



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

NÁVRH REKONSTRUKCE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

RECONSTRUCTION DESIGN OF A SMALL WATER RESERVOIR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jaroslav Růžička

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.

BRNO 2023

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|---------------------------------|---|
| Studijní program: | N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby |
| Typ studijního programu: | Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia |
| Specializace: | bez specializace |
| Pracoviště: | Ústav vodního hospodářství krajiny |

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | |
|--------------------------|---|
| Ústav: | Ústav vodního hospodářství krajiny |
| Student: | Bc. Jaroslav Růžička |
| Vedoucí práce: | Ing. Stanislav Paseka Ph.D. |
| Akademický rok: | 2022/23 |
| Studijní program: | N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby |

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

NÁVRH REKONSTRUKCE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce se bude zabývat komplexním zpracováním rekonstrukce malé vodní nádrže ve vybraném území. Nejprve bude provedena analýza současného stavu a zhodnocen stav malé vodní nádrže. Problémy (stav hráze, stav funkčních objektů a jejich kapacita, zanesení nádrže a další), které vzejdou z hodnocení aktuálního stavu nádrže, budou podrobně vyřešeny a návrh rekonstrukce bude odpovídat stávajícím normám. Bude zpracována výpočtová a výkresová část projektové dokumentace rekonstrukce malé vodní nádrže.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Cílem diplomové práce je nejprve zhodnotit aktuální stav malé vodní nádrže a poté navrhnout vhodnou rekonstrukci malé vodní nádrže ve vybraném území. Návrh bude podpořen vhodnými výpočty a výkresovou dokumentací.

Seznam doporučené literatury a podklady:

- ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- Doležal, P. Projekt vodního hospodářství krajiny – studijní opora. Brno: VUT v Brně, 2006.
- Šálek, J., Míka, Z., Tresová, A. Rybníky a účelové nádrže, SNTL Praha 1989.
- Vrána, K. Rybníky a účelové nádrže, ČVUT Praha, 2002.
- Související normy a předpisy.
- Mapové podklady.
- Případně hydrologické, geologické a geodetické podklady.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D
vedoucí ústavu

Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

Abstrakty a klíčová slova

Abstrakt

Diplomová práce „Rekonstrukce MVN Tupadly v katastrálním území Tupadly u Čáslavi“ se zabývá komplexním zpracováním rekonstrukce malé vodní nádrže Tupadly u Čáslavi. Tato práce byla vypracována v kombinaci s projektem, který jsem vypracoval ve firmě VZDInvest s.r.o. . A to s projektem s názvem „Rekonstrukce MVN, výstavba vodních tůň a výsadba dřevin v katastrálním územím Tupadly u Čáslavi“. Tato práce byla vypracována na základě podkladů, které byly součástí výše uvedené projektové dokumentace. Jedná se o geodetické zaměření, data z ČHMÚ, inženýrsko-geologické posouzení a rozborů zemin. V rámci diplomové práce byly navržena oprava sypané hráze a navýšení její koruny, byly nadimenzovány a navrženy nové funkční objekty. Původní stav objektů byl v nevyhovujícím stavu. Dále bylo navrženo odbahnění a prohloubení i prodloužení zátopy a nezbytné další kroky důležité pro správnou funkčnost již nevyhovující MVN. Na závěr byla vytvořena vizualizace.

Abstract

This diploma thesis, called „Renovation of small water reservoir Tupadly in the cadastral area of Tupadly u Čáslavi“ focuses on complex process of renovation of small water reservoir Tupadly u Čáslavi. This thesis was worked on in conjunction with project, that I worked on in company VZDInvest s.r.o. A project with a name of „Rekonstrukce MVN, výstavba vodních tůň a výsadba dřevin v katastrálním územím Tupadly u Čáslavi“. This thesis was made based on documentation from the above mentioned project. More specifically geodetic survey, data from ČHMÚ, geological survey and soil analysis. This project consists of renovation of earthfill dam, elevation increase of the dam crest, design of new functional dam components, whose original condition is in desolate condition. Next there were proposed mud clearing and deepening of flood plan and other necessary steps for proper functioning of the crumbling no longer compliant reservoir are described. In the end I made visualisation of this project.

Klíčová slova

malá vodní nádrž, rekonstrukce, hráz, výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, sdružený funkční blok, vývar

Keywords

small water reservoir, renovation, dam, bottom outlet, emergency spillway, spilling basin

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Citace tištěné práce:

RŮŽIČKA, Jaroslav. *Návrh rekonstrukce malé vodní nádrže*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143395>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Stanislav Paseka.

Citace elektronického zdroje:

RŮŽIČKA, Jaroslav. *Návrh rekonstrukce malé vodní nádrže* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143395>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Stanislav Paseka.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13.01.2023

.....

podpis autora
Jaroslav Růžička

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat firmě VZD Invest a jejím zaměstnancům, za to že mi dovolili vypracovat tuto diplomovou práci v rámci projekce. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Stanislavu Pasekovy PhD. za všechny rady a připomínky během tvorby této diplomové práce.

| | |
|--|-----------|
| ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA | 4 |
| BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP | 5 |
| PODĚKOVÁNÍ | 7 |
| 1 ÚVOD..... | 10 |
| 1.1 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE..... | 10 |
| 2 VYMEZENÍ POJMŮ | 11 |
| 2.1 MVN – MALÁ VODNÍ NÁRŽ | 11 |
| 2.2 VD – VODNÍ DÍLO | 11 |
| 2.3 RYBNÍK | 11 |
| 2.4 REKONSTRUKCE A REVITALIZACE MVN..... | 12 |
| 3 VÝČET HISTORIE RYBNÍKŮ A RYBNÍKÁŘSTVÍ V ČR | 13 |
| 4 ÚČEL A VÝZNAM MALÝCH VODNÍCH NÁRŽÍ | 14 |
| 4.1 UMÍSTĚNÍ RYBNÍKŮ V KRAJINĚ..... | 14 |
| 4.2 DĚLENÍ PRVKŮ MVN | 15 |
| 4.2.1 HRÁZ A ZÁTOPA..... | 15 |
| 4.2.2 VÝPUSTNÉ ZAŘÍZENÍ | 17 |
| 4.2.1 SDRUŽENÝ OBJEKT | 19 |
| 4.2.2 BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV | 21 |
| 4.2.3 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY JEDNOTLIVÝCH CHARAKTERISTIK MVN | 22 |
| 4.2.4 ROZDĚLENÍ PROSTORŮ HLADIN MALÝCH VODNÍCH NÁRŽÍ | 23 |
| 4.2.5 ZTRÁTY VODY U MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ..... | 24 |
| 5 POPIS MVN TUPADLY U ČÁSLAVI | 28 |
| 5.1 POPIS ÚZEMÍ | 28 |
| 5.2 Obec Tupadly | 29 |
| 5.3 VD Tupadly | 29 |
| 5.3.1 Levostranný přítok Hlubockého potoka..... | 30 |
| 5.3.2 Územní plán..... | 32 |
| 5.3.3 Geografické a pedologické poměry | 32 |
| 5.4 POPIS STÁVAJÍCÍCH OBJEKTŮ | 35 |
| 5.4.1 Hráz | 35 |
| 5.4.2 Zátopa | 36 |
| 5.4.3 Výpustný objekt..... | 37 |
| 5.4.4 Bezpečností přeliv | 38 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.4.5 | Odtokové koryto | 40 |
| 5.4.6 | Přítokové koryto | 40 |
| 6 | POUŽITÉ PROGRAMY, METODY A VÝPOČTY | 41 |
| 6.1 | Geodetické zaměření..... | 41 |
| 6.2 | DMT stávajícího stavu..... | 41 |
| 6.3 | Vývar.exe | 42 |
| 6.4 | Hydrotechnické výpočty | 42 |
| 6.5 | InfraWorks | 42 |
| 7 | VÝSLEDKY PRÁCE | 43 |
| 7.1 | Navrhované řešení | 43 |
| 7.1.1 | SO-01 – Zátopa..... | 43 |
| 7.1.2 | SO-02 – Hráz | 44 |
| 7.1.3 | SO-03 – Sdružený objekt..... | 45 |
| 7.1.4 | SO-04 – Vývar..... | 46 |
| 7.1.5 | SO-05 – Bezpečnostní objekt..... | 47 |
| 7.1.6 | SO-06 – Revitalizace toku | 49 |
| 7.1.7 | SO-07 - Vodní tůň..... | 49 |
| 7.2 | Hydrotechnické Výpočty | 52 |
| 7.2.1 | Stanovení průtoků..... | 53 |
| 7.2.2 | Kapacita přítokového koryta..... | 53 |
| 7.2.3 | Kapacita sdruženého objektu | 53 |
| 7.2.4 | Kapacita vývaru | 62 |
| 7.2.5 | Kapacita bezpečnostní přelivu | 63 |
| 7.2.6 | Výpočet roční vodohospodářské bilance | 63 |
| 7.3 | Vizualizace..... | 68 |
| 8 | ZHODNOCENÍ NÁVRHU | 70 |
| 9 | ZÁVĚR | 71 |
| 10 | POUŽITÁ LITERATURA..... | 72 |
| 11 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 74 |
| 12 | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ..... | 76 |
| 13 | SEZNAM PŘÍLOH..... | 79 |

