$y$  = výška hladiny [ $m$ ]

Hodnoty ploch  $S$  a  $O$  jednotlivých hloubek jsou spočítány měřicími nástroji v programu autoCAD. V tabulce 2 níže je možno vidět vypočtené hodnoty kapacity propustku pro jednotlivé výšky hladin.

Y [m]	S [m <sup>2</sup> ]	O [m]	R [-]	N [-]	C [-]	v [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]
0.05	0.0025	0.07	0.04	0.035	16.37	0.44	0.00
0.1	0.01	0.14	0.07	0.035	18.37	0.69	0.01
0.2	0.04	0.28	0.14	0.035	20.62	1.10	0.04
0.3	0.09	0.42	0.21	0.035	22.06	1.44	0.13
0.62	0.66	3.25	0.20	0.03	25.53	1.62	1.06
1.2	2.09	7.19	0.29	0.03	27.12	2.07	<b>4.31</b>

Tabulka 2 - Výpočet kapacity propustku

$$4,31 \text{ m}^3/\text{s} > 3,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kapacita propustku výrazně převyšuje hodnotu návrhového průtoku. Tím je potvrzena kapacita propustku a povodňové průtoky budou s přehledem a bezpečně převedeny do území pod nádrží bez potřeby dalšího bezpečnostního přelivu. Pro dokonalejší ověření by bylo možné výpočet ověřit modelovacími programy, které popisují průběh nerovnoměrného proudění především u nátoku do propustku. Hodnota hladiny 0,62m představuje nejvyšší úroveň hladiny, při které voda nedosáhne původní klenby. Hladina 0,62 je dostačující pro návrhový průtok  $Q_5$  a díky tomu nebude původní klenba často namáhána a její poškození bude hrozit jen výjimečných stavech, které by v krátké době trvání měla vydržet. Nní uvedn výpočet nerovnoměrného proudění z důvodu velkého rezervy v průtocíc. Dále za propustkem je koryto ponecháno neopevněné ve tvaru trojúhelníku a poměru stran 1:2, výšky 0,3 m. Dalším předpokladem bude návaznost projektové dokumentace nádrže a úpravy téměř zaniklého toku pod ní. V návrhu studie je opevnění dna navázáno ještě ve dvou metrech délky za propustkem zakončené stabilizačním pasem.

## 4. HYDROLOGICKÉ POMĚRY NÁDRŽE

### 4.1. Roční přítok

Pro ověření napuštění nádrže a následné udržitelnosti vody v nádrži jsou použita M-denní data ČHMÚ uvedená v příloze C.1 hydrologická data ČHMÚ pro bezejmenný tok 1-10-04-0030-0-00 v Plzni, křížení toku s ulicí Ke Krkavci. Pro výpočet je ze stejné přílohy využita hodnota  $Q_a = 1,4$  l/s. Tato hodnota představuje celkový roční průměrný průtok v potoce protékajícím nádrží. Výpočet je proveden jako jednoduchý násobek průtoku časem po dobu celého roka

$$V_p = Q_a * t$$

$Q_a$  = průměrný průtok v korytě toku. [ $m^3/s$ ]

$t$  = čas odtékání průtoku [ $s$ ]

$$t = 365 * 24 * 60 * 60 = 31\,536\,000 \text{ [s]}$$

$$V_o = 0,0014 * 31\,536\,000 = 44\,150 \text{ m}^3$$

Výsledek objemu, který přiteče za celý rok do nádrže je **44150 m<sup>3</sup>**.

### 4.2. Roční odtok

Pro roční odtok bude uvažována hodnota minimálního zůstatkového průtoku. Minimální zůstatkový průtok je hodnota průtoku, který musí z nádrže minimálně odtékat po dobu celého roku. Hodnota průtoku je upravena dle Metodického pokynu MZP (Ministerstva životního prostředí) [12].

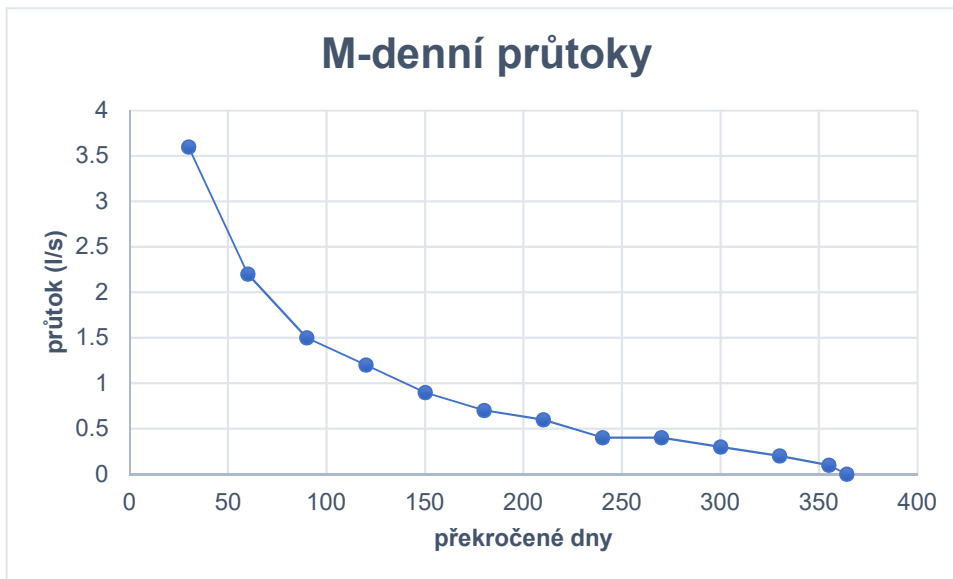
průtok Q355d	minimální zůstatkový průtok
< 0.05 m <sup>3</sup> /s	Q330d
0.05-0.5 m <sup>3</sup> /s	(Q330d+Q355d) x 0.5
0.5-5 m <sup>3</sup> /s	Q355d
> 5 m <sup>3</sup> /s	(Q355d+Q364d) x 0.5

Tabulka 3 - Tabulka určení min. zůstatkového průtoku, [12]

Výše uvedená tabulka 3 představuje směrné hodnoty MZP, které jsou závazné, pokud nejde o zvláštní případy. V těchto případech určí hodnotu MZP jinak dle metodického pokynu [12]. V tomto případě není uvažováno, že jde o zvláštní případ. V tabulce 4 níže je vidět překročení M-denních průtoků dle přílohy C.1.

M-denní	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	tř
průtok [l/s]	3.6	2.2	1.5	1.2	0.9	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0	IV.

Tabulka 4 - Překročení M-denních průtoků, zdroj: příloha



Obrázek 15 - průběh M-denních průtoků

Na výše uvedeném obrázku 16 je tabulka převedena do podoby grafu. Jako minimální zůstatkový odtok pro výpočet je dle tabulky 3 uvažováno zachování  $M_{330d}$  po dobu celého roka. Hodnota  $M_{330d}$  je převzata z tabulky 2 hodnot ČHMÚ, tedy **0,2 l/s**.

$$V_o = Q_{330d} * t$$

$Q_{330d}$  = minimální zůstatkový průtok pro oblast pod nádrž vyjádřený hodnotou  $Q_{330d}$  přitékající do nádrže = 0,0002 [m<sup>3</sup>/s]

$t$  = čas odtékání minimálního zůstatkového průtoku

$V_o$  = Objem odtoku

$$t = 365 * 24 * 60 * 60 = 31\,536\,000 \text{ [s]}$$

$$V_o = 0,0002 * 31\,536\,000 = 6307,2 \text{ m}^3$$

Výsledek minimálního ročního odtoku nádrže je stanoven na **6307,2 m<sup>3</sup>** vody.

