



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

OBNOVA VODNÍ NÁDRŽE V OBCI ŽĎÁRNÁ

RENOVATION OF A WATER RESERVOIR IN THE VILLAGE OF ŽĎÁRNÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Nikola Pastorková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DAVID DUCHAN, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIV Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Nikola Pastorková
Název	Obnova vodní nádrže v obci Žďárná
Vedoucí práce	Ing. David Duchan, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Literatura:

- 1) Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, 1959
- 2) Studijní opora "Proudění v systémech říčních koryt" a "Projekt vodní stavby".
- 3) BOOR, Boris, KUNŠTÁTSKÝ, Jiří, PATOČKA, Cyril: Hydraulika pro vodohospodářské stavby. SNTL/ALFA, 1968.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Provedte návrh na obnovu vodní nádrže v obci Žďárná. Vypracovaný návrh hydraulicky ověřte.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. David Duchan, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je obnova stávající malé vodní nádrže v obci Žďárná. Dojde k vybudování nového bezpečnostního přelivu a spodní výpusti, vytvarování zátopy podle příčných řezů a opevnění hráze vodní nádrže. Navržené objekty budou hydraulicky ověřeny. Za pomoci programu HEC-HMS je vytvořen hydrologický model povodí a následně odvozená povodňová vlna PV₂₀.

KLÍČOVÁ SLOVA

Malá vodní nádrž, hráz, bezpečnostní přeliv, spodní výpust, koryto, povodňová vlna, HEC-HMS.

ABSTRACT

The theme of this diploma thesis is to restore the existing small reservoir in the village Žďárná. A new safety spillway and lower outlet will be built, the flood will be shaped according to the cross-sections and the dam of the water reservoir will be fortified. The designed objects will be hydraulically verified. Using the HEC-HMS program, a hydrological model of the river basin is created and subsequently a derived flood wave PV₂₀.

KEYWORDS

Small water reservoir, dam, spillway, bottom outlet, channel, river bed, flood wave, HEC-HMS

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Nikola Pastorková *Obnova vodní nádrže v obci Žďárná*. Brno, 2021. 56 s., 13 příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. David Duchan, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Obnova vodní nádrže v obci Žďárná* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Nikola Pastorková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Obnova vodní nádrže v obci Žďárná* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Nikola Pastorková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Davidu Duchanovi, Ph.D., za trpělivý přístup a užitečné rady při konzultacích. Dále firmě VH atelier, spol. s.r.o., především panu Ing. Marku Krčmovi, za jeho odborné rady a také za poskytnutí potřebných dat.

OBSAH

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce.....	11
3. Malé vodní nádrže.....	12
3.1. Základní rovnice nádrže.....	12
3.2. Prostory v nádrži.....	13
3.3. Základní charakteristiky MVN.....	13
3.4. Funkční objekty a zařízení.....	16
3.4.1. Bezpečnostní přeliv.....	16
3.4.2. Výpustné zařízení.....	17
3.5. Napouštění a prázdnění nádrží.....	18
4. Zájmové území.....	19
4.1. Geomorfologie a geologie.....	20
4.2. Hydrologie.....	21
4.2.1. M-denní a N-leté průtoky.....	22
4.3. Klimatické poměry.....	22
4.4. Inženýrsko-geologické a geodetické zaměření.....	23
4.5. Využití území.....	23
4.6. Současný stav nádrže.....	24
5. Navrhované řešení.....	30
5.1. Podklady k řešení.....	30
5.1.1. ENVIROEKO, s.r.o.....	30
5.2. Seznam pozemků a staveb dotčených prováděním stavby.....	30
5.3. Celkový popis stavby.....	31
5.4. Navrhované parametry stavby.....	31
5.5. Základní charakteristika objektů.....	32
5.5.1. SO 01 – Práce v zátopě.....	33
5.5.2. SO 02 – Hráz.....	33
5.5.3. SO 03 – Výpustné zařízení.....	33
5.5.4. SO 04 – Bezpečnostní přeliv.....	35
5.5.5. SO 05 – Koryto od SV.....	36
5.6. Sediment ze dna zátopy.....	39
5.7. Poloha vzhledem k záplavovému území, poddolovanému území apod.	40
5.8. Vliv stavby na okolní pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území.....	40
5.9. Požadavky na asanace, demolice, kácení dřevin.....	40

5.10.	Základní bilance stavby.....	41
5.10.1.	Kubatury	41
6.	Transformace povodňové vlny.....	44
6.1.	Program HEC-HMS.....	44
6.1.1.	Vstupní data.....	45
6.1.2.	Výpočet přímého odtoku	45
6.1.3.	Výsledný hyetogram.....	47
6.2.	Transformace povodňové vlny	48
7.	Závěr.....	49
8.	Seznam literatury.....	50
9.	Seznam obrázků	51
10.	Seznam tabulek.....	52
11.	Seznam grafů	53
12.	Seznam zkratk a veličin	54
13.	Seznam příloh.....	56

1. Úvod

Pod pojmem vodní nádrž se lidem obvykle vybaví jako první například přehrada Orlické Šance nebo Dlouhé stráně a mnozí si pomyslí, že tyto přehrady už tu vybudované jsou a žádné takto velké se už stavět nebudou. Jen malé množství lidí si pod tímto pojmem dokáže představit i jiný typ vodního díla, jako např. rybník. Česká republika disponuje relativně velkým počtem přehrad. Ovšem v poslední době je častější vznik menších vodních děl, a tak jejich počet postupně narůstá. Je to zapříčiněno poměrně velkým množstvím dotačních programů, díky kterým mohou obce čerpat státní nebo evropské peníze pro jejich výstavbu nebo obnovu.

V současné době je častým tématem změna klimatu. Zvyšování průměrné teploty, výskyt srážek je méně častý, nastávají dlouhá bezdeštná období. Proto je potřeba zadržovat vodu v krajině, k čemuž nám poslouží malé vodní nádrže.

Malá vodní nádrž je vhodná ke zlepšení vodní bilance, při tvorbě biotopu pro živočichy, pro rekreaci nebo rybochov. Výpar z vodní hladiny zlepšuje mikroklima.

Velké množství nádrží už bylo postaveno dříve a dochází k jejich obnově, rekonstrukci či odbahnění. V rámci diplomové práce je řešena právě obnova stávající nádrže v obci.

2. Cíle práce

Cíle diplomové práce jsou:

- Posouzení stávajícího stavu.
- Návrh zemní hráze, odpadního koryta a funkčních objektů.
- Hydraulické ověření funkce nádrže, odpadního koryta a funkčních objektů.

Práce se skládá z textové, výpočtové a výkresové části. V textové části je teorie k malým vodním nádržím a poté popis praktické části a její výsledky. Ve výpočtové části jsou výpočty týkající se návrhu bezpečnostního přelivu, spodních výpustí a transformace povodňové vlny. Výkresová část se skládá ze situačních výkresů a podrobných výkresů objektů.

3. Malé vodní nádrže

Pod pojmem „malá vodní nádrž“ se rozumí prostor k hromadění vody s objemem do 2 mil. m³ a největší hloubkou nádrže do 9 m, dle ČSN 75 2410. Při návrhu vodní nádrže musí být stanoveny její hlavní a vedlejší funkce. Nejčastěji se navrhují nádrže víceúčelové, tzn. nádrže které plní více účelů najednou. Hlavním cílem je zlepšení vodohospodářských poměrů a pozitivní vliv na životní prostředí. [1]

Podle účelu plnění se nádrže dělí na [1]:

- Zásobní – slouží pro odběr vody, nadlepšování průtoků.
- Ochranné – snižují povodňové průtoky.
- Vytvářející vodní prostředí – rybochovné, rekreační.
- Upravující vlastnosti vody – usazovací nádrže, účelové nádrže.

3.1. Základní rovnice nádrže

Mezi základní podklady pro řešení této rovnice patří údaje o přítoku vody do nádrže $Q = f_1(t)$ a odtoku vody z nádrže $Q = f_2(t)$. Oba tyto údaje jsou funkcí času. [1]

Objem vody, který do nádrže přiteče za velmi malý časový interval dt , je dán rovnicí [1]:

$$dV = (Q(t) - O(V(t)))dt \quad (3.1)$$

kde $Q(t)$ a $V(t)$ jsou střední hodnoty přítoku a odtoku vody z nádrže.

Tuto rovnici lze zapsat jako základní diferenciální rovnici prvního řádu [1]:

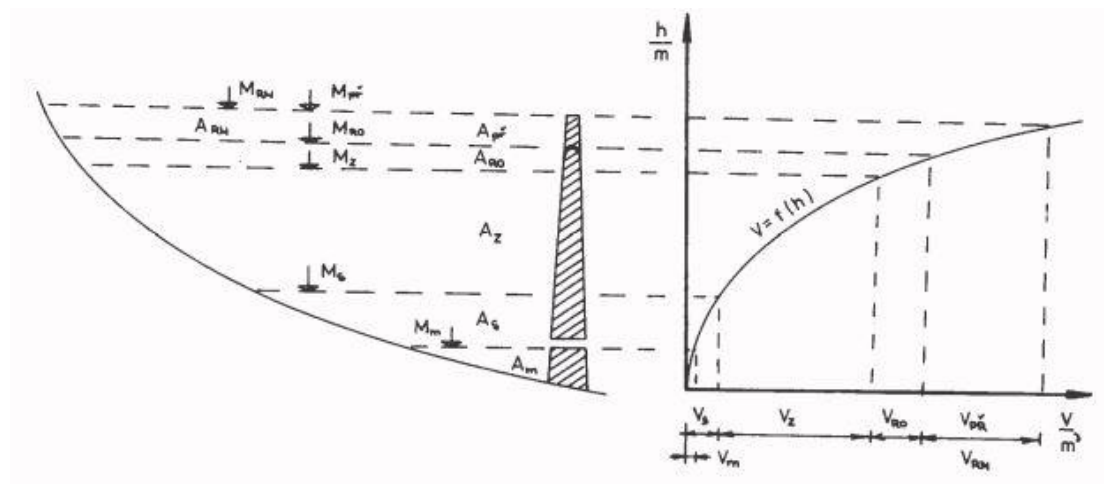
$$Q(t) - O(V(t)) = \frac{dV(t)}{dt} \quad (3.2)$$

Z tohoto vztahu plyne [1]:

- $Q(t) > O(V(t))$, retence $R(t) > 0$ – nádrž se plní,
- $Q(t) < O(V(t))$, retence $R(t) < 0$ – nádrž se prázdní,
- $Q(t) = O(V(t))$, retence $R(t) = 0$ – plnění nádrže se nemění.

3.2. Prostory v nádrži

Prostor v nádrži se dělí na prostor mrtvý, stálého nadržení, zásobní, retenční ovladatelný a retenční neovladatelný (obr. 1).