1 ÚVOD

Malé vodní nádrže je potřeba pravidelně udržovat a zajišťovat jejich průběžnou kontrolu a dohled nad tím, zdali v průběhu času plní kvalitně svou funkci. Stav hrází většinou odpovídá velikosti investic, které byly vloženy do vodního díla a také tomu, jak staré jsou vodní díla. Pokud vodní nádrže již nevyhovují, je potřeba zajistit jejich rekonstrukci. V dnešní době je čím dál tím aktuálnější téma klimatických změn a tím ovlivňujících se hydrologických poměrů. Změna klimatu vede k větším a extrémnějším klimatickým jevům jako je např. sucho či povodně. Důsledkem těchto jevů je ovlivněna funkce nejen malých vodních nádrží. [1]

Rekonstrukce zahrnuje všechny stavební úpravy, které nějakým způsobem zasahují do původní konstrukce jak za účelem změny využití, tak i za účelem opravy stávající konstrukce. Mimo jiné k těmto změnám také patří zvyšování koruny hráze, zkapacitnění výpustného a bezpečnostního objektu, zkapacitnění odtokových potrubí a přelivů. Je důležité jednat při rekonstrukci vodního díla s opatrností, aby nebyly zhoršeny původní vlastnosti vodního díla. [1]

Jeden z dalších problémů v rámci rekonstrukce MVN je zanášení vodních nádrží. Jedná se o přirozený jev, u kterého dochází k usazování plovoucích částic zemin v nádrži v důsledku zmenšení unášecí rychlosti. V rámci času se pak nánosová vrstva zvětší do takové míry, že dojde ke snížení schopnosti nádrže akumulovat vodu a může tak zhoršit kvalitu vody v nádrži. Dalším důsledkem zanášení je postupné omezování dalších biologických, ekologických a vodohospodářských funkcí malé vodní nádrže. Ze všech výše uvedených důvodů je proto potřeba malé vodní nádrže odbahňovat. Na problematiku zanášení malých vodních nádrží, pak navazuje problematika odvozu sedimentu a jeho následné skládkování, či rozprostření na zemědělské půdě. Pro další zpracování sedimentu je nutno dodržovat mnoho pravidel a jde také o činnost velice nákladnou. [1]

Předmětem této diplomové práce je rekonstrukce malé vodní nádrže v obci Tupadly v katastrálním území Tupadly u Čáslavi. Nádrž byla vybudována ke konci 18. století a po celou dobu své existence nebyla odbahněna ani obnovena. Na tělese hráze rostou dřeviny. Výpustný objekt, pokud byl v minulosti vybudován, se mi při průzkumu lokality nepodařilo najít. Bezpečnostní objekt je v nevyhovujícím stavu.

Poklady pro tuto diplomovou práci byly zajištěny firmou VZD Invest. Jedná se o geodetické zaměření lokality, rozboru zeminy, data z ČHMÚ a inženýrsko-geologické posouzení dané lokality.

Po zpracování těchto podkladů, došlo k návrhu rekonstrukce MVN Tupadly a následně k vypracování vizualizace dané lokality, která byla vypracována nad rámec zadání.

1.1 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomová práce se zabývá rekonstrukcí malé vodní nádrže Tupadly v katastrálním území Tupadly u Čáslavi. V této práci bude na základě podkladů zpracován návrh rekonstrukce malé vodní nádrže včetně vizualizace. Dále bude také vypracován orientační položkový rozpočet. Návrh rekonstrukce spočívá v opravě hráze, vybudování nového sdruženého objektu a rekonstrukci bezpečnostního přelivu. Dále dojde k odbahnění, prohloubení a prodloužení zátopy malé vodní nádrže.

2 VYMEZENÍ POJMŮ

V této kapitole jsou shrnuty důležité poznatky z problematiky rybníků a malých vodních nádrží (MVN), které jsou důležité a často používané.

2.1 MVN – MALÁ VODNÍ NÁRŽ

Malá vodní nádrž je nádrž, která podle normy ČSN 75 2410 splňuje obě z následujících podmínek: [1]

- objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) nepřesahuje 2 mil. m³;
- největší hloubka nádrže (svislá vzdálenost nejnižší položeného místa dna nádrže, mimo původní koryto nebo stoku, od maximální hladiny) nepřesahuje 9 m.

MVN se dělí dle účelu na: [1]

- zásobní nádrže;
- ochranné (retenční) nádrže;
- rybochovné nádrže (speciální rybníky);
- čistící nádrže (upravující vlastnosti vody);
- rekreační nádrže;
- hospodářské nádrže;
- speciální účelové nádrže;
- asanační nádrže;
- krajinytvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě.

Podle polohy dále dělíme MVN: [1]

- podle polohy nádrže vzhledem ke zdroji vody na:
 - o průtočné;
 - o neprůtočné.
- podle polohy hráze vzhledem k hlavnímu toku na:
 - o údolní;
 - o břehové;
 - o boční.
- podle zařízení, které slouží k zadržení vody na:
 - o hrázové;
 - o kopané.

2.2 VD – VODNÍ DÍLO

Vodní dílo je stavba, která slouží ke vzdouvání a zadržování vod, nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod a k jiným účelům dle Vodního zákona (VZ) [2]. Dle účelu se vodní díla dále dělí na hydrotechnická, zdravotně inženýrská a hydromeliorační. [2]

2.3 RYBNÍK

Rybník je dle zákona č. 99/2004 Sb. (o rybářství) [3] Vodní dílo, které je vodní nádrží určenou především k chovu ryb a lze na něm regulovat vodní hladinu. Konstrukce rybníka musí dále umožňovat vypouštění a výlov ryb. Rybník je tvořen nádrží, hrází a dalšími technickými zařízeními. [3]

2.4 REKONSTRUKCE A REVITALIZACE MVN

Rekonstrukce zahrnuje úpravu, přestavbu a budování nových zařízení a částí MVN (hráze, objekty, prostor nádrže a okolí) provozovaných, zrušených nebo havarovaných, které nevyhovují požadavkům na jejich funkci a bezpečnost. [1]

Revitalizační činností se obnovují narušené, popřípadě změněné základní ekologické funkce MVN. [1]

3 VÝČET HISTORIE RYBNÍKŮ A RYBNÍKÁŘSTVÍ V ČR

Vývoj rybníkářství se dá na území české republiky datovat až do začátku 12. století. Avšak svého prvního rozmachu dosáhlo rybníkářství až v první polovině 14. století. V této době bylo založeno hned několik rybníků, a to jak z důvodu nutnosti vyřešení vodohospodářských problémů, tak i za účelem chování ryb. Jedním z prvních významných vládců, který podporoval rozmach rybníkářství byl Karel IV. Během jeho vlády se na území české republiky vyskytovalo až 75 000 ha rybníků. Nejvýznamnější rybník vybudované za jeho vlády byl rybník Dvořiště (1367). Rybníkářství však začalo plně rozkvétat, až se do budování rybníčních soustav pustila šlechta. Ta měla dostatek pozemků a financí na to, aby zajistila výstavbu rybníků ve větším měřítku. Hlavní příslušníci šlechty, kteří se o tyto práce zasloužili jsou rody Pernštejnů, Rožmberků a Schwarzenbergů. Díky nim máme na území české republiky rybníční soustavy rozměrů, kterých nikde jinde v Evropě nebylo dosaženo.