### 4.3. Výpar

Další významný vliv na vodu v nádrži může mít výpar z volné vodní hladiny, který je spočítán pomocí empirického vzorce publikovaného Mgr. Šohájkovou a kolektivem na webové stránce vtei.cz [13].

$$VVH = 0,0824 * T_{vzd}^{1,289}$$

$VVH$  – Výpar z volné vodní hladiny [mm/den]

$T_{vzd}$  – průměrná měsíční teplota (dle tabulky níže) [°C]

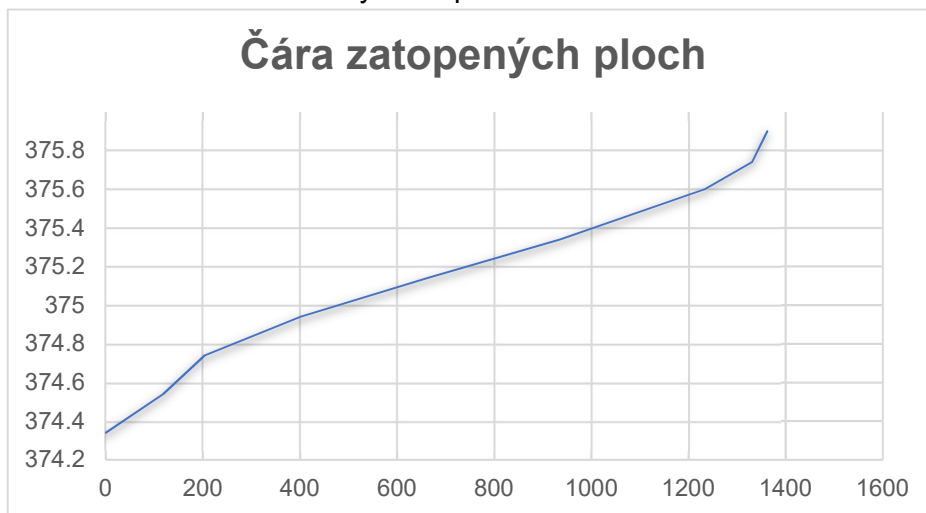


průměrná měsíční teplota												
měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
teplota °C	-0.2	0.4	4.5	10	13.9	17.9	19.7	18.7	14.4	9.2	4.5	1

Tabulka 5 - Průměrná měsíční teplota v místě Plzeň Košutka, zdroj: [www.in-pocasi.cz](http://www.in-pocasi.cz)

Tabulka 5 ukazuje rozdělení průměrných měsíčních teplot a je převzata z webové stránky In-pocasi.cz [14]. Hodnoty z měsíce ledna nebudeme uvažovat do výpočtu, protože teplota se nachází pod bodem mrazu a výsledek by nám v záporném čísle vytvářel chybu. Sublimace ze zamrzlé vodní hladiny je oproti výparu ostatních měsíců nevýznamnou hodnotou a tím jeho absence nebude velmi narušovat celkový výpočet.

Pro výpočet objemu ročního výparu je potřeba odvodit plochu volné hladiny nádrže při stálém nadržení. Tato hodnota je odvozena graficky pomocí křivky čáry zatopených ploch, která byla spočtena jednotlivými měřeními konkrétních ploch při konkrétních hloubkách v programu auto CAD. Odměřeno z výkresu patřícího k tématu konstrukce nádrže.



Obrázek 16 - Čára zatopených ploch, odvozena z přílohy C4

čára zatopených ploch, která je zobrazena v obrázku 17, stanovuje plochu nádrže při stálém nadržení na hodnotu 1233 m<sup>2</sup>. Průběh čáry zatopených ploch bude potřebný v dalším výpočtu objemu nádrže. Výpočet objemu ročního výparu je stanoven, jako součet ročního výparu z volné hladiny vynásobený plochou nádrže stanovenou z čáry zatopených ploch. V tabulce 6 pod vzorcem jsou vidět vypočítané hodnoty výparu jednotlivých měsíců.

$$V_{VVH} = \left( \sum VVH_i * n_i \right) * A_{sn}$$

$V_v$  – Objem vypařené vody [m<sup>3</sup>]

$VVH$  – Výpar z vodní hladiny [mm/den]

$n$  – počet dní v měsíci [-]

$A_{sn}$  – Plocha hladiny stálého nadržení [1233m<sup>2</sup>]

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	celkem
výpar [mm/den]		0.03	0.57	1.60	2.45	3.40	3.84	3.59	2.56	1.44	0.57	0.08	
výpar [mm]		0.76	17.18	48.09	73.52	101.85	115.24	107.76	76.94	43.19	17.18	2.47	604.19

Tabulka 6 - Výpočet výšky celkového výparu

$$V_{VVVH} = 0,60419 * 1233 = 745 \text{ m}^3$$

Výsledná hodnota vypařeného objemu je z výpočtu ve výše uvedené tabulce spočítána na 745 m<sup>3</sup> vody.

#### 4.4. Průsak stávajícím tělesem hráze

Pro výpočet průsaku je zásadní znát materiál konstrukce. Pro studii nebyl vyhotoven geologický průzkum, čímž jsou hodnoty vypočteného průsaku pouze orientační.

##### 4.4.1. Stanovení materiálu hráze

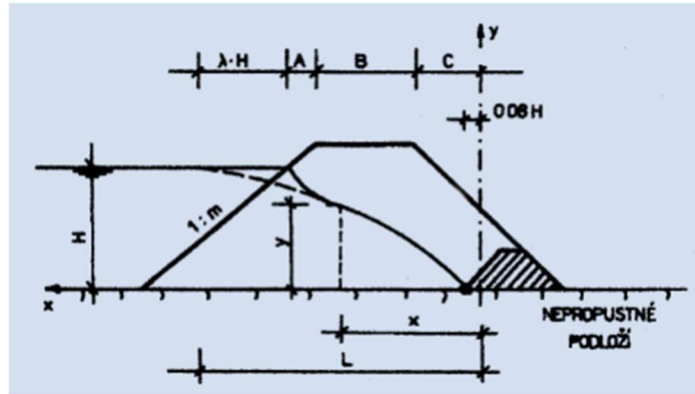
Pro přesný výpočet průsaku a případně průběhu průsakové křivky stávající hráze je zapotřebí geologický průzkum. Ten bohužel pro práci nebyl v době vytvoření ještě dostupný a jako náhradní podklad byla využita geologická mapa ČR v měřítku 1:50 000 dostupná na webové stránce (<https://mapy.geology.cz/geocr50/>) [15]. Vzhledem k velikosti nádrže lze předpokládat, že materiál využitý na výstavbu nádrže pochází z blízkého území stavby, a že pro malou nádrž nebyla přivážena zemina z velké vzdálenosti. S tímto předpokladem se v okolí nádrže vyskytují podle geologické mapy zeminy a horniny s označením 13,435 a 6. V bližším okolí se ještě nacházejí zeminy 421, 433, a 16 [15]. Pro výpočty jsou předpokládány pouze nejbližší druhy. Výčet níže blíže specifikuje vyskytující se materiály.

- 13 – kamenitý až hlinito – kamenitý sediment. Nezpevněný sediment (kamenitá až hlinito – kamenitá) [15]
- 6 – nivní sediment. nezpevněný sediment (hlína, písek, štěrk) [15]
- 435 – valounové pískovce, slepence, pískovce, prachovce, jílovce, uhelné sloje, brekcie, tufy, tufity. Zpevněné horniny [15]

Pro stavbu hráze je předpokládáno využití nezpevněných hornin, a to především druhů 6 a 13. Horniny 435 jsou zpevněné, a proto nejsou ve výpočtu uvažovány jako využitě pro stavbu. V okolí se vyskytují především nivní sedimenty písčité oblasti, proto zrnitostní křivka materiálu spíše odpovídá písčitém až hlinitopísčitém zeminám, které nejsou příliš vhodné pro těsnící funkci hráze. Výsledek výpočtu průsaku může být vyšší než ve skutečnosti, pokud byl při stavbě využit s těsnící materiál v tělese hráze. Hráz je tedy nejspíše sestavena ze zemin s označením SM (hlinito – písčité zemina) nebo SW (štěrko – písčité zemina). Pro výpočet je průsaku je uvažována homogenní hráz.