Obr. 1) Dílčí prostory v nádrži [1]

A_m , mrtvý prostor – část objemu, který se nachází pod spodní výpustí a nelze ho gravitačně vyprázdnit. [1]

A_s , prostor stálého nadržení – část prostoru, který se za normálního režimu nevyužívá. [1]

A_z , zásobní prostor – slouží pro regulaci odtoku z nádrže a zlepšení celkového odtoku. Velikost zásobního prostoru je stanovena podle vodohospodářského řešení nádrže. [1]

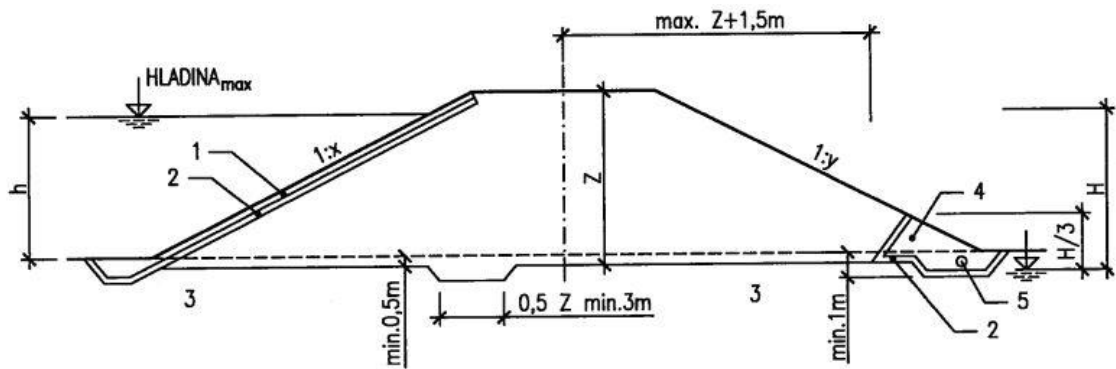
A_r , retenční prostor – slouží k zachycení povodní a k transformaci povodňové vlny. Retenční prostor se dělí na ovladatelný a neovladatelný. Ovladatelný prostor se nachází pod úrovní koruny nehrazeného přelivu nebo úrovní horní hrany uzávěru hrazeného přelivu. Neovladatelný prostor se nachází nad ovladatelným prostorem až po maximální hladinu. [1]

3.3. Základní charakteristiky MVN

Sypané přehrady dělíme na:

- Zemní (homogenní a nehomogenní).
- Kamenité.
- Smíšené.

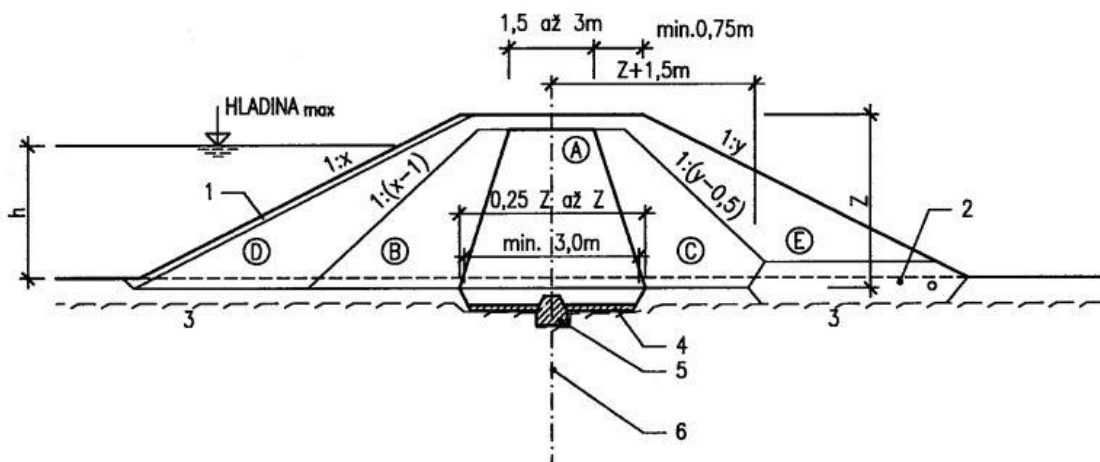
Zemní hráze jsou vhodné tam, kde se dá použít materiál v okolí stavby hráze. Homogenní hráz (obr. 2) se nejčastěji používá do výšky 6,0 m a stabilizační a těsnicí část se skládá z jednoho materiálu. Hráz nehomogenní (obr. 3) je vhodnější pro výšku hráze nad 6,0 m a skládá se z těsnicí části, přechodové části (filtry) a stabilizační části. [2]



Legenda

- 1 Opevnění
- 2 Filtr
- 3 Nepropustné podloží
- 4 Patní drén
- 5 Drenážní potrubí

Obr. 2) Homogenní hráz [2]



Legenda

- 1 Opevnění
- 2 Drenážní prvek
- 3 Skalní podloží
- 4 Betonová vyrovnávací vrstva
- 5 Betonová zavazující ostruha
- 6 Těsnicí prvek v podloží

Obr. 3) Nehomogenní hráz [2]

Na vzdušné straně se nachází patní drén, který slouží pro bezpečné odvedení prosáklé vody. V patním drénu se nachází odtokové potrubí pro odvedení vody.

Šířka koruny hráze se určuje podle toho, zda je hráz pojízdná nebo nepojízdná. Pokud je navržena pojízdná hráz se zpevněnou komunikací, šířka hráze se volí podle návrhových prvků dané komunikace. Jestliže je hráz určena jako pojízdná pro občasné přejetí vozidel a je nezpevněná, šířka koruny musí být minimálně 3,50 m. Šířka hráze neurčena pro přejezd vozidel se určuje podle její celkové konstrukce, ale u hrází vyšších jak 5,0 m se volí šířka koruny minimálně 3,0 m. [2]

Opevnění návodního svahu je velmi důležité, kvůli tlaku vody, usmyknutí a nárazu vln. Opevnění se může skládat například z kamenného pohození nebo dlažby. U suchých nádrží stačí pouze opevnění travním porostem. Sklon návodního svahu se pohybuje v rozmezí 1:3 – 1:3,7. Sklon vzdušního svahu se většinou volí 1:2. Opevnění se volí podle materiálu hráze, ale většinou se volí travní porost, který je potřeba udržovat. [2]

Výběr zeminy pro stavbu sypané hráze je velmi důležitý pro její stabilitu. Mohou být použity odlišné zeminy pro těsnicí a stabilizační část, ale je vhodnější použít jednotnou zeminu pro obě části. Zatřídění vhodných zemín je uvedeno v tabulce č.1

Tab. 1. Vhodnost zemín

Znak skupiny	Homogenní hráz	Těsnicí část	Stabilizační část
GW	nehodná	nehodná	výborná
GP	nehodná	nehodná	výborná
G-F	málo vhodná	nehodná	velmi vhodná
GM	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
GC	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
SW	nehodná	nehodná	vhodná
SP	nehodná	nehodná	vhodná
S-F	nehodná	nehodná	vhodná
SM	vhodná	vhodná	málo vhodná
SC	velmi vhodná	výborná	nehodná
MG	velmi vhodná	velmi vhodná	nehodná
CG	velmi vhodná	výborná	nehodná
MS	vhodná	vhodná	nehodná
CS	velmi vhodná	velmi vhodná	nehodná
ML-MI	málo vhodná	vhodná	nehodná
CL-CI	vhodná	velmi vhodná	nehodná
MH-ME	málo vhodná	málo vhodná	nehodná
CH-CE	málo vhodná	málo vhodná	nehodná

3.4. Funkční objekty a zařízení

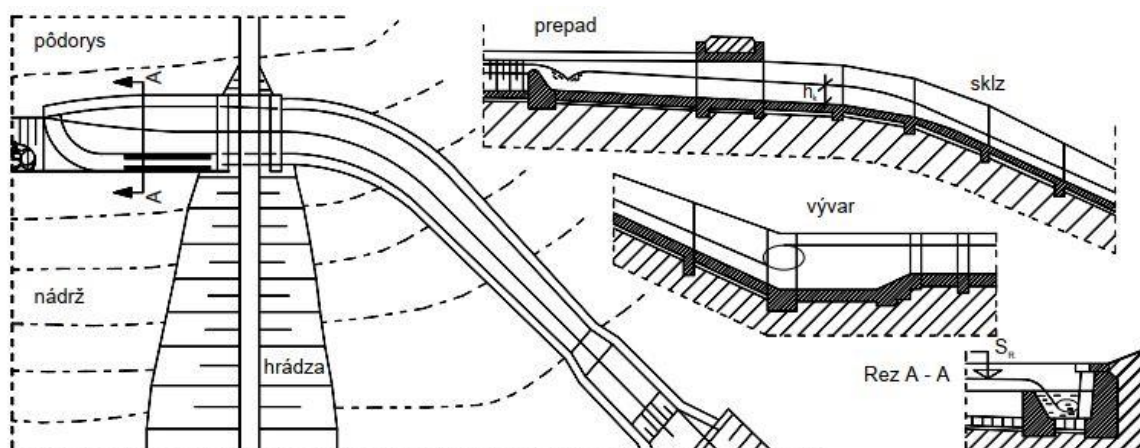
Mezi funkční objekty na nádrži patří bezpečnostní přeliv a výpustné zařízení.

3.4.1. Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv slouží pro bezpečné převedení povodňových průtoků. Přeliv je nutné navrhovat na všech průtočných nádržích a navrhuje se na převedení průtoku Q_H (u MVN je to nejčastěji Q_{100}). Bezpečnostní přeliv se skládá z přepadové části, skluzu a vývaru, jak můžeme vidět na obrázku 4. [3]

Typy bezpečnostních přelivů: [4]

- Korunový – přelivná hrana je umístěna v koruně hráze.
- Boční – přelivná hrana se nachází na boku nádrže. Přes spadiště a skluz ústí do vývaru.
- Kašnový – přelivná hrana je předsunuta do nádrže. Obvykle se kašnový přeliv skládá z půlkružnice a dvou přímých úseků.
- Šachtový – jedná se o svislé trubní vedení se zaoblenou přelivnou hranou. Šachta v dolní části přechází do odpadního potrubí



Obr. 4) Boční přepad [4]

Pro výpočet dokonalého přepadu se používá rovnice:

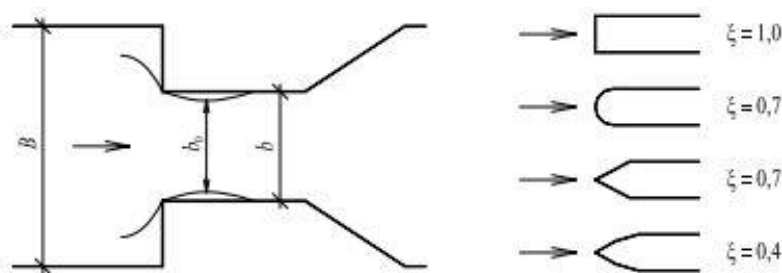
$$Q = mb_0\sqrt{2gh}^{3/2}, \quad (3.3)$$

veličina m je součinitel přepadu, b_0 je účinná šířka přelivu, g je gravitační zrychlení a h je výška přepadového paprsku.