Dalším významným obdobím bylo 15. a 16. století. 16. století se považuje za „zlatý věk“ rybníkářství. V této době bylo na území našeho státu v provozu okolo 25 000 rybníků. Mezi významné osobnosti rybníkářství na přelomu 15. a 16. století patří Jan Křenek z Čestic (1518-1520), šlechtic Vilém z Pernštejna, fišmistr Jan Vlček (1496) z Pernštejna a Kabát z Bohdanče. Rod Perštejnů je zodpovědný za vybudování např. Opatovický kanál, který je dlouhý 34 km, nebo rybník Vyplatil.

Dalším významným obdobím byla doba po zrušení nevolnictví, což nastalo během vlády Marie Terezie (1740 – 1780). To mělo za následek zvýšení počtu rybářů a také k využití půdy, která byla původně používaná jako zemědělská, pro vytvoření rybníků. Avšak oproti dřívější době počet rybníků na území našeho státu klesl. V polovině 19. století zbylo na území Čech přibližně 46 000 rybníků. Z původní celkové rozlohy rybníků 180 000 ha poklesla jejich výměra v roce 1840 na 35 414 ha.

Na začátku 20. století byly na území české republiky rybníky o ploše 51 800 ha. To se rovná cca 24 000 rybníků. Tyto rybníky se začali obnovovat v druhé polovině 20. století. Hlavní důvod pro obnovu byl úpadek SSSR. To vedlo k velkým majetkoprávními změnám a přesutím rybníků ze státního vlastnictví do vlastnictví soukromého. Dalším významným faktorem vedoucím k obnově rybníků jsou dotace a různé finančními programy z fondů Evropské unie, které podporují místní rozvoj. [4]

4 ÚČEL A VÝZNAM MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

Malé vodní nádrže jsou krajinnotvorným prvkem, a to především jedná-li se o soustavu nádrží. Kromě svých technických vlastností mohou MVN sloužit jako estetický prvek. Nádrž může sloužit také jako útočiště pro ptáky či savce nebo jako rekreační prvek.

Malé vodní nádrže můžeme dělit podle různých charakteristik, jedná se především o charakteristiky ekologické, provozně funkční, dle polohy v krajině, dle uspořádání a tvaru nádrže a dle způsobu zásobování s vodou. [5]

Nádrže dělíme z provozně funkčního hlediska na:

- zásobní nádrže (průmyslové, vodárenské, závlahové, energetické, kompenzační, zálohové, aktivizační, retardační),
- hospodářské nádrže (protipožární, napájecí, plavíci, výtopové, pro chov drůbeže a pěstování vodních rostlin),
- rybochovné nádrže (výtěrové, třecí, plůdkové výtažníky, výtažníky, komorové, hlavní, speciální komory, sádky, karanténní),
- nádrže upravující vlastnosti vody (chladicí, předehřívací, usazovací, dočišťovací biologické, aerobní, anaerobní),
- speciální účelové nádrže (vyrovnávací, recirkulační, přečerpávací, rozdělovací spalovací, závlahové vodojemy),
- rekreační nádrže (přírodní koupaliště, pro plavání a vodní sporty),
- asanační nádrže (záchytné, skladovací na vodu, rekultivační, otevřené vyhnívací na kal, skladovací laguny),
- nádrže krajinnotvorné a nádrže v obytné zástavbě (okrasné, hydromeliorační, návesní rybníčky, umělé mokřady),
- nádrže na ochranu (fauny, flory),
- ochranné (retenční) nádrže (retenční se zásobním prostorem, poldry, protierozní, dešťové a vsakovací),

Většina malých vodních nádrží jsou polyfunkční, to znamená že plní více funkcí.

Nejrozšířenějším typem MVN jsou rybníky. Rybník slouží primárně k chovu ryb. [5]

4.1 UMÍSTĚNÍ RYBNÍKŮ V KRAJINĚ

Rybníky se dělí na luční, lesní, polní nebo návesní podle svého umístění v krajině. Dále se dělí na potoční, říční (zásobené povrchoým přítokem), pramenité nebo nebeské (zásobené rozptýleným povrchoým přítokem) podle toho jakým zdrojem vody jsou napájeny. [5]

Vhodné místo pro vytvoření rybníka se určuje podle:

- tvaru nádržní pánve,
- účelu a požadované funkce nádrže,
- vhodnosti místa pro výstavbu hrázového tělesa a jednotlivých objektů,
- poměrech ve vlastnictví pozemků,
- vhodnosti vodního zdroje,
- poměrech zemědělsko-výrobních
- vzdálenosti od místa těžby stavebního materiálu pro těleso hráze,

- kvalitě půdy v zátopové oblasti,
- hydropedologických a hydrogeologických podmínkách,
- řadě dalších místních vlivů.

4.2 DĚLENÍ PRVKŮ MVN

Malé vodní nádrže svoji funkci plní pomocí funkčních objektů, každý funkční objekt slouží pro jiný účel. Mezi tyto funkční objekty se řadí zátopa, výpustná zařízení, která slouží k vypouštění vody z nádrže, hráz, bezpečnostní přelivy, používající se k převedení větších průtoků za povodní nebo sdružené funkční objekty, které v jednom bloku spojují několik objektů a plní více funkcí zároveň.[5]

V ČR se používají ke stanovení a posuzování návrhových parametrů zejména tyto předpisy:

- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže,
- ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení,
- ČSN 75 2405 Vodohospodářská řešení vodních nádrží,
- TNV 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních,
- TNV 75 2415 Suché nádrže,
- Vyhlášky č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.

4.2.1 HRÁZ A ZÁTOPA

Hráz je hlavní stavební prvek malé vodní nádrže. Hráz zadržuje vodu a zabraňuje jí v odtoku a tím vytváří zátoku. [5]

Malé vodní nádrže bývají kvůli jednoduchosti stavebního řešení nejčastěji koncipovány jako homogenní. To znamená, že hráz je tvořena pouze jedním materiálem. Nejčastěji je to vhodná jílová zemina, která se nachází v okolí stavby. Mezi nejvhodnější zeminy patří písčito-jílovité zeminy s obsahem 50 až 70 % písku. Nejméně vhodné jsou takové zeminy, které rozbředají, bobtnají a jsou namrzavé. Zemina použitá pro stavbu hráze nesmí obsahovat zbytky dřevin jako jsou kořeny, pařezy či drny. Tyto prvky mohou hnit, tím pádem ztrácet na objemu a vytvářet cestičky v hrázi, kterými může protékat voda. Ta může v dlouhodobějším časovém intervalu tvořit erozi a v nejextrémnějších případech celkový kolaps hráze. [6]

Homogenní hráze jsou ideální v případě celková výška hráze nepřesahuje 6 m.