#### 4.4.2. Výpočet průsaku

Průsak je spočítán metodou dle Kudina. Výpočet lze najít například v díle Rybníky a účelové nádrže [16]. Tato metoda se v praxi běžně používá pro výpočty. V obrázku 18 lze vidět zobrazení veličin pro tuto metodu.



Obrázek 17 - Zobrazení veličin pro výpočet průsaku, [23]

$$q = K_s * \frac{H^2}{2 * L}$$

$$L = \lambda * H + A + B + C$$

$$\lambda = \frac{m}{1 + 2m}$$

$$y^2 = x * \frac{H^2}{L}$$

$q$  – průtok průsaku na 1m šířky hráze [ $m^3/s/m$ ]

$K_s$  – nasycená hydraulická vodivost materiálu

$H$  – Hloubka nádrže (x výška průsakové křivky)

$L$  – vodorovná délka průsakové křivky

$\lambda$  – koeficient sklonu návodního líce nádrže

$m$  – poměrový sklon návodního líce

$x, y$  – funkční proměnné souřadnice stanovící aktuální výšku průsakového kužele

Pomocí výše uvedených vzorců a funkce určené na posledním z míst lze přesně stanovit tvar průsakové křivky pro obě zeminy. Tvar výsledné křivky vzhledem k velké mocnosti návodního líce je zanedbán. Tvar a hodnoty představuje soubor tabulek 7.

Výpočet pro zeminu SM		
Sklon	1:3	
B	3,5	m
A	1.35	m
C	8	m
H	1.55	m
$\lambda$	0.43	
L	13.5	m
Ks	0.00001	
q	0.0001	l/s/m
I	30	m
Q	0.03	l/s
V <sub>p</sub>	841	m <sup>3</sup> /rok

Výpočet pro zeminu SW		
Sklon	1:3	
B	3.5	m
A	1.35	m
C	8	m
H	1.55	m
$\lambda$	0.43	
L	13.5	m
Ks	0.00005	
q	0.004	l/s/m
I	30	m
Q	0.133	l/s
V <sub>p</sub>	4205	m <sup>3</sup> /rok

Soubor tabulek 7 - Výpočty hodnot průsaku tělesem hráze

Tento výpočet byl vytvořen pro stanovení maximální hodnoty průsaku pro zavedení do dalších výpočtů bilance nádrže. Proto bude uvažováno s vyšší hodnotou průsaku u zeminy SW pro výpočet bilance, i když realita může být výrazně jiná. Stejným způsobem je i hodnota C uvažována bez patního drénu, protože jeho význam ve velké šířce koruny hráze není podstatný. Výsledná hodnota do výpočtu vodní bilance nádrže bude uvažována vyšší hodnota tedy **0,133 l/s**.

#### 4.5. Stanovení objemu nádrže

Pro výpočet stanovení objemu nádrže pro konkrétní hladiny využijeme výše spočítanou křivku zatopených ploch z kapitoly 4.3, u které můžeme snadno, pomocí narůstající hloubky, spočítat čáru zatopených objemů dle rovnice:

$$VN_n = \sum (y_i - y_{i-1}) * \left( \frac{A_i + A_{i-1}}{2} \right)$$

$A_i$  – Jednotlivá plocha hladiny nádrže [m<sup>2</sup>]

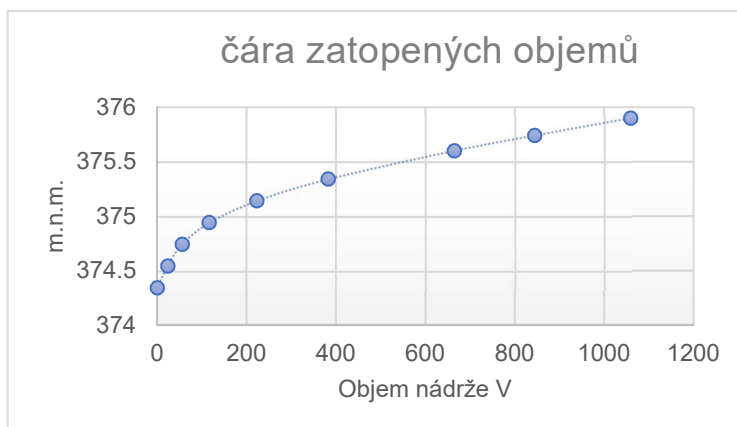
$y_i$  – jednotlivá hloubka nádrže [m]

Výpočet probíhá po krocích, které se postupně s narůstající hloubkou po sobě sčítají a vytvářejí výslednou hodnotu zatopeného objemu.

Pomocí této rovnice získáme hodnoty (tabulka 8), které při vložení do grafu vytvoří souvislou přímku, kterou nazýváme čárou zatopených objemů. Tato přímka je vidět v obrázku 19 níže.

Výška [m.n.m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objemy [V]
374.34	0	0
374.54	117.95	23.59
374.74	204.02	55.79
374.94	401.62	116.35
375.14	661.93	222.71
375.34	936.10	382.51
375.6	1232.96	664.49
375.74	1330.74	843.95
375.9	1361.93	1059.36

Tabulka 8 - Vstupní hodnoty čáry zatopených objemů



Obrázek 18 - Čára zatopených objemů

Pro uvedenou hladinu stálého nadržení nádrže je objem stanoven na **665 m<sup>3</sup>**. Nádrž umožňuje využít **395 m<sup>3</sup>** při návrhovém průtoku jako retenční prostor. Tento prostor vzhledem k návrhovému průtoku 3,57 m<sup>3</sup>/s je zanedbatelný a povodňovou vlnu velmi nezmění.

#### 4.6. Výpočet bilance nádrže

Se všemi danými hodnotami následuje výpočet bilance nádrže.

$$V = V_p - V_o - V_{vvh} - V_{prūs}$$

$V_N$  = objem nádrže [m<sup>3</sup>]

$V_p$  = objem přítoku do nádrže [m<sup>3</sup>]

$V_o$  = objem ročního minimálního zůstatkového průtoku [m<sup>3</sup>]

$V_{vvh}$  = objem ročního výparu z volné hladiny [m<sup>3</sup>]

$V_{prūs}$  = objem ročního průsaku tělesem hráze [m<sup>3</sup>]

<b>roční přítok</b>	<b>44150</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>roční odtok</b>	6307.2	m <sup>3</sup>
<b>výpar</b>	745	m <sup>3</sup>
<b>průsak</b>	4205	m <sup>3</sup>
<b>bilance přítoku</b>	<b>32893</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Tabulka 9 – Výpočet bilance přítoku nádrže

Výsledek tohoto výpočtu, zobrazený v tabulce 9 stanovuje maximální možnou velikost nádrže 32893 m<sup>3</sup>. Při skutečné velikosti nádrže 665 m<sup>3</sup> se prostor snadno během jednoho roku i několikrát napustí. Při takto velkém rozdílu bilance je odlišnost od dat skutečného profilu nevýznamná. Hodnoty průsaku mohou být uvažovány jako součást ročního odtoku. Výpočet uvažuje obě hodnoty samostatně. V návrhu se také uvažuje o budoucím přivedení vody z nedaleké 4. ZŠ, která také není do výpočtu bilance započítána

objem nádrže	665 m <sup>3</sup>	<<	bilance přítoku	32893 m <sup>3</sup>
--------------	--------------------	----	-----------------	----------------------

#### 4.7. Výpočet možného odtoku ze sídliště

Jedním z hlavních účelů stavby je akumulční funkce nádrže pro budoucí přivedení dešťových vod z blízkého sídliště, které by měli odlehčit nátoku na plzeňskou ČOV a přispět objemem vody v Boleveckých rybnících. Voda ze sídliště by mohla být teoreticky odváděna dešťovou kanalizací, která by byla konstruována při další rekonstrukci komunikací v sídlišti. Do dešťové kanalizace by měla být svedena veškerá voda z parkovišť a zároveň střech domů na sídlišti. V obrázku 20 níže je znázorněna potenciální oblast pro dešťovou kanalizaci.