Na obr. 5 je půdorysně vidět šířka přelivu. Pro výpočet účinné šířky přelivu se používá vztah:

$$b_0 = b - 0,1\xi nh \quad (3.4)$$

kde b je skutečná šířka přelivu, ξ je součinitel tvaru pilíře, n je počet míst kontrakce a h je výška přepadu.



Obr. 5) Boční kontrakce a tvary pilíře pro určení součinitele ξ [5]

3.4.2. Výpustné zařízení

Každá vodní nádrž by měla obsahovat výpustné zařízení. Výpust' slouží pro regulaci vody v nádrži, při povodni se používá pro vypuštění nádrže nebo snížení hladiny na danou úroveň. Pro regulaci průtoku nám slouží uzávěr na výpusti. Pro menší vodní nádrž stačí jedna výpust. U větších nádrží s ovladatelných prostorem nad 1 mil. m³ musí být dvě spodní výpusti. Nejmenší přípustný rozměr pro výpust je 300 mm. [2]

U nádrží s nutnou regulací hladin a hladinou stálého nadržení se navrhují uzávěry provozní, ale i revizní, které bezpečně odstaví spodní výpust z provozu. Tyto uzávěry se navrhují na návodní straně hráze předsazené od tělesa hráze. Při delší vzdálenosti od tělesa hráze k výpusti, se může zřídit přístupová lávka. Uzávěry mohou být stavidlové, lopátkové, hradící a jiné. Mezi hradící uzávěr se řadí požerák s trubní výpustí. Výška požeráku je nastavena pomocí dřevěných dlužů do svislých drážek. Před dlužemi jsou osazeny česle kvůli zabránění nečistot. [4]

Výpočet u požeráku se realizuje jako dokonalý přepad s bočními kontrakcemi. Výpočet u trubních výpustí se realizuje jako výtok otvorem, kde známe průměr potrubí D a je nutné uvažovat se zavzdušněním potrubí za zúžením.

3.5. Napouštění a prázdnění nádrží

Jedna z metod pro výpočet prvního naplnění nádrže je použití metody součtových čar M-denních průtoků, které jsou k dispozici od ČHMU. Problematické je to, že tu nejsou zavedeny ztráty a není zde zohledněn požadavek na minimální zůstatkový průtok. [3]

$$t = \frac{V_z}{(Q_{30} - Q_{330})} \quad (3.5)$$

kde V_z je objem zásobního prostoru.

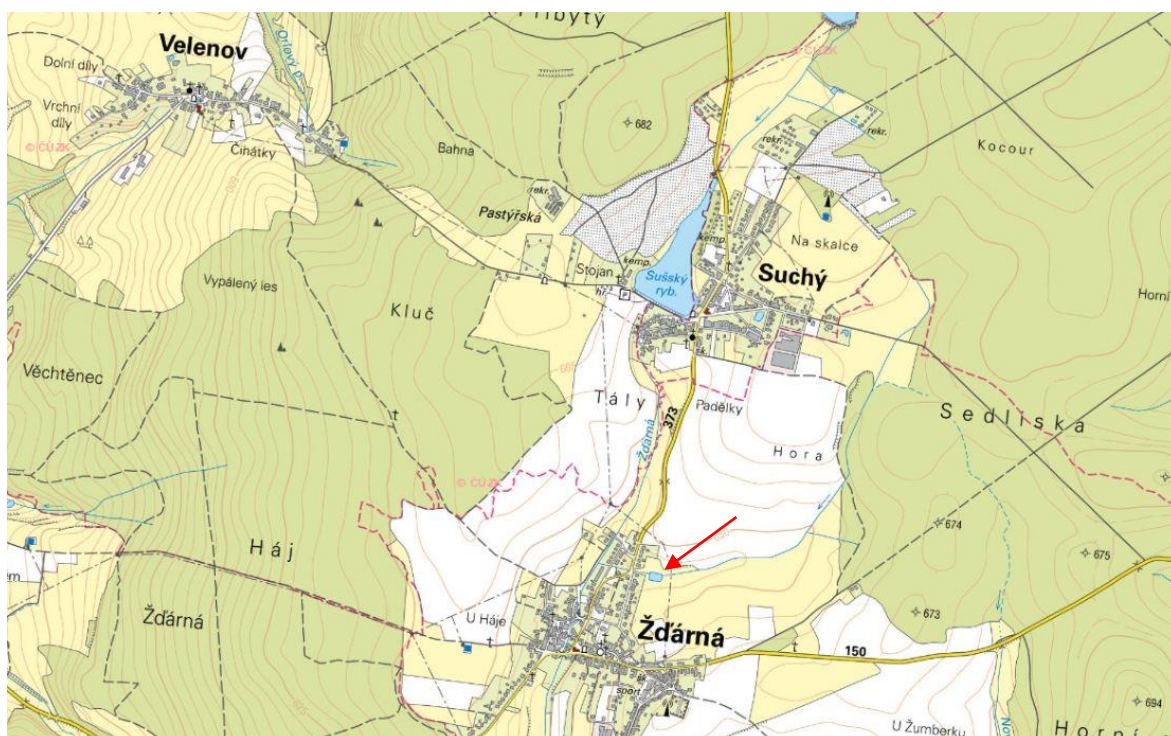
Při prázdnění se postupně vypouští objem nádrže, tak že se vysunují dluže. Doba prázdnění t_c je daná součtem dob prázdnění Δt_i . [3]

$$t_c = \sum_{i=1}^n \Delta t_i = \frac{0,132V}{mb_0z^{1,5}} \quad (3.6)$$

kde V je objem nádrže, m je přepadový součinitel, b_0 účinná šířka dluže a z je výška dluže. [3]

4. Zájmové území

Vodní nádrž se nachází v obci Žďárná. Obec se nachází v Jihomoravském kraji a spadá pod okres Blansko. Obec Žďárná leží asi 10 km východně od města Boskovice. Rozloha obce je 10,37 km² a žije zde cca 800 obyvatel. Obcí protéká vodní tok Žďárná, ale do samotné vodní nádrže vtéká bezejmenný tok, který se pak stává levým přítokem vodního toku Žďárná. Jak je vidět na obr. 6, vodní nádrž se nachází na konci obce, směrem na obec Suchý. Nádrž je nyní zarostlá a tvoří spíše biotop viz obr. 7.



Obr. 6) Obec Žďárná [ČUZK ZM10]

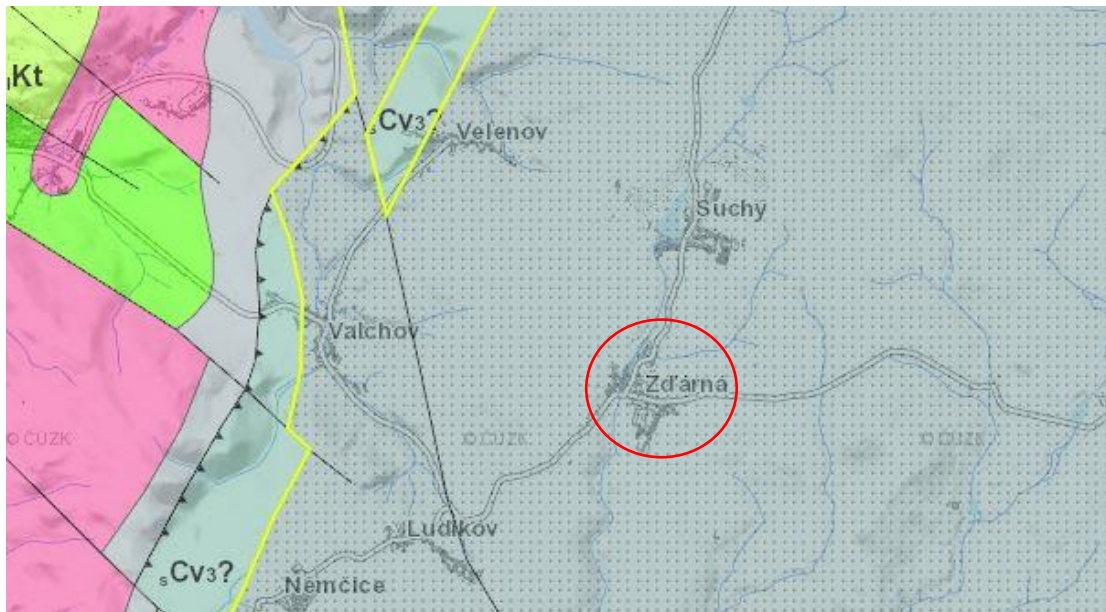


Obr. 7) Současný stav nádrže [autor]

4.1. Geomorfologie a geologie

Území kde se nachází obec Žďárná patří do geomorfologické oblasti Brněnská vrchovina, celku Dražanská vrchovina a podcelku Konické a Adamovské vrchoviny. Okolí obce pokrývají spíše louky a pole, až za jižní části obce se rozprostírají lesy. Velkou část území tvoří Protivanovská planina s plošným až stupňovitě se zvedajícím reliéfem. Na jihu obce se nachází Ludíkovská plošina. Samotná obec se nachází na velmi svažitém území. [6]

Z geologického hlediska patří obec Žďárná do regionu Paleozoikum Českého masivu, vyskytující se horniny jsou masivní droby a jílovité břidlice, prachovce, viz obr. 8. [6].



Obr. 8) Geologie území [7]

4.2. Hydrologie

Zájmovým územím protéká vodní tok Žďárna a její bezejmenný přítok, který se nachází na východní straně obce. Na tomto přítoku je umístěna malá vodní nádrž. Obec se nenachází v záplavovém území.

Vodní tok Žďárna [8]:

- IDVT: 10205910
- Číslo hydrologického pořadí: 4-15-02-0770
- Správce povodí: Povodí Moravy, s.p.
- Správce toku: Lesy ČR, s.p.

Bezejmenný vodní tok: [8]

- IDVT: 10190267
- Číslo hydrologického pořadí: 4-15-02-0770
- Správce povodí: Povodí Moravy, s.p.
- Správce toku: Lesy ČR, s.p.

4.2.1. M-denní a N-leté průtoky

Data o m-denních a N-letých průtocích byly zjištěny od ČHMU.