Malé vodní nádrže mají příčný profil lichoběžníkového tvaru. Sklony svahů hráze závisí na typu použité zeminy a vyplývají z požadavku na stabilitu hráze dle ČSN 73 6850 a předepsaného stupně bezpečnosti. [1][6]

Šířka koruny hráze se u malých vodních nádrží navrhuje standardně min 3 m. Další parametry ovlivňující šířku koruny hráze jsou vlastní technologie provádění hráze a zdali je přes hráz převáděna komunikace. V případě občasného pojezdu vozidel se navrhuje šířka koruny hráze minimálně 3,5 m.

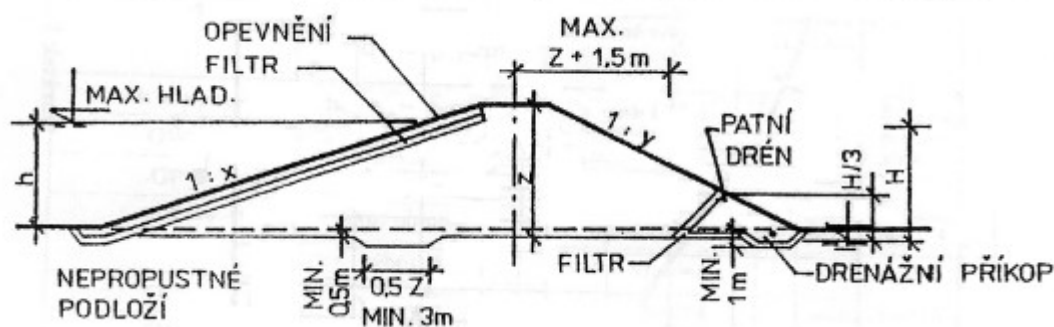
Hráz se opevňuje v závislosti na jejím využitím. Pokud je hráz bez komunikace, postačí ochrana osetím do vrstvy ornice tloušťky 0,10 až 0,15 m. Pokud je koruna hráze využívána k občasnému pojezdu vozidel, je vhodné provést zpevnění např. zaválcovaným štěrkem. [7]

Pokud se v oblasti stavby nachází dostatek zeminy je nejuhodnější volit homogenní hráze. U malých nádrží je příčný profil převážně lichoběžníkového tvaru. Sklony svahů hráze jsou závislé na druhu materiálu, ze kterého je hráz vybudovaná. Svahy hráze na návodním líci jsou opevněny, tak aby bylo zabráněno poškození hráze vlivem dešťovými srážkami, vlnami, ledem a dalšími ničivými činiteli. Opevnění musí být navrženo tak aby jeho horní hrana byla minimálně 0,5 m nad hladinou stálého nadržení a minimálně 0,8 m nad hladinou zásobního prostoru. Z důvodu zabránění sesouvání směrem dolů z břehů se opevnění běžně opírá a opěrnou patku. Je běžné, že se v dolní části opevnění opírá o opěrnou patku. Nejčastěji se při sklon, který je menší než 1:2, navrhuje opevnění pohozen z makadamu nebo z lomového kamene. [1]

Je důležité, aby při přechodu povodně nedošlo k přelití hráze, to může mít za následek poškození až protrhnutí hráze. Za tímto účelem se navrhuje koruna hráze v dostatečné výšce nad hladinou stálého nadržení. [7].

Celkovou výšku hráze určuje součet:

- hloubka založení hráze,
- hloubka zásobního prostoru,
- hloubka retenčního prostoru,
- hodnoty bezpečnostního převýšení koruny hráze nad maximální hladinou vody v nádrži



Obrázek 1 - Řez hrází z homogenního materiálu [12]

Zátopa nádrže je plocha, na které se rozlévá voda zadržovaná nádrží. Tato plocha je závislá na přítoku do nádrže. Zátopovou plochu je nutné zbavit veškerých porostů, organické hmoty, balvanů a staveb, které by mohly vést k hygienickým i k estetickým závadám. V důsledku zanášení nádrže je nutné provádět její pravidelné odbahňování. Zanášení nádrže je způsobeno přítokem suspendovaných látek v přítoku do nádrže. Tyto látky mívají příznivý vliv pro postupnou eutrofizaci, růst biomasy a její následné odumírání a sedimentaci v nádrži. Tyto vlivy jsou v dlouhodobém časovém období nevhodné a zabraňují správné funkci vodní nádrže. [7]

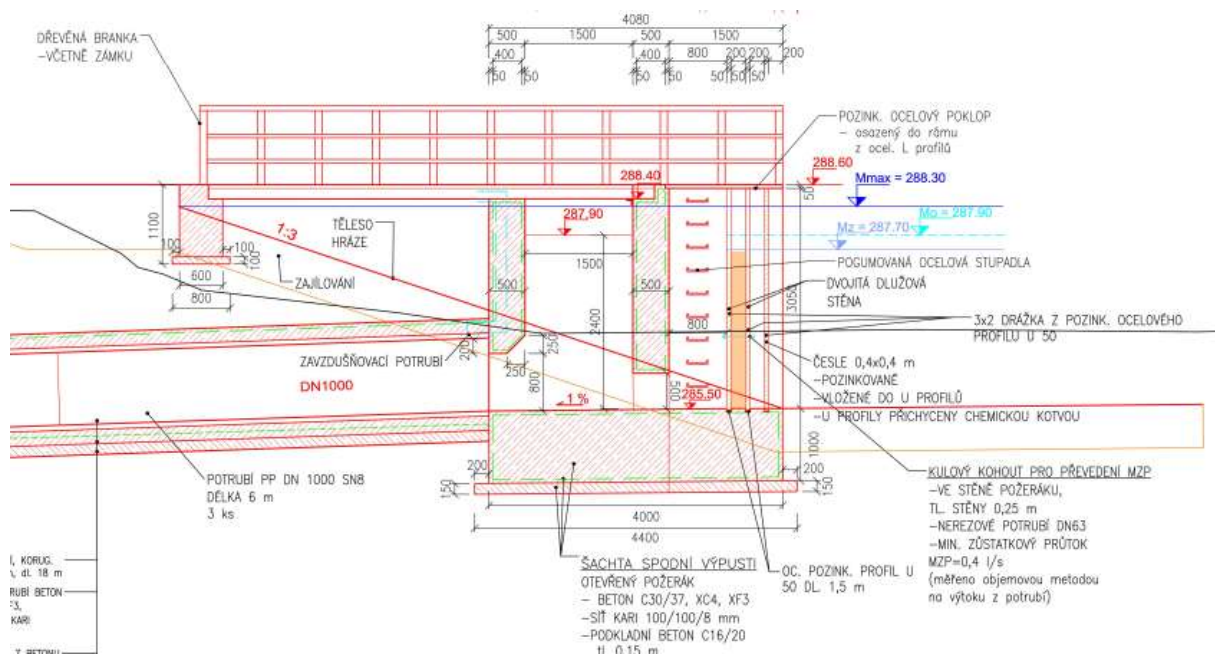
Odbahňování se provádí odtěhováním sedimentu po vrstvách. Vzorky vytěženého sedimentu jsou posílány k analýze. Po provedení analýzy se pak rozhoduje, jakým způsobem dále nakládat se sedimentem. Nakládání se sedimentem bývá prováděno podle vyhlášky č. 257/2009 Sb.

Na závěr zemních prací je potřeba úprava a vysvahování zátopy, tak aby byl zajištěn plynulý odtok směrem k výpustnému objektu. Volí se ideálně mírný svah např. 1:100. [7]

4.2.2 VÝPUSTNÉ ZAŘÍZENÍ

Výpustné zařízení na malých vodních nádržích slouží k vypuštění vody z nádrže. Proto se umísťuje na nejnižším bodě nádrže. Jeho dalším účelem je zajištění hladiny stálého vzduť a samotné manipulování s vodní hladinou. Výpustné zařízení ve většině případů zajišťuje převedení minimálního zůstatkového průtoku. [7]

K hlavním částem výpustného zařízení patří česle (chrání výpusť před zanášením plovoucími předměty), uzávěr a zařízení pro utlumení energie vody pod hrází (vývar). Výpustné zařízení se dělí na dvě kategorie. Otevřené a trubní. Trubní výpustný objekt má vtok předsazený před svou vlastní konstrukcí a samotný přítok je zajištěn potrubím. Otevřený výpustný objekt má vtok do výpustného objektu ve vlastním těle výpustného objektu (Má stěny pouze ze 3 stran a strana směrem k zátopě je otevřená).