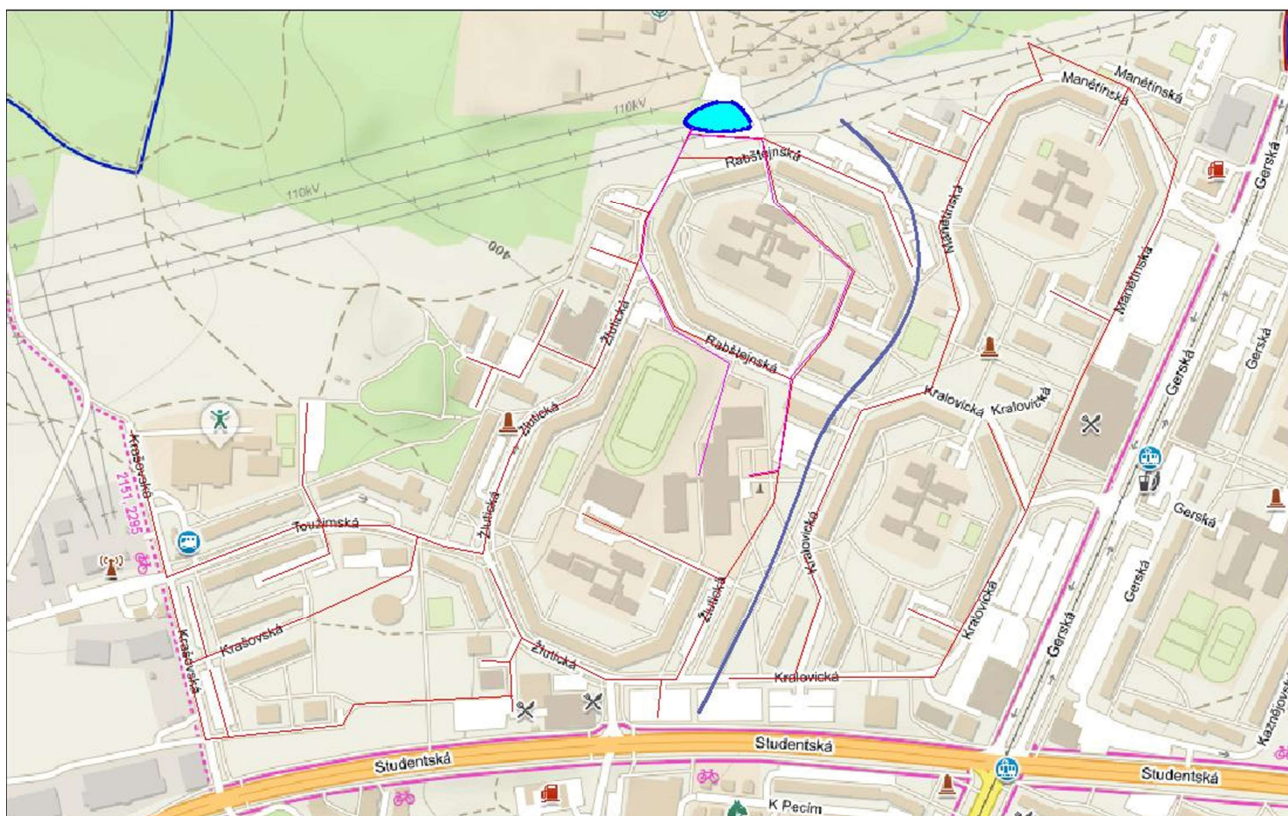
Obrázek 19 - Zákres potenciálního zdroje dešťových srážek, zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Pomocí aplikace webového portálu Mapy.cz [17] bylo odměřeno, že oblast 0,57 km<sup>2</sup> Košuteckého sídliště by byla možná převést do námi udané vodoteče oproti odvedení do splaškové kanalizace.

Veškerá vyobrazená oblast se podle mapového základu a vrstevnic v mapě nachází alespoň pět metrů nad naší nádrží a neměl by být problém gravitačně vodu převést do nádrže, popřípadě do vodoteče pod nádrží. Oblast rozdělíme do menších celků, které by teoreticky mohli být postupně připojovány do odtoku a následně přivádět vodu do Bolevecké soustavy. Celkově rozdělíme oblast na pět menších celků, které by následně mohli být postupně připojeny do soustavy. Tři části by mohly být přivedeny do vodoteče nad studovanou nádrží a další dvě části by byly přivedeny v jiném místě rovnou do území pod nádrží které je dostatečně velké a schopné zajistit rozliv a sedimentaci vody z kanalizace.



Na přiloženém obrázku číslo 21 vytvořeném výtiskem z aplikace Mapy.cz [17] je zobrazena varianta možného řešení dešťové kanalizace na sídlišti rozděleného do tří hlavních větví, které rozdělují průtok z návrhové srážky. Dále je v této příloze dobře vidět rozdělení části sídliště na část, ze které je voda odváděna nad studovanou nádrží a na druhou část, kde je voda přiváděna do vodoteče pod nádrží.



Obrázek 20 –Jednoduchý zakres návrhu vedení dešťové kanalizaci, modrá křivka rozděljuje dvě odvodňovaná územ, červená křivka představuje vedení dešťové kanalizace a fialová křivka znázorňuje možné odvedení vody ze 4 ZŠ, zdroj: www.mapy.cz

Další viditelnou věcí v daném obrázku je řešení odtoku vody ze 4. ZŠ, kde je již dlouhodobě problém s vodou, která přitéká z podzemní vody do suterénu školy. V aktuální době je voda přečerpávána do smíšené kanalizace [1]. Společně s realizací dešťové kanalizace by voda mohla být převedena gravitačně společně s dešťovou vodou do daného území nádrže a opět by byla šetřena voda, která nemusí být čištěna na ČOV. Fialovou barvou jsou na obrázku znázorněny dvě cesty, kterými by mohla být voda připojena k dešťové kanalizaci a odvedena do vodoteče.

#### 4.7.1. Odvedení vody ze 4. ZŠ

Dle studie DHI je hlavním důvodem realizace nádrže důvod přivedení podzemní vody ze 4. ZŠ. Pro tuto vodu je nutno najít variantu trasy. Na obrázku 22 jsou fialově znázorněny dvě trasy, kde první z navrhovaných je totožná s dešťovou kanalizací a v případě realizace by zde

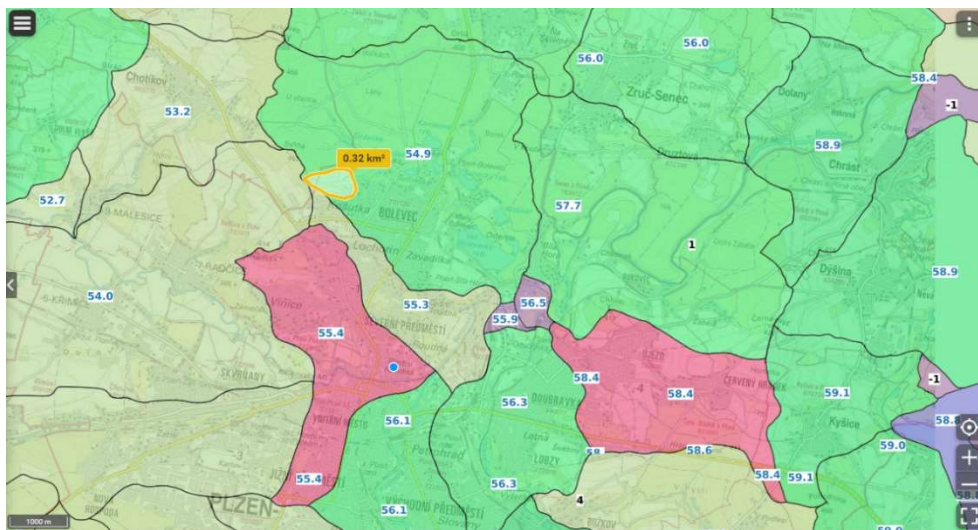
nebyli další nutné náklady. Druhá varianta vede středem vnitrobloku bytových domů, kde by se tato voda mohla opět sloučit s dešťovou kanalizací nebo je zde prostor při detailnějším návrhu pro vedení průtoků zelení po povrchu. Zde by mohl malý vodní tok vytvořit vhodný parkový prvek.