Tab. 2. M-denní průtoky pro bezejmenný přítok

M [den]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [l/s]	28	19	14	11	8,5	6,7	5,4	4,2	3,1	2,2	1,4	0,7	0,0

Tab. 3. N-leté průtoky pro bezejmenný přítok

N [rok]	1	2	5	10	20	50	100
Q [m ³ /s]	0,25	0,39	0,78	1,3	2,1	3,8	5,7



Obr. 9) Zájmové území [HEIS VUV]

4.3. Klimatické poměry

Zájmové území spadá do sedmého klimatického regionu, tedy MT4 – mírně teplý, vlhký. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 6 – 7 °C, průměrný roční úhrn srážek je 650 – 750 mm. Další informace k tomuto klimatickému regionu jsou vidět v tab. 4 [6]

Tab. 4. Klimatické charakteristiky

Charakteristiky	MT4
Počet letních dnů	20 – 30
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140 – 160
Počet mrazových dnů	110 – 130
Počet ledových dnů	40 – 50
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 až -3
Průměrná teplota v červenci [°C]	16 – 17
Průměrná teplota v dubnu [°C]	6 – 7
Průměrná teplota v říjnu [°C]	6 – 7
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	110 – 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období v mm	350 – 450
Srážkový úhrn v zimním období v mm	250 – 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 – 80
Počet dnů zamračených	150 – 160
Počet dnů jasných	40 -50

4.4. Inženýrsko-geologické a geodetické zaměření

Inženýrsko-geologický průzkum na dané lokalitě nebyl součástí projektové dokumentace.

Geodetické zaměření bylo provedeno na lokalitě v místě nádrže a jejího okolí. Toto zaměření poskytla firma ZK-Brno, s.r.o. Zaměření je v souřadném systému S-JTSK a výškovém systému Balt po vyrovnání.

4.5. Využití území

V obci se nachází mateřská a základní škola, kulturní dům, který byl v roce 2016 zrekonstruován dále sportovní hala, obecní knihovna a pošta.

V obci je vodovod pro veřejnou potřebu ve správě VAS, a.s, ale splašková kanalizace zde není. V místě je stávající jednotná kanalizace, která ústí do vodního toku Žďárná. Likvidace splaškových vod probíhá lokálně u zdroje. Dle PRVK JMK zde bude vybudována nová gravitační splašková kanalizace, která bude ústit na nově vybudovanou ČOV. [6]

4.6. Současný stav nádrže

Nádrž se v současné době příliš nevyužívá a tvoří spíše mokřad nebo tůň. Její okolí je zarostlá a není zde velké množství vody, jak je vidět na obr. 10.

Vypouštění a odtok z nádrže je řešen pomocí odtokového potrubí, které ústí do koryta pod nádrží. Odtokové potrubí není v dobrém stavu, je poškozeno a zaneseno (viz obr. 11 a 12). Šířka koruny hráze se pohybuje od 3,0 – 3,5 m. Svahy hráze jsou osety travním porostem. Pod hrází se nachází odtokové koryto, které ústí do propustku DN 800, což je vidět na obr. 13 a 15.



Obr. 10) Zátopa [autor]



Obr. 11) Požerák [autor]



Obr. 12) Odtokové potrubí [autor]



Obr. 13) Odtokové koryto [autor]



Obr. 14) Hráz se zátopou [autor]



Obr. 15) Přítokové koryto [autor]

5. Navrhované řešení

Cílem je obnova vodní nádrže a jejich funkčních objektů a zároveň odbahnění dna vodní nádrže.

5.1. Podklady k řešení

K návrhu sloužily jako podklad data od ČHMU, kde byly získány údaje o m-denních a N-letých průtocích, a rozbor sedimentu od firmy ENVIROEKO, s.r.o. Dále byly použity katastrální snímky, WMS vrstva pro digitální model terénu, listy vodohospodářské mapy, geodetické zaměření lokality a stanoviska správců inženýrských sítí.

5.1.1. ENVIROEKO, s.r.o

Dnové sedimenty z lokality Vodní nádrž v obci Žďárná, k. ú. Žďárná, parc. č. 385/9, 385/2, 385/6 lze využít mimo ZPF (využití na povrchu terénu). Analýzy dnového sedimentu vyhovují podmínkám stanovených ve vyhlášce č. 294/2005 Sb. O podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhl. č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady v rozsahu přílohy č. 10 tabulka č. 10.3. – „Požadavky na obsah škodlivin v sedimentech využívaných na povrchu terénu“.

5.2. Seznam pozemků a staveb dotčených prováděním stavby

V tab. 5 jsou vypsané pozemky dotčené stavbou.

Tab. 5. Pozemky dotčené stavbou

VN Žďárná					
Č.P	KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ	VLASTNÍK	VÝMĚRA (m²)	ZÁBOR DOČASNÝ (m²)*	DRUH POZEMKU
385/24	Žďárná [795534]	Obec Žďárná, č. p. 10, 67952 Žďárná	1973	1887	zahrada
385/9	Žďárná [795534]	Obec Žďárná, č. p. 10, 67952 Žďárná	1264	1230	Vodní plocha
385/2	Žďárná [795534]	Obec Žďárná, č. p. 10, 67952 Žďárná	1325	976	Vodní plocha
385/6	Žďárná [795534]	Obec Žďárná, č. p. 10, 67952 Žďárná	2619	1500	Vodní plocha
385/13	Žďárná [795534]	Obec Žďárná, č. p. 10, 67952 Žďárná	109	73	Vodní plocha
385/29	Žďárná [795534]	Obec Žďárná, č. p. 10, 67952 Žďárná	50	8	zahrada

385/5	Žďárná [795534]	SJM Kavan René a Kavanová Daniela, č. p. 292, 67952 Žďárná	541	192	zahrada
-------	-----------------	---	-----	-----	---------

5.3. Celkový popis stavby

Jedná se o rekonstrukci a obnovu stávající malé vodní nádrže v obci Žďárná v Jihomoravském kraji. Šířka hráze bude rozšířena na 3,5 m, návodní svah bude opevněn a vzdušní svah bude ohumusován. Dojde k rekonstrukci spodní výpusti a vybudování nového bezpečnostního přelivu.

Stavba bude sloužit pro akumulaci a retenci vody v krajině. Jedná se o stavbu trvalou.

5.4. Navrhované parametry stavby

Charakteristiky VN

Kóta hladiny zásobního prostoru M_Z :	641,50 m n.m.
Objem zásobního prostoru M_Z :	2 270 m ³
Zatopená plocha při M_Z :	2 358 m ²
Maximální hloubka při M_Z :	2,0 m
Kóta hladiny M_{MAX} při Q_{20} :	642,00 m n.m.
Objem nádrže při M_{MAX} Q_{20} :	3 060 m ³
Zatopená plocha při M_{MAX} Q_{20} :	2 712 m ²
Maximální hloubka při M_{MAX} Q_{20} :	2,50 m
Kóta koruny hráze:	642,00 m n.m.

Bezpečnostní přeliv

Kóta hrany bezpečnostního přelivu	641,60 m n.m.
Délka přelivné hrany	3,40 m
Kapacita bezpečnostního přelivu při Q_{20}	2,12 m ³ /s
Výška přepadového paprsku při Q_{20}	0,40 m

Výpustné zařízení

Dno požeráku:	639,50 m n.m.
Horní líc požeráku:	642,00 m n.m.
Kapacita potrubí:	0,48 m ³ /s

Zemní hráz

Kóta koruny hráze	642,00 m n.m.
Délka hráze	cca 35 m

5.5. Základní charakteristika objektů

Stavba je rozdělena na pět stavebních objektů, jejichž výpis je uveden v tabulce 6.

Tab. 6. Rozdělení stavebních objektů

<u>Obnova vodní nádrže Žďárná (k.ú. Žďárná)</u>		
SO 01	PRÁCE V ZÁTOPE	odstranění veškerých dřevin, odstranění sedimentu, vytvarování příčných i podélných profilů, těsnící koberec, zahloubení v litorální zóně
SO 02	HRÁZ	zemní homogenní sypaná, šířka koruny 3,5 m, koruna hráze 642,00m n.m., návodní líc 1:3 opevněn LK, vzdušní 1:2 ohumusován, na LB i PB zavázána do stávajícího terénu
SO 03	VÝPUSTNÉ ZAŘÍZENÍ	prefabrikovaný požerák, uložen do monolitické vany, potrubí DN 400, dvojitá dlužová stěna, česle, korugované PVC opevnění koryta pod SV
SO 04	BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV	snížení koruny na 641,60 m n.m., opevněno pomocí LK, zavazovací monolitické prahy, odtokové koryto
SO 05	ÚPRAVA KORYTA POD SV	svahy koryta 1:1,5 – 1:2, levý svah opevněn lomovým kamenem, dno opevněno stabilizační patkou, šířka dna 1,0 m

5.5.1. SO 01 – Práce v zátopě

V rámci tohoto stavebního objektu dojde k odstranění biologického materiálu a odtěžení svrchní vrstvy zeminy z prostoru zátopy. Těžba v prostoru zátopy bude probíhat v rámci vytvarování zátopy nádrže dle příčných řezů dle výkresové dokumentace.

Podélný profil hráze je proveden ve sklonu 2,1 – 3,8 %.

Litorální zóna nádrže je navržena na vtoku nádrže o ploše cca 430 m² a hloubce vody maximálně 0,4 m. V prostoru litorální zóny budou uměle vyhloubeny kapsy, které budou sloužit pro zadržení vody pro případ, že dojde k poklesu vodní hladiny v letních měsících. Zde je maximální hloubka vody 0,8 m.

Příčné profily zátopy jsou sklonovány směrem k její ose, ve které je navržena kyneta.

5.5.2. SO 02 – Hráz

Je navržena zemní sypaná hráz. Koruna hráze je navržena na 642,00 m n.m. se sklony 1:2 u vzdušního líce a 1:3 u návodního líce. Hráz je navržena jako pojízdná, tudíž její šířka je 3,5 m. Návodní líc bude opevněn pohozelem z lomového kamene frakce 125/200, tloušťky 0,3 m na filtrační vrstvě kameniva 32/63, tloušťky 0,15 m. Opevnění bude opřeno o patku z lomového kamene hmotnosti min. 200 kg, které bude vytaženo 0,1 m nad úroveň M_z – 641,50 m n.m. Neopevněné části tělesa hráze budou ohumusovány a osety travní směsí.

Na vzdušním líci hráze bude zřízen patní drén, který bude ukládán do filtračního materiálu. Drenážní potrubí je navrženo částečně perforované a bude zaústěno do LB i PB opevnění pod čelem SV.

Navržená hráz délky cca 39 m bude na obou svých koncích navázána na stávající terén hráze.

5.5.3. SO 03 – Výpustné zařízení

Nový výpustný objekt je navržen jako otevřená prefabrikovaná šachta s půdorysnými rozměry 1,20 x 1,32 m. Dno šachty je založeno na monolitické desce z vodostavebního betonu C30/37 XF3, XC2, XA1 a dále na podkladním betonu o tloušťce 0,2 m. Nátok do potrubí spodní výpusti a dno prefabrikovaného požeráku je umístěn na kótě 639,50 m n.m. Vrch požeráku je na kótě 642,00 m n.m., hloubka požeráku je 3,1 m. Na šachtu SV navazuje vyskládané kamenivo hmotnosti 1000 kg.