Obrázek 2 - Řez výpustným zařízením [zdroj: Vlastní]

Účinná šířka přelivu se vypočítá po započtení boční kontrakce podle následujícího vztahu.

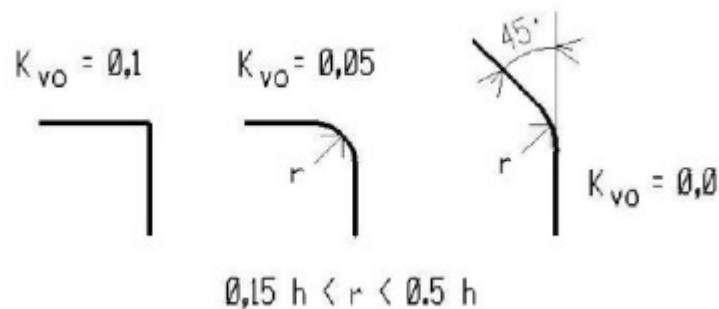
$$b_0 = b - 2 * KV * h [m^3](1)$$

kde b_0 [m] účinná šířka přelivu,
 b [m] šířka přelivu bez vlivu kontrakce,

K_V [-] součinitel vtoku,
 h [m] výška přepadového paprsku.

$$K_V = \frac{b * K_{VO}}{b + h} \quad [-] \quad (2)$$

KVO je závislé na ostrosti hrany, viz obr. č. 3



Obrázek 3 Součinitel vtoku K_V pro různé přelivné hrany [7]

Dále se vypočte množství vody, které je schopné přetéct přes dlužovou stěnu za jednotku času podle následujícího vzorce -(3). [7]

$$Q_{max} = m * b_0 * \sqrt{2 * g} * h^{\frac{3}{2}} \quad [m^3 * s^{-1}] \quad (3)$$

Kde m [-] součinitel přepadu,
 b_0 [m] účinná šířka přelivu se započtením vlivu kontrakce,
 g [$m \cdot s^{-2}$] tíhové zrychlení,
 h [m] výška přepadového paprsku

Výpočet DN potrubí

Pro návrh DN a výpočet kapacity potrubí se používá Chézyho rovnice. Rovnice má tvar:

$$v = C * \sqrt{R * i} \quad (4)$$

Kde:

v [$m \cdot s^{-1}$] rychlost proudění vody v potrubí
 R [m] hydraulický poloměr (m)
 C [$m^{0,5} \cdot s^{-1}$] Chézyho rychlostní součinitel
 i [-] sklon čáry energie

Hydraulický poloměr R se vypočítá jako:

$$R = S / O \quad (5)$$

S [m^2] plocha potrubí

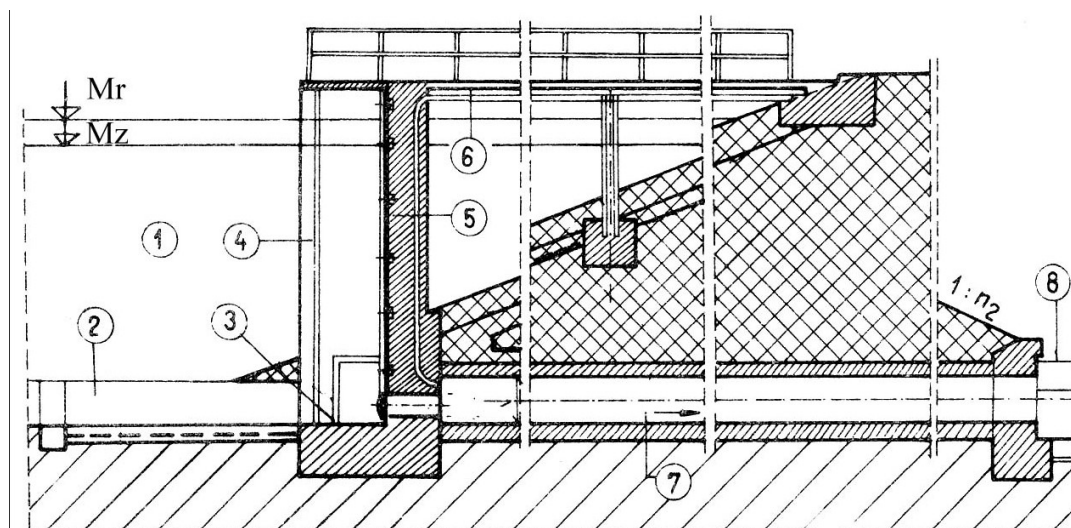
O [m] Omočený obvod

Pro výpočet průtoku potrubím Q se pak použije rovnice kontinuity:

$$Q = S \cdot v \quad (6) \quad [7]$$

4.2.1 SDRUŽENÝ OBJEKT

Sdružené objekty mají svůj název podle toho, že sdružují několik objektů dohromady. U malých vodních nádrží sdružený objekt plní funkci výpustného zařízení, odběrného zařízení a bezpečnostního přelivu. Důvod pro sloučení funkcí je zejména konstrukční zjednodušení stavby, levnější údržba objektů a menší cena. V rámci konstrukce je jako první, směrem do zátopy, postaven odběrný objekt ten je propojen a navazuje na bezpečnostní objekt. Z bezpečnostního objektu potrubím odtéká voda skrz hráz do vývaru. Objekty jsou vybaveny všemi náležitostmi, které byly popsány v přechozích kapitolách jako je česlová stěna atd. [5]



Obrázek 4 - Schéma výpustného zařízení [13]

Návrh délky bezpečnostního přelivu

Můžeme vyjádřit délku přelivné hrany b_0 z rovnice (4):

$$b_0 = \frac{Q}{m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h^2}} \quad [m] \quad (6)$$

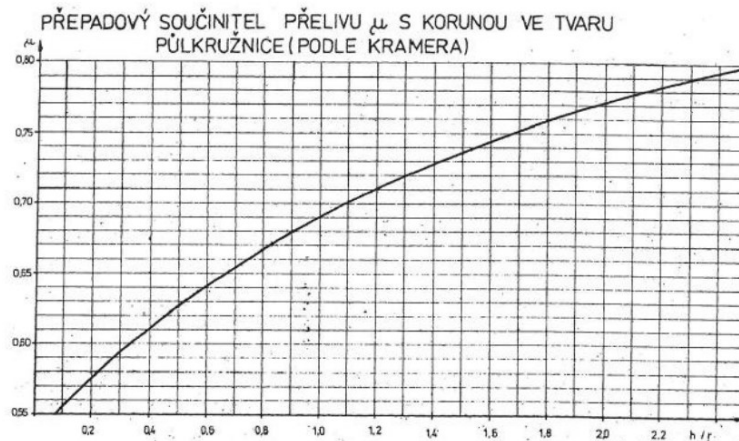
kde Q [$m^3 \cdot s^{-1}$]
 m [-]
 g [$m \cdot s^{-2}$]
 h [m]

kulminační průtok Q_{100} ,
 přepadový součinitel,
 tíhové zrychlení,
 přepadová výška

Přepadový součinitel m můžeme určit podle vztahu (7):

$$m = \frac{2}{3} * \mu \quad [-] \quad (7)$$

Kde μ je přepadový součinitel, který je závislý na poměru přepadové výšky a poloměru zaoblení přelivné hrany a určuje se podle následujícího nomogramu na Obrázku 5