#### 4.7.2. Stanovení návrhové srážky

Maximální návrhová srážka lze určit různými způsoby. Pro daný úkol bylo zvoleno využít aplikaci vytvořenou v rámci projektu fakulty stavební ČVUT. Tato aplikace zobrazuje předpokládané průběhy šesti – hodinových návrhových srážek v povodí IV. Řádu [18].

##### *Charakteristika území*

Jedná se o území zemědělsky nevyužívané prostředí, kde asi 19 % zabírá lesní porost o ploše kolem 7 hektarů, dále je nejvíce zastoupený trvale zarostlý nevyužívaný porost (především louky pod vedením elektrické sítě) plocha tohoto území je asi 15,7 hektarů zabírající kolem 42% povodí. Poslední obdobně velkou plochou je prostor sídliště zabírající i se zelení asi 14,7 hektarů, odpovídajících asi 39% povodí. Tento rozměr je dosti variabilní, protože dnes je odváděn do smíšené splaškové kanalizace a společně se změnou na oddílnou dešťovou kanalizaci může být tento prostor významně zvětšen, jelikož část sídliště, která geograficky odtéká do povodí jiných potoků, které jsou převedeny následně do řeky Berounky, se nachází výškově nad studovanou nádrží a voda by mohla být z této oblasti odváděna do řešeného povodí Boleveckého potoka.



Obrázek 21 - zobrazení lokality ve webové aplikaci Rain web app, [18]

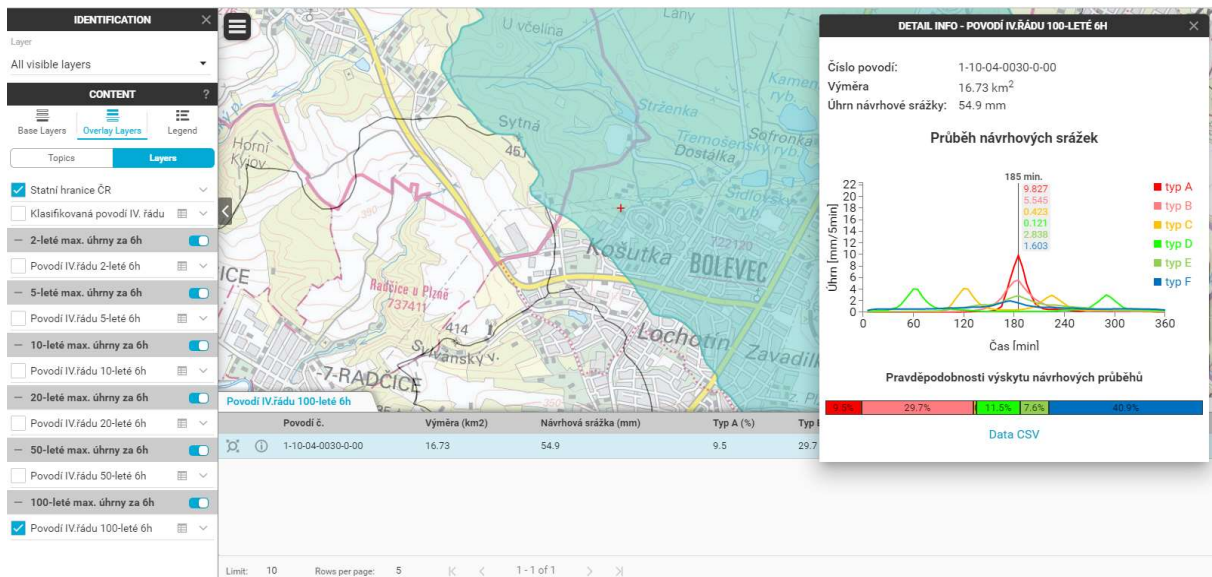
*Průměrná délka odtokové dráhy = 0,481km*

*Průměrný sklon povodí = 5,95%*

*Plocha povodí 0,32km<sup>2</sup>*

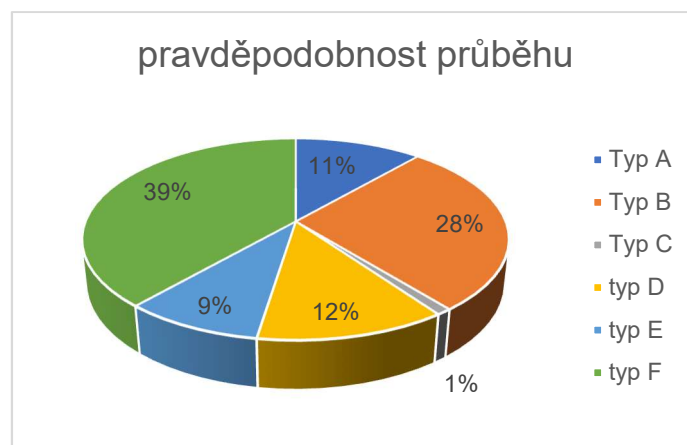


Celý prostor ve webové aplikaci [18] leží v oblasti návrhové srážky 54,9 mm dle obrázku 22 výše. Pro návrh byla využita srážka se stoletým opakováním z důvodu situování stavby ve městě v zastavěném území, které by mohlo mít vliv na rekreační oblasti pod studovaným profilem. Při využití internetové aplikace vytvořené fakultou stavební ČVUT [18] je vidět, že mikropovodí má přibližně plochu 0,32 m<sup>2</sup> a nachází se v oblasti návrhové srážky 54,9 mm za 6 hodin. Následující obrázek číslo 23 zobrazuje charakteristiku sledovaného území, a především vzhled internetové aplikace.



Obrázek 22 - Náhled funkce webové aplikace Rain web app, [18]

Následně při detailním využití aplikace lze vidět procentuální zastoupení návrhových srážek, kde vzhledem k procentuální četnosti využijeme jen křivky s pravděpodobností nad 10 %. Mezi tyto křivky patří křivky B, D a F dle obrázku 24. Ostatní křivky můžeme z návrhu vyloučit, jelikož je jejich pravděpodobnost výskytu velmi nízká.



Obrázek 23 - Rozdělení pravděpodobnostních křivek

Ve výpočtu není zapojen prostor sídliště, protože jeho návrhový průtok byl spočítán výše v rámci návrhu odtoku dešťové kanalizace.

### 4.7.3. Výpočet odtoku z ploch sídliště

Plochy byly rozděleny podle charakteru povrchu na tři varianty – pevné plochy (komunikace a parkoviště), střechy a zeleň. Pro část odváděnou do naší nádrže jsou zvoleny tři navzájem na sebe navazující oblasti, proto jsou výpočty pro každou tuto část spočítány zvlášť a až poté následně sečteny pro simulaci postupného napojování oblastí. Toto dává konkrétní čísla, jak se bude měnit množství přivedené dešťové vody. Plocha zeleně je vyjádřena odečtením pevných ploch a střech od celkové plochy oblasti. V souboru tabulek 10 jsou sečteny rozlohy ploch.