Ve stěnách šachty jsou 3 páry vodících drážek z ocelových profilů U65. Drážky slouží pro osazení dvojité dlužové stěny s jílovou výplní a ocelových česlí. Horní líc šachty je osazen kompozitovým roštem, který je uložen v rámu z L50 profilů. Na stěně spodní výpusti bude umístěna vodočetná lať. Lať délky 1,0 m a šířky 0,1 m je vyrobena z tvrzené technické pěny a má vyznačenou $M_z = 641,50$ m n.m a $M_{max}(Q_{20}) = 642,00$ m n.m.

Objekt čela spodní výpusti bude proveden jako opěrná stěna. Kóta dna výpustného potrubí je 639,35 m n.m. Prostor za čelem výpusti bude v délce 5,0 m opevněn lomovým kamenem vyloženým na štět do vrstvy podkladního betonu tloušťky min. 0,3 m. Opevnění je zajištěno monolitickým prahem tloušťky 0,3 m z vodostavebního betonu na vrstvě podkladního betonu.

Odtokové koryto za výpustným zařízením bude dále plynule napojeno na stávající koryto vodního toku.

Šířka koryta ve dně je 1,0 m, hloubka minimálně 1,0 m a sklony svahů 1:2.

V první části výpočtu byl stanoven průtok, který přepadá přes dluže. Průtokové množství, které přepadá přes dluže bylo stanoveno na hodnotu $Q = 0,449$ m³/s.

$$Q = mb_0\sqrt{2gh}^{3/2} \quad (5.1)$$

Přepadový součinitel m byl stanoven na hodnotu 0,41. Účinná šířka přelivu b_0 se měnila v závislosti na výšce, a to podle vzorce viz níže.

$$b_0 = b - 0,1\xi nh \quad (5.2)$$

Vstupní hodnoty:

$b =$	0.80	m	šířka přelivu
$m =$	0.41	-	přepadový součinitel
$g =$	9.81	ms ⁻²	gravitační zrychlení
$\xi =$	1.00	-	tvárový součinitel kontrakcí
$n =$	2.00	-	počet kontrakcí

V druhé části byl stanoven průtok, který protéká potrubím spodní výpusti. Výpočet byl počítán jako výtok otvorem. Nejdříve byl vypočítán rychlostní součinitel φ .

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha_c + \xi}} \quad (5.3)$$

Poté byl vypočítán součinitel výtoku $\mu = \varepsilon\varphi$ a průtok.

$$Q = \mu A \sqrt{2gh} \quad (5.4)$$

Výsledný průtok je $Q = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$. Podrobnější výpočet je uveden v příloze B.

5.5.4. SO 04 – Bezpečnostní přeliv

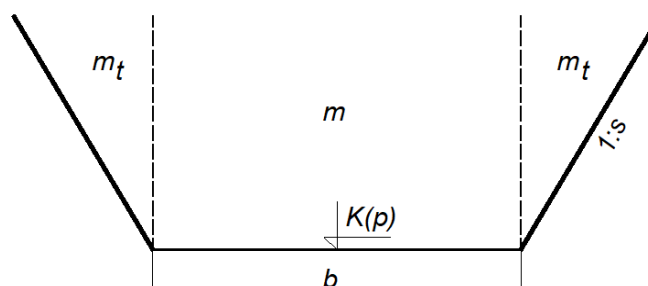
Objekt bezpečnostního přelivu (BP) je navržen do pravobřežního zavázání hráze formou opevněného snížení hráze. Přelivná hrana o délce 3,40 m je navržena na kótu 641,60 m n.m. Svahy snížení jsou vedeny v poměru 1:5. Prostor BP je v koruně zajištěn zavazovacími prahy. Prostor mezi prahy je vyložen lomovým kamenivem na štět. Minimální výška kameniva je 0,6 m. Kamenivo je ukládáno do stěrkového podsypu frakce 32/63 tloušťky minimálně 0,3 m. Návodní líc je až po opevnění tělesa hráze vyložen kamennou rovinou tloušťky 0,4 m, hmotnosti minimálně 80 kg a prostor skluzu je vyložen kamenem na štět hmotnosti minimálně 200 kg tloušťky 0,6 m do vrstvy kameniva frakce 32/63 tloušťky 0,3 m a zajištěn zavazovacím prahem z vodostavebního betonu. Dále je odtokové koryto v délce 5.0 m opevněno lomovým kamenem na štět.

Koryto od bezpečnostního přelivu je navrženo ve sklonu 4 %, šířka dna bude 1,00 m, sklony svahů 1:2 a bude opevněno pohozelem z lomového kamene. Odtokové koryto bude zaústěno do odtokového koryta od spodní výpusti, kde bude opevnění zajištěno příčnými prahy z lomového kamene.

Kapacita přelivu je navržena tak, aby převedla $Q_{20} = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ při $M_{\text{max}}(Q_{20}) = 642,00 \text{ m n.m.}$, což je zároveň kóta koruny hráze.

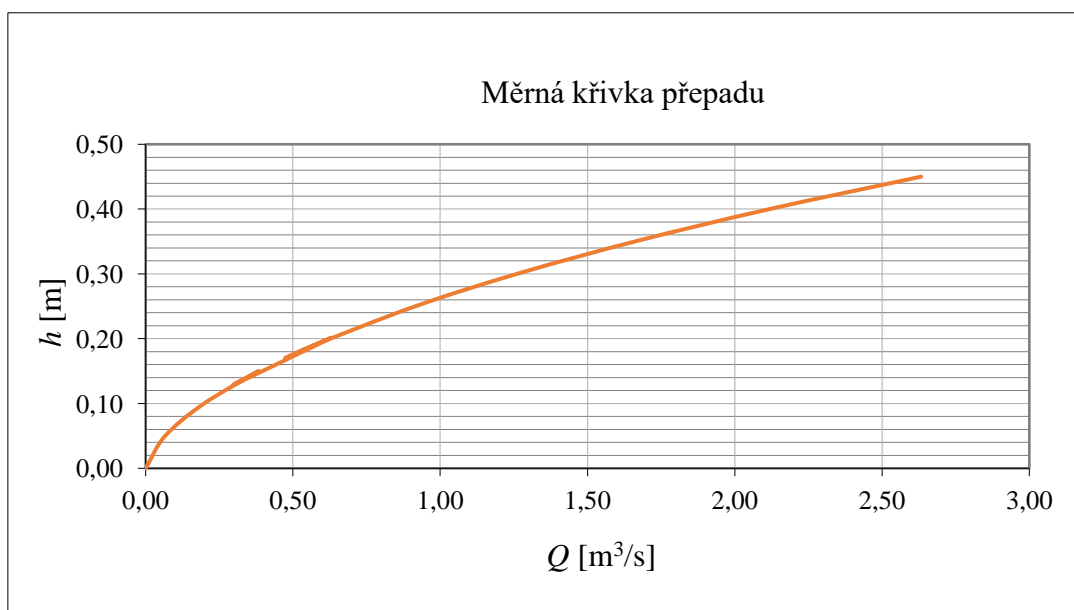
Výpočet průtoku byl stanoven podle vzorce pro lichoběžníkový přeliv.

$$Q_p = (mb\sqrt{2g}(H - K_p)^{3/2} + m_t s \sqrt{2g}(H - K_p)^{5/2} \quad (5.5)$$



Obr. 16) Schéma přelivu

kde m je přepadový součinitel pro obdélníkovou část, který byl stanoven na hodnotu 0,37 a m_t (trojúhelníková část) je 0,32. Sklon svahu s má hodnotu 1:5, protože se jedná o pojezdovou hráz. Šířka přelivu ve dně b je 3,4 m.



Graf č. 1) Měrná křivka

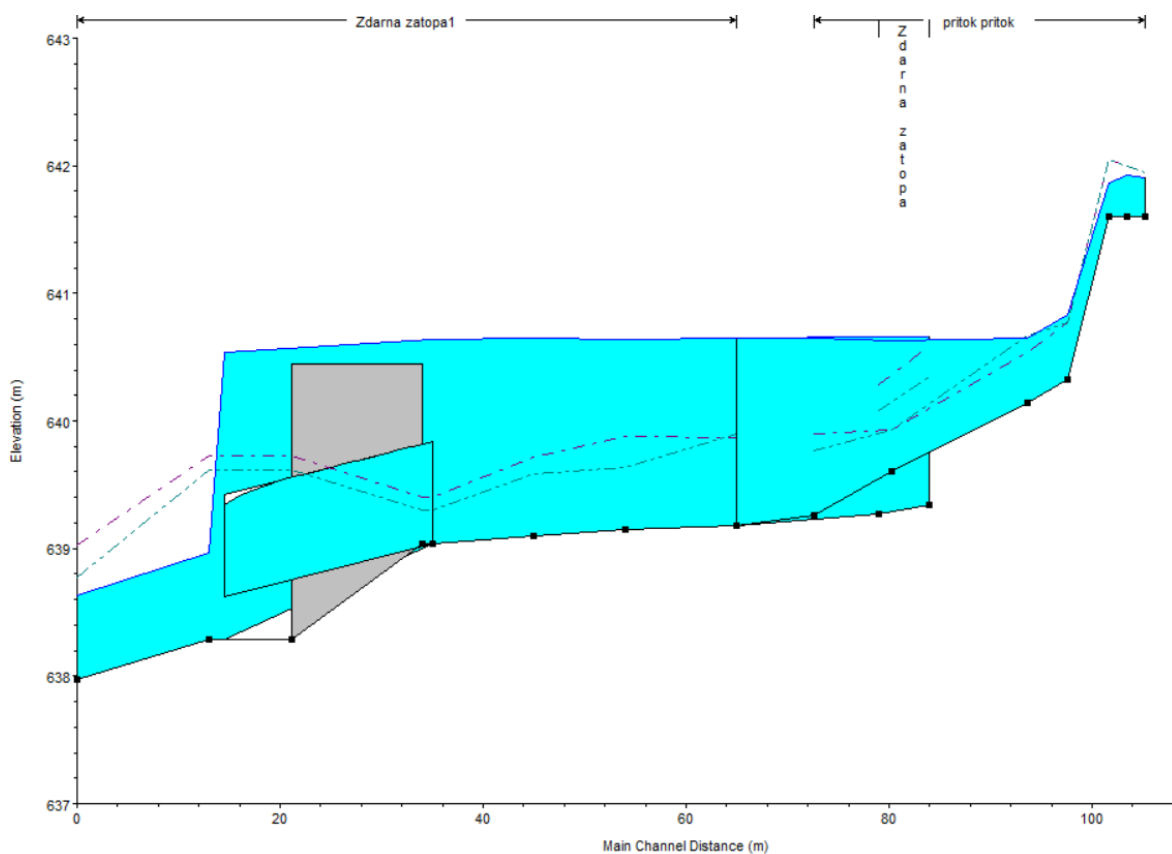
5.5.5. SO 05 – Koryto od SV

Koryto od spodní výpusti je v současné době hodně zarostlé a utváří se zde samovolný vývoj koryta. Koryto se tudíž nachází v těsné blízkosti zástavby (obr. 17), proto dojde k jeho opravě a hlavně opevnění. Levostranný svah bude zakončen minimálně 1,0 m od stávajícího oplocení u zástavby. Šířka koryta ve dně bude 1,0 m a dno bude opevněno opěrnou patkou. Levý svah bude veden ve sklonu 1:1,5 a opevněn lomovým kamenem. Pravý svah bude veden ve sklonu 1:2. V místě napojení koryta od bezpečnostního přelivu a koryta od spodní výpusti bude provedeno opevnění z lomového kamene a budou zde osazeny dva příčné prahy z lomového kamene na štět, výšky minimálně 1,0 m.