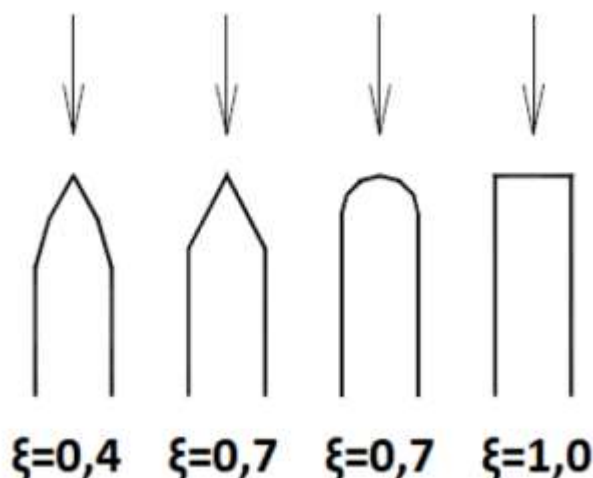


Obrázek 5 - Tabulka používající se pro stanovení přepadového součinitele[11]

Pro stanovení skutečné šířky přelivné hrany b , je nutné šířku b_0 navýšit o vliv kontrakcí podle následujícího vztahu (8)[9]:

$$b = b_0 + 0,1 * n * \xi * h_0 \quad [m] \quad (8)$$

| | | |
|-----|-----------|--|
| kde | b [m] | skutečná šířka přelivné hrany se započtením kontrakcí, |
| | b_0 [m] | šířka přelivné hrany bez započtení kontrakcí, |
| | n [-] | počet kontrakcí, |
| | ξ [-] | součinitel boční kontrakce (Obr. 6), |
| | h_0 [m] | přepadová výška. |



Obrázek 6 – Různé zaoblení obtokových hran a jejich součinitele boční kontrakce [12]

Jedním z dalších bezpečnostních prvků jsou skluz, spadiště a vývar pro tlumení energie. Minimální šířka spadiště je 2 m a hloubka spadiště musí vyhovět podmínce $2 \cdot h_k$. Zde h_k udává kritickou hloubku vody při Q_{100} .

Skluz převádí průtok $2 \cdot Q_{100}$ a minimální hloubka je $1,8 \cdot h_k$. [5]

Výpočet pro kritickou hloubku, který platí pro obdélníkový průřez je uskutečněn podle následujícího vztahu. [9]

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot b^2}} \quad [m] \quad (9)$$

| | | |
|-----|----------------------------|-----------------------------|
| kde | Q [$m^3 \cdot s^{-1}$] | návrhový kulminační průtok, |
| | α [-] | Coriolisovo číslo, |
| | g [$m \cdot s^{-2}$] | tíhové zrychlení, |
| | b [m] | délka přelivné hrany. |

Při návrhu utlumení energie vývarem je nutné, aby byla splněna podmínka dle vztahu (5).

4.2.2 BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV

Bezpečnostní přeliv chrání nádrž před poškozením způsobeným povodňovými průtoky. Jeho účelem je převedení zvýšeného průtoku za hráz a tím zabránění přelítí vody přes korunu hráze. Přežití přes korunu hráze může způsobit poškození vzdušného líce erozí až v extrémních případech protržení hráze. Každá větší nádrž musí být opatřena bezpečnostním přelivem. U menších nádrží se řízení povodňového průtoku provádí pomocí odtokového objektu či řízeným přeléváním hráze. V okolí bezpečnostního přelivu nesmí být umístěny žádné objekty, které by zhoršovali jeho funkci či kapacitu.

Bezpečnostní přelivy jsou navrhovány tak, aby převedly navrhovaný průtok. Ten bývá ve většině případů Q_{100} ale není to podmínkou. Návrhový průtok je určený podle třídy zabezpečení nádrže. Ta se může pohybovat od I do IV. Třídu zabezpečení nádrže určuje státem pověřený orgán (Například TDB). Pro nižší třídu zabezpečení (III a IV) se dá v určitých případech volit návrhový průtok menší než Q_{100} např. Q_{20} . Z této podmínky se díky níže uvedeným výpočtům vypočítají jeho rozměry. Dle rozměrů se pak dále volí vhodný materiál pro jeho konstrukci. Výpočty zahrnují také výpočet délky přelivné hrany a výpočet výšky přepadového paprsku.

Průtok přes korunu bezpečnostního přelivu se vypočítá následovně.[8]

$$Q = m * b * \sqrt{2 * g} * h^{\frac{3}{2}} [m^3 * s^{-1}] \quad (4)$$

| | | |
|-----|------------------------|-----------------------------|
| kde | $Q [m^3 \cdot s^{-1}]$ | návrhový kulminační průtok, |
| | $m [-]$ | Bazinův součinitel přepadu, |
| | $b [m]$ | šířka přelivné hrany, |
| | $g [m \cdot s^{-2}]$ | tíhové zrychlení, |
| | $h [m]$ | přepadová výška. |

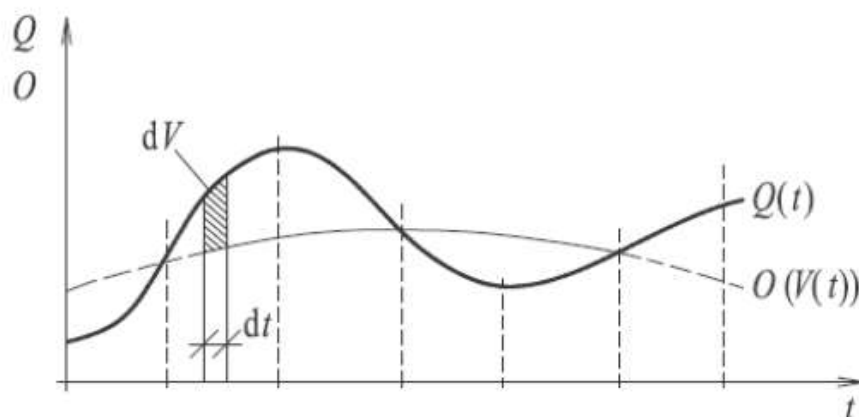
Podmínka tlumení energie vývarem se vypočítá a musí být splněna podle následujícího vztahu:

$$\sigma = \frac{h_d + d}{h_2} = (1,05 - 1,10) [-] \quad (5)$$

| | | |
|-----|----------------|------------------------------------|
| Kde | $\sigma = [-]$ | míra vzdutí, |
| | $h_d [m]$ | hloubka vody v korytě pod vývarem, |
| | $d [m]$ | hloubka vývaru, |
| | $h_2 [m]$ | druhá vzájemná hloubka. |

4.2.3 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY JEDNOTLIVÝCH CHARAKTERISTIK MVN

Každou nádrž lze popsat podle svých charakteristik nádrže, ty jsou závislé na morfologii údolí. K základním charakteristikám nádrže patří ztráty vody, kapacity výpustí, přepadů či odběrných zařízení a objemy rozdělení dílčích prostorů nádrže. [9]



Obrázek 7 – Schéma odtoku vody z nádrže během času[14]

Ze základní diferenciální rovnice o zachování hmotnosti lze odvodit následující rovnici o zachování hmotnosti

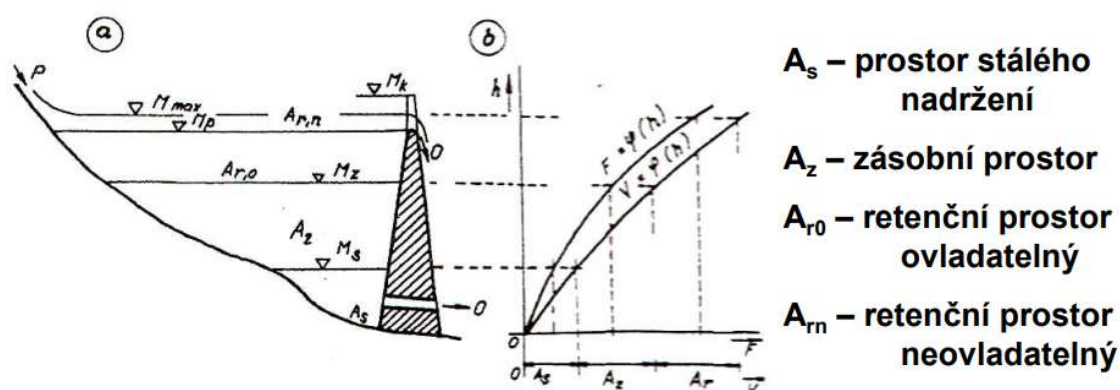
$$\frac{dV}{dt} = Q(t) - O(V(t)) \quad (10)$$

kde dV/dt [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] okamžitá změna objemu vody v nádrži,
 $Q(t)$ [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] přítok vody do nádrže,
 $O(V(t))$ [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] odtok vody z nádrže.