Oblast 1 Rabštějnská		Oblast 2 Žlutická		Oblast 3 Toužimská, Krašovská	
Typ plochy	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Typ plochy	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Typ plochy	Plocha [m <sup>2</sup> ]
Střechy	13135	Střechy	32625	Střechy	14570
Parkoviště	4450	Parkoviště	15755	Parkoviště	10900
Komunikace	8700	Komunikace	8030	Komunikace	9913
Zeleň	55715	Zeleň	39590	Zeleň	40617
Celkem	82000	Celkem	96000	Celkem	76000

Soubor tabulek 10 – součty odváděných ploch jednotlivých oblastí dešťové kanalizace

Plochy byly odečteny nástroji v aplikaci na webu Mapy.cz na měření ploch a vzdáleností [17]. Dále s jednotlivými hodnotami ploch následuje výpočet návrhového průtoku racionální metodou pro výpočet dimenze dešťové kanalizace dle ČSN EN 75 6101 [19] ze strany 14, kapitoly 5.3.4.7.

$$Q = A * i * \psi$$

$Q$  = návrhový průtok [m<sup>3</sup>/s]

$A$  = velikost půdorysné plochy, účinná plocha střechy [m<sup>2</sup>]

$\psi$  = součinitel odtoku dešťových vod [-]

$i$  = intenzita návrhové srážky [l/s/m<sup>2</sup>]

Pro výpočet je nutno stanovit návrhovou srážku  $i$ , která je stanovena pomocí vztahu ze strany 15, kapitoly 5.3.4. normy ČSN EN 75 6101 [19]. Úhrn návrhové srážky je uvažován z křivky B z následující kapitoly 4.7.2. ten je stanoven na 5,545mm srážky za 5 minut. Tato hodnota byla zvolena, protože jde o nejvyšší úhrn s vysokou pravděpodobností průběhu.

$$i = 166,67 * \frac{h_d}{t_c} = 166,67 * \frac{5,545}{5} = 184,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

$h_d$  = úhrn srážky uvažované periodicity [mm]

$t_c$  = doba trvání srážky uvažované periodicity [m]

$i$  = intenzita návrhové srážky [l/(s.ha)]

Intenzita návrhové srážky 185 l/s.ha vychází v předpokládaných hodnotách dle tabulky 4 na straně 16 normy ČSN EN 75 6101 [19]. Na základě tohoto ověření lze s hodnotou dle počítat v tabulkách 11 zobrazujících maximální přítok z každé oblasti.

1. část Rabštejnská					
Návrhový déšť – Plzeň Bolevec					
Doba trvání deště (min)		Intenzita deště [l/s.ha]	periodicita		
5		185	0.5		
plocha	dílčí plocha [m <sup>2</sup> ]	souč. povrch. odtoku	povrch	redukováná plocha [m <sup>2</sup> ]	odtok [l/s]
P1	13150	0.9	Pevný povrch	11835	218,9
P2	55715	0.1	zeleň	5571,5	51,5
P3	13135	0,9	střechy	11821,5	218,7
<b>souhrn</b>	82000			29228	<b>540,7</b>
<b>úhrn srážky (m<sup>3</sup>)</b>			<b>162,2</b>		

2. část Žlutická					
Návrhový déšť – Plzeň Bolevec					
Doba trvání deště (min)		Intenzita deště (l/s.ha)	periodicita		
5		185	0.5		
plocha	dílčí plocha (m <sup>2</sup> )	souč. povrch. odtoku	povrch	redukováná plocha (m <sup>2</sup> )	odtok l/s
P1	23785	0.9	Pevný povrch	21406.5	396.0
P2	39590	0.1	zeleň	3959	73,2
P3	32625	0,9	střechy	29362,5	543,2
<b>souhrn</b>	96000			99781.75	<b>1012,5</b>
<b>úhrn srážky (m<sup>3</sup>)</b>			<b>303,7</b>		

3. oblast Krašovská a Toužimská ulice					
Návrhový déšť – Plzeň Bolevec					
Doba trvání deště (min)		Intenzita deště (l/s.ha)	periodicita		
5		185	0.5		
plocha	dílčí plocha (m <sup>2</sup> )	souč. povrch. odtoku	povrch	redukováná plocha (m <sup>2</sup> )	odtok l/s
P1	20813	0.9	Pevný povrch	18731.7	345,6
P2	40617	0.1	zeleň	4061,7	75,1
P3	14570	0,9	střechy	13113	242,6
<b>souhrn</b>	76000			35906,4	<b>664,3</b>
<b>úhrn srážky (m<sup>3</sup>)</b>	<b>199,3</b>				

celkem max Q	2,22	m <sup>3</sup> /s
přítok		
celkem max V	665,2	m <sup>3</sup>
přítok		

Soubor tabulek 11 - Návrhové průtoky dešťové kanalizace

Zjednodušeným výpočtem pro dimenzování stoky je maximální, a tím návrhový přítok z dešťové kanalizace, tedy prostoru sídliště, stanoven na 2,22 m<sup>3</sup>/s. Objem, který přiteče do nádrže během 5 minut návrhové deště je výrazně vyšší než retenční kapacita nádrže. Nádrž tedy může fungovat pro akumulaci těchto vod a následnou sedimentaci především u nižších srážek jen do rozsahu retenčního prostoru a případného snížení hladiny nádrže. U velkých průtoků bude vlastnost sedimentace pouze částečná, kde při zpomalení rychlosti se z vody oddělí jen těžší částice.

#### 4.8. Přítok z ostatního území

Pro výsledek konečného návrhového průtoku pro nádrž je potřeba vypočítat přítok z návrhové srážky ostatního území, ze kterého stéká voda do nádrže. Jde především o lesní a luční pozemky, kde je návrhový průtok stanoven pomocí CN křivek. Pro výpočet budeme potřebovat odvodit koeficient CN, pro který je využita metoda podle publikace Ochrana zemědělské půdy před erozí [20]. Zde byla nejprve přiřazena BPEJ pomocí veřejně dostupného eKatalogu BPEJ

HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina	HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina	HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina
1	B	27	B	53	D
2	B	28	B	54	D
3	C	29	B	55	A
4	A	30	B	56	B
5	A	31	A	57	C
6	C	32	A	58	C
7	D	33	B	59	D
8	B	34	B	60	B
9	B	35	B	61	D
10	B	36	B	62	C
11	B	37	B	63	D
12	B	38	B	64	C
13	B	39	C	65	C
14	B	40	B	66	D
15	B	41	B	67	D

Tabulka 12 - Určení hydrologické půdní skupiny pomocí BPEJ, [20]

[21]. Zde pro lesní pozemky je udáno označení 4.68.11 a pro zarostlé pozemky pod elektrickým vedením označení 4.11.00. S těmito hodnotami lze určit hydrologickou charakteristiku pomocí tabulky 12 [20]. Pro lesní pozemek bude počítáno s charakteristikou D a pro vegetací zarostlý pozemek je uvažována hodnota B. Následně pomocí další tabulky, převzaté ze stejné publikace [20] ze strany 30, můžeme pro tyto prostory určit hodnotu CN. U lesních pozemků budeme počítat s hodnotou  $CN_1 = 79$  a zbylé pozemky budou uvažovány jako křoviny s pokryvem  $CN_2 = 67$ .

#### 4.8.1.1. Výpočet návrhového objemu

Výpočet pomocí metodiky „Protierozní ochrana“ Janeček (2012) [20].