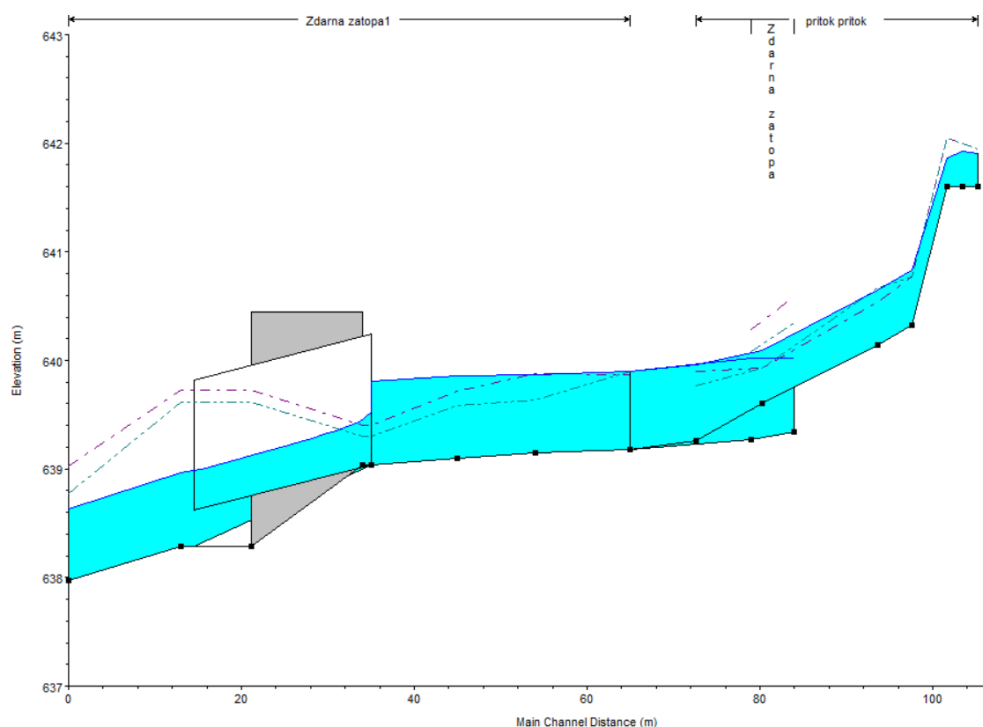
Obr. 17) Odtokové koryto od SV [autor]

Koryto ústí do stávající propustku DN 800. V programu HEC-RAS byl namodelován úsek od spodní výpusti přes propustek, kvůli zjištění kapacity propustku. Z výsledků bylo zjištěno, že propustek není kapacitní (obr. 18)



Obr. 18) Podélný profil – propustek DN800 [HEC-RAS]

Bylo navrženo zkapacitnění propustku. Místo kruhového propustku byl navržen propustek ve tvaru obdélníku šířky 2,0 m a výšky 1,2 m. Jak je vidět z podélného profilu (obr. 19), tak propustek je kapacitní a neovlivňuje polohu hladiny v korytě před propustkem.



Obr. 19) Podélný profil navrhovaného propustku [HEC-RAS]

5.6. Sediment ze dna zátopy

V zátopě se nachází vrstva sedimentu, který je potřeba odstranit. Dojde k vypuštění nádrže a následnému odstranění sedimentu. Sediment bude nahnut na okraj zátopy nebo uložen na mezideponii na proschnutí. Poté bude odvezen a rozprostřen na parcelu č. 501/92, ve vlastnictví obce. Parcela spadá do zemědělského půdního fondu a je vedena jako orná půda. Výpočet kubatur je vidět v tab. 7, kde celkový objem sedimentu je 270 m³.

Tab. 7. Kubatury sedimentu

číslo řezu	staničení	L [m]	Plochy výkopů S [m ²]			V [m ³]
			jednotlivé	souhrnné	průměrné	
PF7	99,0		2,00			
		6,0		5,87	2,94	17,61
PF8	105,0		3,87			
		15,0		7,38	3,69	55,35
PF9	120,0		3,51			
		15,0		7,15	3,58	53,63
PF10	135,0		3,64			
		15,0		11,18	5,59	83,85
PF11	150,0		7,54			
		15,0		7,54	3,77	56,55
PF12	165,0		0,00			
						270

5.7. Poloha vzhledem k záplavovému území, poddolovanému území apod.

Stavba se vzhledem ke svému charakteru nenachází v záplavovém území. Veškeré práce budou prováděny za běžných průtoků v toku.

Oblast není zasažena poddolováním.

5.8. Vliv stavby na okolní pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území

Stavba nebude mít trvalý negativní vliv na okolní stavby a pozemky. Odtokové poměry na tocích budou zachovány. Vytvarováním příčných profilů zátopy nádrží dojde ke zvýšení akumulčního objemu krajiny. Litorální zóna s vyhloubenými místy bude společně s vodní nádrží vytvářet biotop, který bude rozvíjet biodiverzitu území.

Pro přístup do prostoru staveniště bude využito nezpevněné cesty na parcele č. 769 v k.ú. Žďárná a navazujících manipulačních sjezdů. Přístupová cesta je v majetku investora stavby a je napojena na místní silnici II/373.

Při dodržení předem stanovených podmínek pro provádění stavby v blízkosti inženýrských sítí a při dodržení předem vytyčených manipulačních ploch a hranice záboru stavby nebude mít realizace stavby negativní vliv na okolní stavby. Ochrana okolí staveniště související s ochranou životního prostředí je popsána níže. Zhotovitel stavby je povinen v co největší míře šetřit stávající zeleň a po dokončení stavby uvést veškeré dotčené pozemky do původního stavu.

5.9. Požadavky na asanace, demolice, kácení dřevin

V rámci stavby bude odtěžena svrchní vrstva obsahující biologický materiál z prostoru nádrže. V prostoru zátopy nádrže bude provedeno odtěžení sedimentu a následně proběhne těžba dle příčných profilů (přílohy C). V prostoru zemní sypané hráze dojde k odstranění svrchní vrstvy, která bude potom znovu použita na rozprostření na úpravu terénu.

Stávající dřeviny, které nejsou projektem určeny ke kácení, budou v průběhu realizace stavby chráněny před poškozením a ničením ve smyslu ustanovení § 7 zákona o ochraně přírody. Bude dodržena ČSN 83 9061 - Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích.

5.10. Základní bilance stavby

Bilance zemin na stavbě bude vyrovnaná. Vhodný materiál bude použit do násypu hráze. Skrytá svrchní vrstva bude využita k ohumusování povrchů stavby a dále rozprostřena v prostoru obvodu staveniště na jeho uvedení do původního stavu.

Případná dřevní hmota bude na místě štěpkovaná a rozprostřena, část pařezů je možno na lokalitě ponechat, které mohou sloužit jako úkryty pro živočichy (např. v rámci vodní tůně apod.). Případné odpady (plasty, papír) vzniklé činností stavební firmy se zlikvidují dle zákona o odpadech.

Předběžná bilance zemin:

Výkopy zemin (zátopa, založení hráze, odtokové koryto SV):	200	m ³
Násypy hráze:	170	m ³
Násypy koryto SV:	10	m ³
Výkop svrchní vrstvy:	150	m ³

5.10.1. Kubatury

V tabulkách níže jsou vidět jednotlivé kubatury výkopů a násypů v hrázi a zátopě.

Tab. 8. Výkopy v hrázi bez svrchní vrstvy

číslo řezu	staničení	L [m]	Plochy výkopů S [m ²]			
			jednotlivé	souhrnné	průměrné	V [m ³]
začátek	0,0		0,00			
		20,0		1,60	0,80	16,00
PH1	20,0		1,60			
		5,0		3,96	1,98	9,90
PH2	25,0		2,36			
		5,0		3,78	1,89	9,45
PH3	30,0		1,42			
		10,0		3,06	1,53	15,30
PH4	40,0		1,64			
		11,0		1,64	0,82	9,02
konec	51,0		0,00			
			OBJEM celkem			60

Tab. 9. Násyp v hrázi

číslo řezu	staničení	L [m]
začátek	0,0	
		20,0
PH1	20,0	
		5,0
PH2	25,0	
		5,0
PH3	30,0	
		10,0
PH4	40,0	
		11,0
konec	51,0	

Plochy násypů S [m ²]			V [m ³]
jednotlivé	souhrnné	průměrné	
0,00			
	4,96	2,48	49,60
4,96			
	8,24	4,12	20,60
3,28			
	9,44	4,72	23,60
6,16			
	9,02	4,51	45,10
2,86			
	4,06	2,03	22,33
1,20			
OBJEM celkem			170

Tab. 10. Výkop v zátopě

číslo řezu	staničení	L [m]
PF 5	105,0	
		15,0
PF 6	120,0	
		15,0
PF 7	135,0	
		15,0
PF 8	150,0	
		6,0
PF 9	156,0	
		9,0
PF 10	165,0	
		15,0
PF 11	180,0	

Plochy násypů S [m ²]			V [m ³]
jednotlivé	souhrnné	průměrné	
0,00			
	0,00	0,00	0,00
0,00			
	0,78	0,39	5,85
0,78			
	8,78	4,39	65,85
8,00			
	20,78	10,39	62,34
12,78			
	25,53	12,77	114,89
12,75			
	13,11	6,56	98,33
0,36			
OBJEM včetně sedimentu			350
OBJEM bez sedimentu			80

Tab. 11. Výkopy v odtokovém korytě od SV

číslo řezu	staničení	L [m]
PF1	35,0	
		10,0
PF2	45,0	
		15,0
PF3	60,0	
		15,0
PF4	75,0	
		10,0
konec	85,0	

Plochy násypů S [m ²]			V [m ³]
jednotlivé	souhrnné	průměrné	
0,77			
	1,80	0,90	9,00
1,03			
	2,21	1,11	16,58
1,18			
	2,43	1,22	18,23
1,25			
	1,25	0,63	6,25
0,00			
OBJEM celkem			60

Tab. 12. Násypy v odtokovém korytě od SV

číslo řezu	staničení	L [m]
PF1	35,0	
		10,0
PF2	45,0	
		15,0
PF3	60,0	
		15,0
PF4	75,0	
		10,0
konec	85,0	

Plochy násypů S [m ²]			V [m ³]
jednotlivé	souhrnné	průměrné	
0,00			
	0,00	0,00	0,00
0,00			
	0,24	0,12	1,80
0,24			
	0,48	0,24	3,60
0,24			
	0,24	0,12	1,20
0,00			
OBJEM celkem			10

6. Transformace povodňové vlny

V rámci diplomové práce byla vypočtena transformace povodňové vlny pomocí programu HEC-HMS.