Regulování odtoku je jednou s fundamentální funkcí nádrže. Regulování odtoku může být plánováno buď v menších časových intervalech(sezónní) nebo v časových intervalech delších (jednoroční). Další důležitou funkcí nádrže je takzvaná redistribuce průtoku. Jedná se o schopnost nádrže zadržet vodu při zvýšených průtocích a pak ji pomalu pouštět to koryta toku v období snížených průtoku a tím zachovávat minimální hygienický průtok tokem. [9][10].

4.2.4 ROZDĚLENÍ PROSTORŮ HLADIN MALÝCH VODNÍCH NÁRŽÍ

V malých vodních nádržích jsou vymezeny takzvané funkční prostory. Tyto prostory slouží jak k hospodaření s vodou, ale také k způsobu, jakým se s vodou hospodaří. Funkční prostory jsou znázorněny na následujícím obrázku. [7]



Obrázek 8 - Rozdělení prostorů u vodních nádrží podle účelu a jejich názvy [14]

Samotné prostory malé vodní nádrže se dělí následovně:

- prostor retenční (ochranný)
- akumulární (zásobní)
- ovladatelný (zálohový)

Zásobní prostor V_z je prostor mezi dnem nádrže a hladinou stálého nadržení M_z . Tato hladina je shodná s výškou umístění dluží na výpustném objektu. Ovladatelný prostor je prostor mezi hladinou stálého nadržení M_z a hranou přelivu bezpečnostního objektu. Jak je z názvu zřejmé s hladinou lze manipulovat tak, že se do výpustného objektu přidají dluže a zvedne se hladina či se hladina sníží. Prostor ochranný je mezi hranou bezpečnostního objektu a hladinou M_{max} . Hladina M_{max} maximální hladina při návrhovém průtoku, na který je nadimenzovaný bezpečnostní přeliv. [5]

4.2.5 ZTRÁTY VODY U MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

Během provozu nádrže přitéká do nádrže voda a také z ní voda odtéká. Rozdíl těchto dvou hodnot ovšem nečiní přebytek vody, který zůstal v nádrži. Během provozu dochází k úbytkům vody neboli ke ztrátám. Ztrátám dochází, jak kvůli přírodním vlivům jako je výpar a transpirace rostlin, nebo kvůli vlivům způsobeným manipulací s vodou takzvaným ztrátám provozním. Mezi ztráty provozní patří průsak vody skrz hráz či podloží, ztráty na funkčních objektech atd. [7]

Ztráty výparem z vodní hladiny:

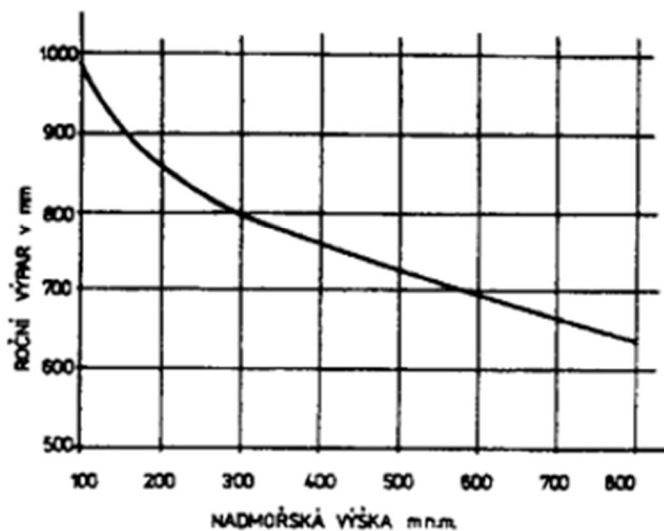
Zjištění této hodnoty u malých vodních nádrží je snadné. Z nomogramu se odečte hodnota pro příslušnou nadmořskou výšku a měsíc. Tuto hodnotu pak následně vynásobíme plochou hladiny.

Celková ztráta výparem za delší období se stanoví jako funkce průměrné teploty vzduchu a průměrného tlaku vodních par.

Pokud je teplota vzduchu záporná, s výparem neuvažujeme.

Zvýšení výparu v závislosti na procentu zarostlé plochy je možné zjednodušeně počítat přenásobením ročního výparu z volné hladiny opravným součinitelem a jeho rozdělením v období růstové fáze vegetace. [10]

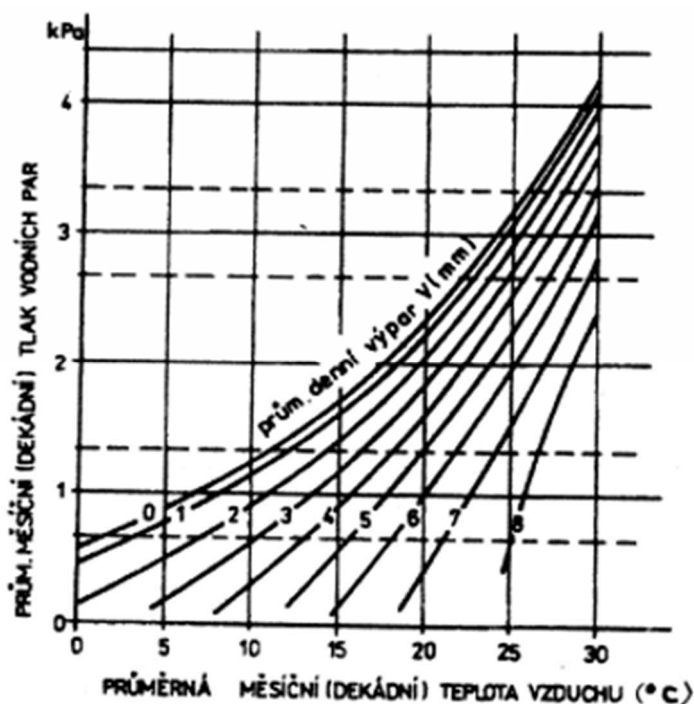
- **Podle ČSN 75 2410**



Obrázek 9 Roční výpar ku nadmořské výšce [10]

| | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|
| podíl zarostlé plochy (%) | 10 | 30 | 50 | 75 |
| opravný součinitel | 1,03 | 1,08 | 1,14 | 1,22 |

Obrázek 10 Opravný součinitel pro závislost zarostlé plochy vegetací [10]



Obrázek 11 Průměrná měsíční teplota ku průměrnému měsíčnímu odparu [10]

Provozní ztráty:

Mezi provozní ztráty zařazujeme ztráty na funkčních objektech. Tyto ztráty bývají způsobeny netěsnostmi regulačních a uzavíracích prvků. Tyto ztráty se objevují u všech regulačních objektů, ale pouze u těch bezpečnostních objektů, které mají regulační zařízení. [5]

Ztráty infiltrací do dna:

K těmto ztrátám dochází pouze při napouštění nádrže a v případě, že byla nádrž dlouhodobě vypuštěna. Ztráta závisí na rozloze údolí, na hloubce vysušení půdního profilu zátopy a na geologických a morfologických podmínkách.