Výpočet objemu odtoku pro  $CN_1$ :

$$A = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) (mm)$$

$$A_{CN_1} = 25,4 \left( \frac{1000}{79} - 10 \right) = 67,52mm$$

$$la_{CN_1} = 0,2 * A = 67,52 * 0,2 = 13,50mm$$

$$H_e = \frac{(H - I_a)^2}{(H - I_a + A)} = \frac{(54,9 - 13,5)}{(54,9 - 13,5 + 67,52)} = 15,74$$

$A$  = potenciální retence [mm]

$H_e$  = Přímý odtok [mm]

$H$  = Úhrn návrhového deště [mm]

$la$  = počáteční ztráta [mm]

$$\text{Objem} = V_{CN_1} = H_e * P = 15,74mm * 0,07km^2 = 1102 m^3$$

Výpočet objemu odtoku pro  $CN_2$

$$A_{CN_2} = 25,4 \left( \frac{1000}{67} - 10 \right) = 125,10mm$$

$$la_{CN_2} = 0,2 * A = 125,10 * 0,2 = 25,02mm$$

$$H_e = \frac{(H - I_a)^2}{(H - I_a + A)} = \frac{(54,9 - 25,02)}{(54,9 - 25,02 + 125,1)} = 5,76$$

$$\text{Objem} = V_{CN_2} = H_e * P = 5,76mm * 0,157km^2 = 904,38 m^3$$

Dále je potřeba vypočítat velikost kulminačního průtoku.

$$Q = 0,00043 * Q_{pH} * P_p * H_o * f$$

$f = 1$  (opravný součinitel pro nádrže. V našem případě se rovná 1, protože se nad nádrží nebudou vyskytovat žádné další nádrže ani tůně pro zdržení vody)

$H_o$  = výška odtoku (mm)

$P_p$  = plocha povodí  $m^2$

$q_{pH}$  = jednotkový kulminační průtok

Pro výpočet jednotkového kulminačního průtoku budeme potřebovat spočítat  $T_c$  (dobu doběhu)

$$T_c = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc}$$

$T_{ta}$  = plošný povrchový odtok

$$T_{ta} = \frac{0,007 \left( n * \frac{l}{0,3048} \right)^{0,8}}{\left( \frac{Hs_2}{25,4} \right)^{0,5} * s^{0,4}} = \frac{0,007 \left( 0,24 * \frac{481}{0,3048} \right)^{0,8}}{\left( \frac{54,9}{25,4} \right)^{0,5} * 0,0595^{0,4}} = 1,278 \text{ h}$$

$T_{tb}$  = soustředěný odtok o malé hloubce

$$T_{tb} = \frac{l}{3600} * v = \frac{481}{3600} * 1,1996 = 0,16 \text{ h}$$

$$v = 4,918 * s^{0,5} = 4,918 * 0,0595^{0,5} = 1,1996 \text{ m/s}$$

$T_{tc}$  = soustředěný odtok v otevřeném korytě

Tento vztah by mohl být počítán pomocí rovnice Manninga  $v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * s^{0,5}$ , ale v tomto případě oblast nad nádrží se nedá považovat za otevřené koryto, a proto bude využit vztah:

$$T_{tc} = 0$$

$$T_c = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc} = 1,278 + 0,16 + 0 = 1,438 \text{ h}$$

Nyní je možno spočítat jednotlivé kulminační průtoky ty jsou získány odvození z tabulky na straně 36 publikace Ochrana zemědělské půdy před erozí. [20].

$$la/Hs_1 = 0,25 \Rightarrow q_{pH_1} = 350$$

$$Q_1 = 0,00043 * q_{pH_1} * P_{p1} * H_o * f = 0,00043 * 350 * 0,07 * 54,9 * 1 = 0,578 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$la/Hs_2 = 0,52 \Rightarrow q_{pH_2} = 178$$

$$Q_2 = 0,00043 * q_{pH_2} * P_{p2} * H_o * f = 0,00043 * 178 * 0,157 * 54,9 * 1 = 0,659 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,578 + 0,659 = 1,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.9. Stanovení návrhového průtoku nádrže

Celkový maximální přítok do nádrže je tvořen součtem přítoku dešťové kanalizace ze sídliště a zbylého území. Tato hodnota je stanovena jako maximální, ale v praxi se může průtok lišit vzhledem k odlišnosti doby doběhu jednotlivých průtoků.

$$Q_{celk} = Q_{síd.} + Q_{ost.} = 2,22 + 1,24 = 3,46 \text{ m}^3/\text{s}$$

*Q<sub>celk</sub> = celkový průtok nádrží*

*Q<sub>síd.</sub> = přítok ze sídliště*

*Q<sub>ost.</sub> = přítok ze zbylého prostoru povodí*

Spočítaný výsledek lze porovnat s oficiální návrhovou hodnotou  $Q_{100}$  stanovenou v příloze C.1. Hodnota průtoku je zde stanovena na  $3,57 \text{ m}^3/\text{s}$ . Výběrem vyšší hodnoty jsou zvolena data ČHMÚ pro návrh nádrže.

## 5. ZÁVĚR

Výsledkem studie je konstrukce nádrže, kterou by může procházet dešťová voda z blízkého košuteckého sídliště, jejíž přítok bude pozitivně působit na vodní bilanci Boleveckých rybníků. Význam pro celou Boleveckou soustavu nebude mít tato změna zásadní vzhledem k velikosti průtoku nádrží, ale s aktuálním stavem soustavy jsou všechny pozitivní vlivy více než vítány. Obnova nádrže není příliš náročná na velké množství materiálu, vzhledem k tomu, že hráz v místě stojí téměř v původním stavu. Nejzásadnější úpravou je přelivný objekt a zemní práce. Objekt by měl bez problémů vydržet návrhový 100letý průtok a bezpečně jej převést. Pro vodní bilanci by měla nádrž bez problémů natéci i několikrát za rok. S podpořením přítoku ze 4.ZŠ je udržitelnost hladiny stálého nadržení zaručena. Funkce akumulace a následné sedimentace pro předčištění vody z dešťové kanalizace není zaručena při velkých srážkách vzhledem k malému objemu nádrže a retenčního prostoru. Do budoucna bude nutno pro účel čištění dešťové vody využít dalších prostor nebo jiných způsobů čištění. S předpokladem vod s častější dobou opakování by nádrž měla bez problémů obstát. V budoucnu se toto místo může stát jednou ze zastávek naučné stezky vedené kolem Boleveckých rybníků vzhledem k jeho historickému charakteru.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DHI a.s., *Studie možností zlepšení vodohospodářské bilance v povodí Boleveckého potoka*, Praha, 2019.
- [2] Mertin Ebel, Ivana Ebelová, Jan Anderle, Bolevecká rybníční soustava STAVEBNĚ HISTORICKÝ PRŮZKUM, Plzeň: ING. JAN ANDERLE ATELIER HISTORICKÉ ARCHITEKTURY, 2002.
- [3] sdružení profesionálních pracovníků památkové péče, PRŮZKUM PAMÁTEK II/2004, Praha: NÁRODNÍ PMÁTKOVÝ ÚSTAV, 2004.
- [4] P. RNDr. Jindřich Duras, „ekolist.cz,“ 29 srpen 2019. [Online]. Available: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jindrichn-duras-jak-velky-bolevecky-rybnik-zvitezil-nad-sinicemi>.
- [5] Š. Bachmannová, „Městský obvod Plzeň 1,“ © 2019 Městský obvod Plzeň 1, 17 05 2010. [Online]. Available: <https://umo1.plzen.eu/zivot-v-obvodu/mestsky-obvod-plzen-1/vyznamna-mista-obvodu/vyznamna-mista-obvodu.aspx>. [Přístup získán prosinec 2019].
- [6] Správa informačních technologií města Plzně, „MAPOVÝ PORTÁL MĚSTA PLZNĚ,“ [Online]. Available: <https://mapy.plzen.eu/aplikace-a-mapy/tematicke-kategorie/historicke-mapy/projekt-stare-mapy.aspx#1873>. [Přístup získán prosinec 2019].
- [7] ÚNMZ, ČSN 75 2410 malé vodní nádrže, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [8] Ing. Jan Hlom, Ing. Pavel Balvín, „Měření malých průtoků pomocí měrných přelivů,“ 16 12 2019. [Online]. Available: <https://www.vtei.cz/2019/12/mereni-malych-prutoku-pomoci-mernych-prelivu/>. [Přístup získán prosinec 2019].
- [9] PREFA Hubenov s.r.o., „PREFA Hubenov s.r.o.,“ 1 březen 2019. [Online]. Available: <https://www.prefahubenov.cz/pozerak/>. [Přístup získán prosinec 2019].
- [10] V. Karel, Rybníky a účelové nádrže, příklady, PRAHA: Vydavatelství ČVUT, 1993.
- [11] Katedra hydrauliky a Hydrologie, „Výběr potřebných tabulek a grafů pro předmět HYA2,“ 2018. [Online]. Available: [http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke\\_stazeni/cviceni/TABULKY\\_HY2V.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke_stazeni/cviceni/TABULKY_HY2V.pdf).
- [12] I. J. Kinkor, „Ministerstvo životního prostředí,“ [Online]. Available: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html). [Přístup získán prosinec 2019].
- [13] M. P. Šuhájková, I. R. Kožín, I. A. Beran, I. E. M. Ph.D., I. A. Vizina a P. Ph.D. and doc. Ing. Martin Hanel, „Výzkumný Ústav Vodohospodářský T.G. Masaryka,“ 9 Srpen 2019.