6.1. Program HEC-HMS

Program HEC-HMS slouží pro modelování srážko-odtokových procesů. Výhodou programu je jeho dostupnost, je totiž volně stažitelný z internetu. HEC-HMS vytváří simulace hydrologických procesů v jednotlivých povodích. Výsledkem výpočtu může být hydrogram nebo výpočet transformace v korytě. Model je navržený jako semi-distribučný, je možné tedy povodí rozdělit na jednotlivý počet podpovodí, viz obr. 20. [9]



Obr. 20) Povodí z HEC-HMS [QGis]

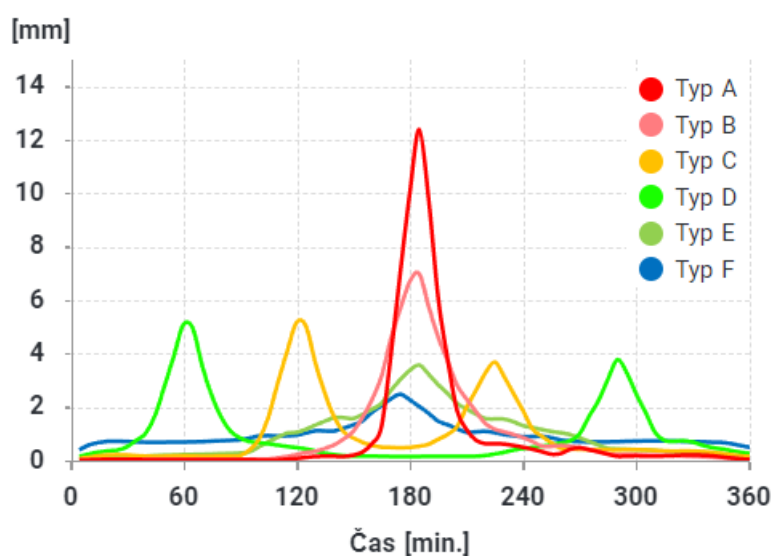
Nejdříve je nutné vytvořit model povodí (basin model). Výchozím bodem (uzávěrovým profilem) byla malá vodní nádrž Žďárná. Od tohoto profilu byla vykreslena rozvodnice a hranice povodí. Program HEC-HMS využívá stromové rozdělení na jednotlivá podpovodí (subbasin). Kvůli lepší přesnosti výpočtů bylo toto povodí rozděleno na 10 podpovodí. Když

je povodí nadefinováno, je potřeba zadat pro každé podpovodí zadat hodnoty pro výpočet přímého odtoku.

6.1.1. Vstupní data

Mezi vstupní data řadíme digitální model reliéfu DMR 5G, který lze získat z ČUZK. Další potřebná data jsou informace o srážkových úhrnech za daný čas. Podkladem bylo šest hyetogramů, které byly odvozeny z reálných srážkových úhrnů na území České republiky. Hyetogramy jsou zařazeny do typů skupin A až F, jak je vidět na obr. 21. Hyetogramy typu A se řadí mezi epizody nejvíce koncentrované v čase, kdežto typy F se řadí jako epizody nejméně koncentrované v čase. Hyetogramy jsou zobrazeny jako podíl množství srážek v jednotlivém čase, kde časový krok je 5 minut. [9]

V rámci výpočtu byl zvolen tvar typu B, protože na řešeném území je výskyt tohoto typu nejpravděpodobnější a to 34,7 %. Tyto informace byly zjištěny z webové aplikace rain.fsv.cvut.cz. Množství srážek bylo zadáno do programu HEC-HMS.



Obr. 21) Průběh návrhových srážek [rain.fsv.cvut.cz]

6.1.2. Výpočet přímého odtoku

Výpočet odtoku probíhal přes metodu CN křivek. Tato metoda stanovuje objem přímého odtoku. Čím je hodnota CN větší, tím se spíše jedná o povrchový odtok. Ke každému podpovodí se určila hodnota CN. [9] Hodnota CN se odvozuje na základě druhu půdního pokryvu a hydrologické skupiny půd A – D. Čísla CN mají hodnoty v rozmezí 0-100. Toto

zařazení bylo provedeno dle metodiky Janečka. V zájmovém území nebyly informace o hydrologické skupině půdy, proto bylo zvoleno, že řešené území spadá do skupiny B. Dle ortofoto mapy území tvoří lesy, orná půda a pastviny, kde největší zastoupení má lesní porost, jak je vidět v tab. 7. U všech povodí byla stanovena plocha daného půdního pokryvu a vypočteno průměrné číslo CN vztažené na plochu jednotlivých povodí.

Tab. 13. Druh půdního pokryvu v dané oblasti

Druh pozemku	CN	km ²
les	60	0,93
orná půda	81	0,47
Pole a louky	72	0,35
Intravilán	74	0,05

Pomocí čísel CN byla vypočítána hodnotou potenciální retence povodí S a odhad počáteční ztráty I_A . Počáteční ztráta byla stanovena na základě experimentálních měření na 20 % potencionální retence. [10]

$$I_A = 0,2 * S \quad (6.1)$$

$$S = \frac{25\,400 - 254 * CN}{CN} \quad (6.2)$$

Pro stanovení jednotkového hydrogramu byla použita metoda dle Clarka. Kde se počítá s dobou koncentrace povodí T_c . Pro výpočet doby koncentrace byl použit vzorec SCS (Soil Censervation Service). [10]

$$T_{LAG} = \frac{L^{0,8}(S + 1)^{0,7}}{1900\sqrt{Y}} \quad (6.3)$$

kde:

T_{LAG} časový posun v hodinách mezi výskytem maxima příčinné srážky a výskytem kulminačního průtoku v uzávěrovém profilu.

L délka údolnice [stopy]

Y průměrný sklon povodí [%]

S maximální retence povodí [palce]

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (6.4)$$

Doba koncentrace TC je vypočtena dle rovnice níže

$$T_C = 1,67 * T_{LAG} \quad (6.5)$$

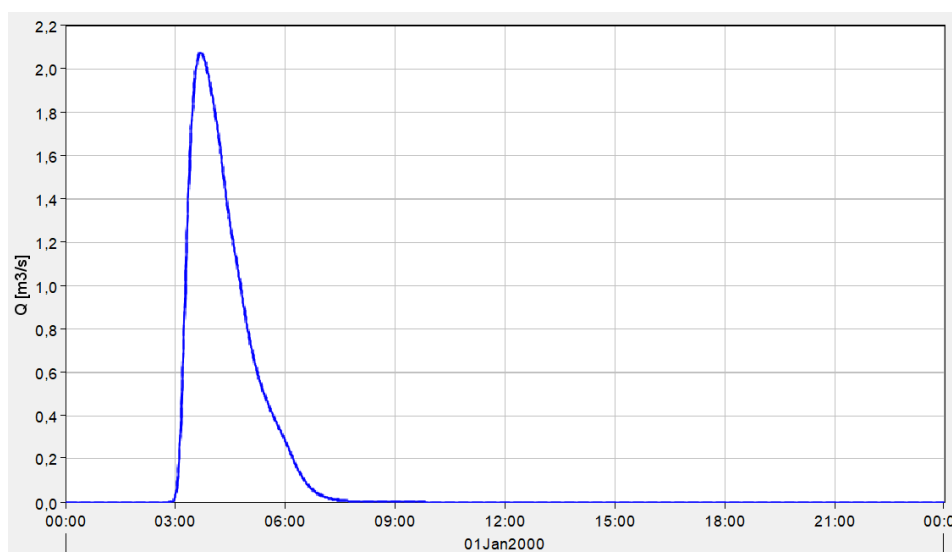
Výsledné hodnoty jsou vidět v tabulce 8.

Tab. 14. Celková tabulka s přehledem vstupních dat pro jednotlivá podpovodí

č. podpovodí	CN	L	Y	S	T _{LAG}	TC	R
	[-]	[stopy]	[%]	[palce]	[hod]	[hod]	[-]
1	60,00	1422	1,61	6,67	0,57	0,96	1,44
2	60,00	1678	2,64	6,67	0,51	0,86	1,28
3	60,86	1004	1,63	6,43	0,42	0,71	1,06
4	60,79	1941	3,55	6,50	0,49	0,82	1,22
5	73,38	893	2,2	3,90	0,24	0,41	0,62
6	70,26	1563	0,63	4,54	0,76	1,32	1,98
7	70,51	2398	2,26	4,22	0,56	0,94	1,41
8	79,74	829	1,58	2,61	0,22	0,37	0,56
9	77,41	1086	1,05	3,12	0,36	0,62	0,93
10	76,33	736	2,70	3,1	0,17	0,28	0,42

6.1.3. Výsledný hyetogram

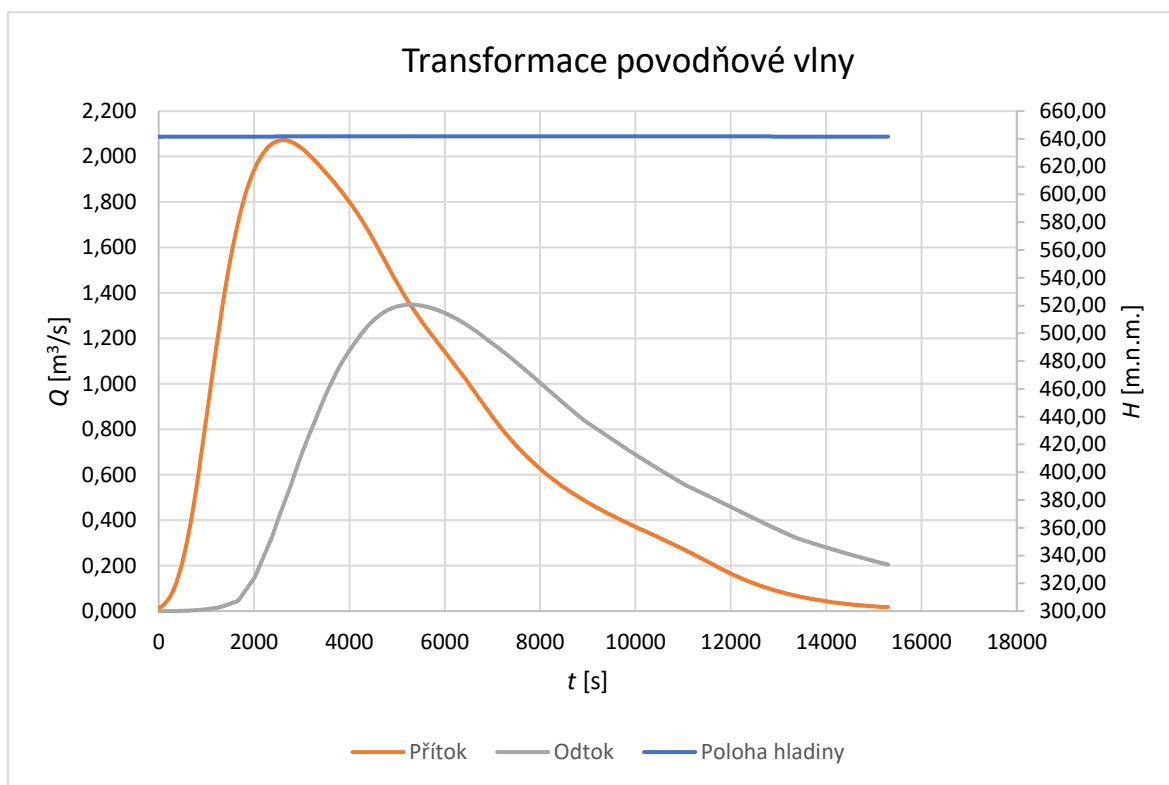
Výsledkem výpočtu z programu HEC-HMS je hyetogram s dobou opakování $N = 20$, který je vztažen k uzávěrovému profilu (obr. 22). Kulminační průtok dosahuje hodnoty $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ a objem povodně je $12\,200 \text{ m}^3$.