- [Online]. Available: <https://www.vtei.cz/2019/08/aktualizace-empirickych-vztahu-pro-vypocet-vyparu-z-vodni-hladiny-na-zaklade-pozorovani-vyparu-ve-standici-hlasivo/>.
- [14] InMeteo s.r.o., „In-počasí,“ InMeteo s.r.o., 01 říjen 2004. [Online]. Available: [https://www.in-pocasi.cz/archiv/plzen\\_mikulka/](https://www.in-pocasi.cz/archiv/plzen_mikulka/). [Přístup získán listopad 2019].
- [15] Česká geologická služba, Praha, „Vrtná prozkoumanost, Geologická mapa 1:50 000,“ 2019. [Online]. Available: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>. [Přístup získán listopad 2019].
- [16] Šálek, Jan a kol., Rybníky a účelové nádrže, PRAHA: SNTL, 1989.
- [17] Seznam.cz, a.s., „mapy,“ Seznam.cz a.s., 11 prosinec 2019. [Online]. Available: <https://mapy.cz/>. [Přístup získán prosinec 2019].
- [18] M. Landa, „Rain WebApp,“ ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2 leden 2018. [Online]. Available: <http://rain.fsv.cvut.cz/nastroje/webapp/>. [Přístup získán listopad 2019].
- [19] ÚNMZ, ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky, PRAHA: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a a státní zkušebnictví, 2012.
- [20] Miroslav Janeček a kol., Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika, Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta životního prostředí, 2012.
- [21] VÚMOP v.v.i. - půdní služba, „eKatalog BPEJ,“ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2019. [Online]. Available: <https://bpej.vumop.cz>.
- [22] Petr Kavka, Miloslav Müller a kol., Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a nabrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině, Praha: České vysoké učení v Praze Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. Sweco hydroproject a.s., 2018.
- [23] VRÁNA, Karel a Jan BERAN, Rybníky a účelové nádrže, PRAHA: České vysoké učení technické, 1998.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Umístění nádrže na mapách ČR a Plzně, zdroj: <a href="http://www.fotokrasyprirody.bolg.cz">www.fotokrasyprirody.bolg.cz</a> , <a href="http://www.mapy.cz">www.mapy.cz</a> .....	8
Obrázek 2 Hlavní část Bolevecké soustavy z leteckého snímku. zdroj: SVSMP .....	10
Obrázek 3 - Letecký snímek 1967, zdroj: <a href="http://www.gis.plzen.eu">www.gis.plzen.eu</a> .....	12
Obrázek 4 - Letecký snímek 1956, zdroj: <a href="http://www.gis.plzen.eu">www.gis.plzen.eu</a> .....	12
Obrázek 5 - Letecký snímek 1972, zdroj: <a href="http://www.gis.plzen.eu">www.gis.plzen.eu</a> .....	13
Obrázek 6 - Letecký snímek 1982, zdroj: <a href="http://www.gis.plzen.eu">www.gis.plzen.eu</a> .....	13
Obrázek 7 - Letecký snímek 2019, zdroj: <a href="http://www.gis.plzen.eu">www.gis.plzen.eu</a> .....	13
Obrázek 8 - Letecký snímek 1988, zdroj: <a href="http://www.gis.plzen.eu">www.gis.plzen.eu</a> .....	13
Obrázek 9 – Vzhled nádrže po vegetační úpravě 2007, zdroj: archiv SVSMP .....	14
Obrázek 10 – Zděný propustek 2007, zdroj: archiv SVSMP .....	14
Obrázek 11 – Tok pod nádrží, zdroj: vlastní foto.....	14
Obrázek 12 - Dnešní vzhled nádrže, zdroj: vlastní foto.....	14
Obrázek 13 - Přelivný objekt rybníka Košináře za zvýšeného vodního stavu, zdroj: archiv SVSMP .....	16
Obrázek 14 - Průběh konzumní křivky .....	18
Obrázek 16 - průběh M-denních průtoků .....	22
Obrázek 17 - Čára zatopených ploch, odvozena z přílohy C4 .....	23
Obrázek 18 - Zobrazení veličin pro výpočet průsaku, [24] .....	25
Obrázek 19 - Čára zatopených objemů .....	27
Obrázek 20 - Zákres potenciálního zdroje dešťových srážek, zdroj: <a href="http://www.mapy.cz">www.mapy.cz</a> .....	28
Obrázek 21 –Jednoduchý zákres návrhu vedení dešťové kanalizaci, modrá křivka rozděljuje dvě odvodňovaná území, červená křivka představuje vedení dešťové kanalizace a fialová křivka znázorňuje možné odvedení vody ze 4 ZŠ.....	29
Obrázek 22 - zobrazení lokality ve webové aplikaci Rain web app, [18] .....	30
Obrázek 23 - Náhled funkce webové aplikace Rain web app, [18] .....	31
Obrázek 24 - Rozdělení pravděpodobnostních křivek .....	31

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1-Hodnoty přepadového paprsku bezpečnostního přelivu.....	18
Tabulka 2 - Výpočet kapacity propustku .....	20
Tabulka 3 - Tabulka určení min. zůstatkového průtoku, [12].....	21
Tabulka 4 - Překročení M-denních průtoků, zdroj: příloha .....	21
Tabulka 5 - Průměrná měsíční teplota v místě Plzeň Košutka, zdroj: <a href="http://www.in-pocasi.cz">www.in-pocasi.cz</a> .....	23
Tabulka 6 - Výpočet výšky celkového výparu .....	24
Soubor tabulek 7 - Výpočty hodnot průsaku tělesem hráze .....	26
Tabulka 8 - Vstupní hodnoty čáry zatopených objemů.....	27
Tabulka 9 – Výpočet bilance přítoku nádrže .....	27
Soubor tabulek 10 – součty odváděných ploch jednotlivých oblastí dešťové kanalizace.....	32
Soubor tabulek 11 - Návrhové průtoky dešťové kanalizace .....	34
Tabulka 12 - Určení hydrologické půdní skupiny pomocí BPEJ, [19] .....	34

## SEZNAM PŘÍLOH

Číslo přílohy	Název přílohy	Měřítko
A.1	Zákres do vodohospodářské mapy	
A.2	Základní mapa ČR	
A.3	Katastrální výkres	
A.4	Situační výkres	
B.1	Podélný profil toku	
B.2	Řezy zátopou	
B.3	Vzorový řez hráze	
B.4	Příčné řezy hrází	
B.5	Výkres sdruženého objektu	
C.1	Hydrologické údaje ČHMÚ	