Obr. 22) Povodňová vlna s dobou opakování $N = 20$ (výstup z HEC-HMS)

6.2. Transformace povodňové vlny

Z dosažených výsledků z programu HEC-HMS bylo možné vytvořit graf pro transformaci povodňové vlny PV₂₀. Je vidět, že nedojde k přelítí hráze, kde koruna hráze dosahuje výšky 642,00 m n.m.



Graf č. 2) Transformace povodňové vlny PV₂₀

7. Závěr

Předmětem diplomové práce bylo obnovení stávající vodní nádrže v obci Žďárná, v katastrálním území Žďárná. Podklady k práci, geodetické zaměření lokality, stanoviska od správců inženýrských sítí, stanovisko o sedimentu od firmy Enviroeko, data z ČHMU, byly poskytnuty firmou VH atelier, spol. s.r.o.

U vodní nádrže dojde k odstranění sedimentu, pročištění dna. Sedimenty budou odvezeny a rozprostřeny na pozemek v blízkosti nádrže ve vlastnictví obce. Na konci zátopy je navržena litorální zóna, která tvoří 15 % plochy ze zásobního prostoru a může sloužit jako úkryt živočichů. Dále dojde k úpravě koruny hráze. Požadavek investora byl, aby hráz byla pojezdná, a proto je koruna rozšířena na šířku 3,5 m a je vedena ve sklonu 3 % k návodní straně. Kóta koruny hráze je stanovena na 642,00 m n.m. Vzdušní svah bude veden ve sklonu 1:2 a bude ohumusován. Návodní svah je navržen ve sklonu 1:3, je opevněn lomovým kamenem a na konci svahu je umístěna kamenná patka. V současnosti je odtok z nádrže řešen pomocí potrubí, které není v dobrém stavu. Proto dojde k vybudování dvoudlužového požeráku, který je kapacitní pro $Q = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$ a slouží primárně pro regulaci hladiny vody v nádrži.

Bude vybudován bezpečnostní přeliv, který je kapacitní pro $Q_{20} = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Přeliv je koncipován jako místo snížení koruny hráze. Šířka přelivu byla vypočtena na hodnotu $b = 3,4 \text{ m}$ a přepadová hrana je na kotě 641,60 m n.m.

Odtokové koryto ústí do propustku DN 800. Bylo zjištěno, že tento propustek je nekapacitní a při větších průtocích by docházelo ke vzduť hladiny v korytě před propustkem. Proto by bylo potřeba jej zkapacitnit. Předběžný návrh propustku byl vytvořen v programu HEC-RAS a musel být vytvořen propustek obdélníkového tvaru o šířce 2,0 m a výšce 1,2 m.

V poslední části diplomové práce byl vytvořen hydrologický model daného území, který byl vytvořen v programu HEC-HMS. Výsledkem tohoto modelu byla povodňová vlna o průtoku s dobou opakování $N = 20$.

8. Seznam literatury

- [1] STARÝ, Miloš. *Nádrže a vodohospodářské soustavy: Modul 01*. Brno, 2006, 120 s.
- [2] ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 48 s.
- [3] DOLEŽAL, Petr, Pavel GOLÍK, Jaromír ŘÍHA, Václav TORNER a Stanislav ŽATECKÝ. *Malé vodní a suché nádrže*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2011, 108 s. ISBN 978-80-86364-16-2.
- [4] ČISTÝ, Milan. *Rybníky a malé vodné nádrže II*. Bratislava, 2005. ISBN 80-227-2294-4.
- [5] JANDORA, Jan. *Vodohospodářské stavby: Modul 01 - Základy hydrauliky*. Brno, 2004, 64 s.
- [6] KLEIN, Pavel. *Územní plán Žďárná*. 2021. Dostupné také z: https://portal.cenia.cz/eiasea/download/U0VBX0pITTA0MINfdnlob2Rub2NlbmlfMzUzNjM1NTIxNzQxMDA2NjgwNS5wZGY/JHM042S_vyhodnoceni.pdf
- [7] Geologie, radon a geologická mapa Žďárná. *Geologické a geovědní mapy* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/ku-795534/#mapy-online>
- [8] Centrální evidence vodních toků. *Portál eAGRI* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/cevt.html>
- [9] Kavka, Petr, Müller, Miloslav a kolektiv. *Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2018.
- [10] FLIEGA, Adam. *Vodohospodářské řešení ochranné funkce nádrže Rychtářov*. Brno, 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Pavel Menšík.

9. Seznam obrázků

Obr. 1) Dílčí prostory v nádrži [1].....	13
Obr. 2) Homogenní hráz [2].....	14
Obr. 3) Nehomogenní hráz [2].....	14
Obr. 4) Boční přepad [4].....	16
Obr. 5) Boční kontrakce a tvary pilíře pro určení součinitele ξ [5].....	17
Obr. 6) Obec Žďárná [ČUZK ZM10].....	19
Obr. 7) Současný stav nádrže [autor].....	20
Obr. 8) Geologie území [7].....	21
Obr. 9) Zájmové území [HEIS VUV].....	22
Obr. 10) Zátopa [autor].....	24
Obr. 11) Požerák [autor].....	25
Obr. 12) Odtokové potrubí [autor].....	26
Obr. 13) Odtokové koryto [autor].....	27
Obr. 14) Hráz se zátopou [autor].....	28
Obr. 15) Přítokové koryto [autor].....	29
Obr. 16) Schéma přelivu.....	35
Obr. 17) Odtokové koryto od SV [autor].....	37
Obr. 18) Podélný profil – propustek DN800 [HEC-RAS].....	38
Obr. 19) Podélný profil navrženého propustku [HEC-RAS].....	39
Obr. 20) Povodí z HEC-HMS [QGis].....	44
Obr. 21) Průběh návrhových srážek [rain.fsv.cvut.cz].....	45
Obr. 22) Povodňová vlna s dobou opakování $N = 20$ (výstup z HEC-HMS).....	47

10. Seznam tabulek

Tab. 1.	Vhodnost zemin	15
Tab. 2.	M-denní průtoky pro bezejmenný přítok	22
Tab. 3.	N-leté průtoky pro bezejmenný přítok	22
Tab. 4.	Klimatické charakteristiky	23
Tab. 5.	Pozemky dotčené stavbou	30
Tab. 6.	Rozdělení stavebních objektů	32
Tab. 7.	Kubatury sedimentu	39
Tab. 8.	Výkopy v hrázi bez svrchní vrstvy	41
Tab. 9.	Násyp v hrázi	42
Tab. 10.	Výkop v zátopě	42
Tab. 11.	Výkopy v odtokovém korytě od SV	43
Tab. 12.	Násypy v odtokovém korytě od SV	43
Tab. 13.	Druh půdního pokryvu v dané oblasti	46
Tab. 14.	Celková tabulka s přehledem vstupních dat pro jednotlivá podpovodí	47

11. Seznam grafů

Graf č. 1) Měrná křivka	36
Graf č. 2) Transformace povodňové vlny PV ₂₀	48

12. Seznam zkratek a veličin

°C		Stupeň Celsia
ČHMU		Český hydrometeorologický ústav
DMR 5G		Digitální model reliéfu 5. generace
ČUZK		Český úřad zeměměřický a katastrální
GIS		Geografický informační systém
S-JTSK		Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
IDVT		Číselný identifikátor vodního toku (Identification document validation technology)
PRVK JMK		Plán rozvoje vodovodů a kanalizací
ZPF		Zemědělský půdní fond
MVN		Malá vodní nádrž
LB		Levý břeh
PB		Pravý břeh
LK		Lomový kámen
PD		Projektová dokumentace
DN		Jmenovitá světlost (Diameter nominal)
ČOV		Čistírna odpadních vod
A	[m ²]	Plocha
V	[m ³]	Objem
V_z	[m ³]	Objem zásobního prostoru
D	[mm]	Průměr potrubí
t	[s]	čas
t_c	[s]	doba prázdnění
g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení

b_o	[m]	účinná šířka přelivu
b	[m]	šířka přelivu
m	[-]	součinitel přepadu
ξ	[-]	součinitel tvaru pilíře
n	[-]	počet míst kontrakce
h	[m]	Výška hladiny vody
L	[m]	Délka úseku
Q	[m ³ /s]	Průtok
Q_{30}	[l/s]	30-denní průtok
Q_{330}	[l/s]	330-denní průtok
Q_{100}	[m ³ /s]	100letý průtok
Q_{20}	[m ³ /s]	20letý průtok
Q_N	[m ³ /s]	N-letý průtok
S	[palce]	Retence povodí
T_C	[hod]	Doba koncentrace
T_{LAG}	[hod]	Časový posun v hodinách mezi výskytem maxima příčinné srážky a výskytem kulminačního průtoku v uzávěrovém profilu
Y	[%]	Průměrný sklon povodí

13. Seznam příloh

Příloha č. B – Hydrotechnické výpočty

Příloha č. C – Situační výkresy

- C.1. Situační výkres širších vztahů 1:50 000
- C.2. Celkový situační výkres 1:10 000
- C.3. Koordinační situace 1:250
- C.4. Katastrální situace 1:250

Příloha č. D – Dokumentace objektů

- D.1. Podélný profil zátopy 1:250/100
- D.2. Příčné profily zátopy 1:200/100
- D.3. Podélný profil hráze 1:200/100
- D.4. Příčné profily hráze 1:100/100
- D.5. Příčné profily toku pod SV 1:100/100
- D.6. Výkres spodní výpusti 1:100, 50, 25
- D.7. Výkres bezpečnostního přelivu 1:100, 50

Příloha č. E - Fotodokumentace