Ztráty průsakem hrází a jejím podložím:

Pro řešení ztráty vody průsakem podložím a hrází musíme vypočítat specifický průsak. Pro homogenní hráz na nepropustném podloží je výsledkem rovnice depresivní křivky. [11]

Specifický průtok je určen podle následujícího vztahu [11]

$$q = K * \frac{H^2}{2L} [m^3 * s^{-1} * m^{-1}] \quad (12)$$

kde $q [m^3 * s^{-1} * m^{-1}]$ specifický průsak,
 $K [m * s^{-1}]$ součinitel hydraulické vodivosti zeminy,
 $H [m]$ výška vody v nádrži,
 $L [m]$ délka průsakové křivky.

Délka průsakové křivky je určena podle následujícího vztahu [15]

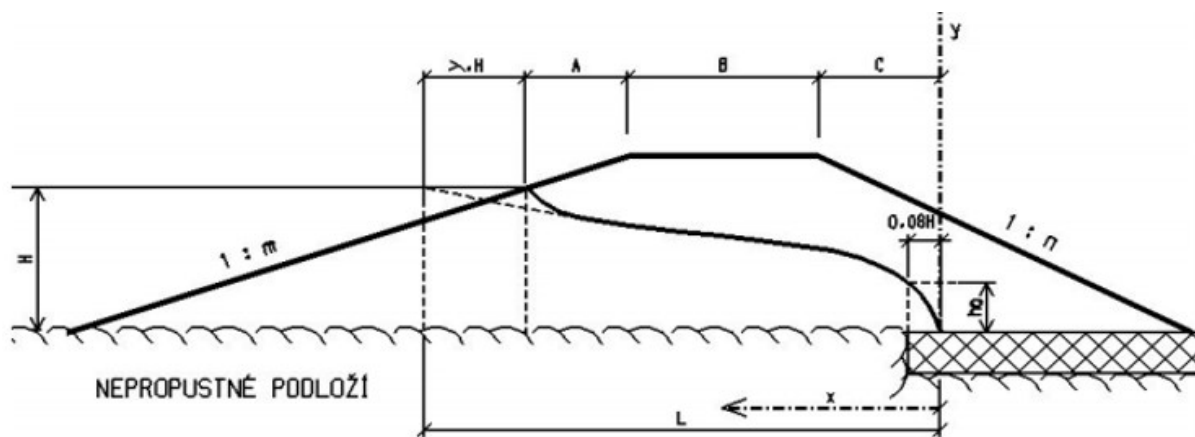
$$L = \lambda * H + A + B + C \text{ [m]} \quad (13)$$

kde H [m] zásobní hloubka vody v nádrži,
 A, B, C [m] jednotlivé vzdálenosti dle obrázku 10

Součinitel λ je určen dle následujícího vztahu [15]

$$\lambda = \frac{m}{1 + 2m} [-] \quad (14)$$

kde m [m] sklon návodního líce hráze



Obrázek 12 - Schéma hráze s veličinami používajícími se k výpočtu průsaku na nepropustném podloží [7]

5 POPIS MVN TUPADLY U ČÁSLAVI

Předmětem projektu „Rekonstrukce MVN, výsadba vodních tůní a výsadba dřevin“ k.ú. Tupadly u Čáslavi je rekonstrukce vodní nádrže na bezejmenném vodním toku s IDVT 10175821. Je navržena rekonstrukce výpustného objektu, dosypání hráze, vybudování nového bezpečnostního objektu, vývaru a rozšíření zátopy. Dále je navrženo 10 tůní. 2 z nich budou průtočné zbytek budou neprůtočné napájené pouze z podzemní vody. Dále je navržena revitalizace vodního toku. Nakonec je naplánováno na přilehlé parcele 283/2 uložení zeminy a následná výsadba.

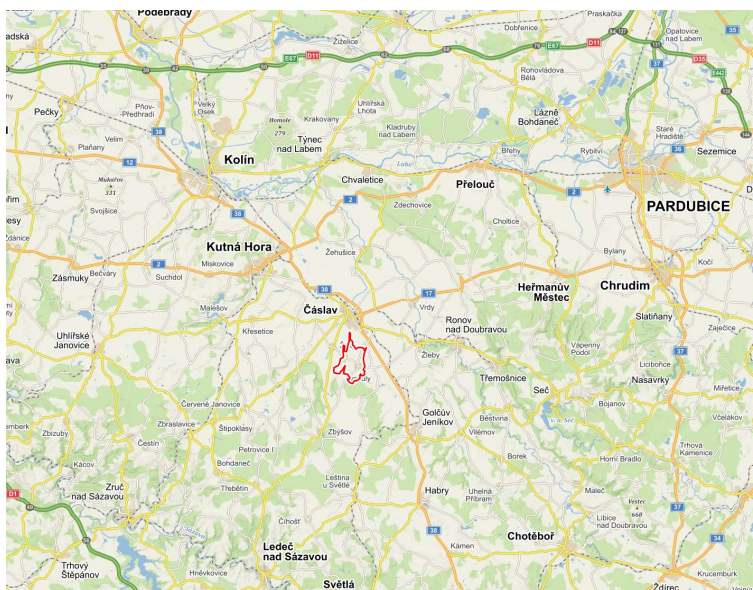
5.1 POPIS ÚZEMÍ

Zájmové území se nachází v České republice (ČR) ve Středočeském kraji. Jedná se o oblast severo-západně od obce Tupadly u Čáslavi. Vodní dílo se nachází v katastrálním území Tupadly u Čáslavi.

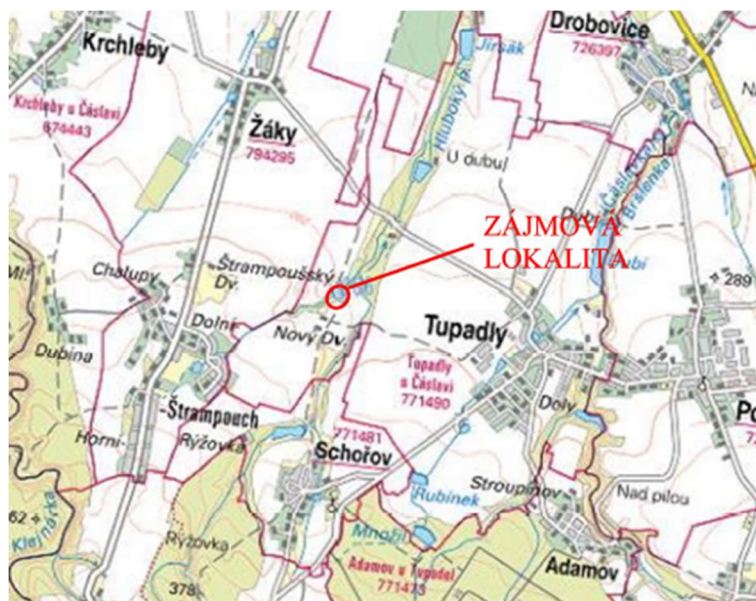
Jedná se o lokalitu na levostranném přítoku Hlubokého (Hlubočekého) potoka s IDVT 10175821 v nadmořské výšce cca 282,00-294,00 m.n.m. Lokalita se nachází v povodí s číslem hydrologického pořadí 1-03-05-0530, v povodí potoka Hluboký potok.

Správcem toku je Lesy ČR s.p.

Staveniště se nachází v k.ú. Tupadly u Čáslavi.



Obrázek 13 Přehledná situace obce Tupadly [16]



Obrázek 14 Přehledná situace umístění stavby [16]

5.2 OBEC TUPADLY

V obci Tupadly žije 666 obyvatel. Východním okrajem obce protéká říčka Brslenska, na horním toku nazývaná také Čáslavka, která je levostranným přítokem řeky Doubravy.

První písemná zmínka o obci pochází z roku 1242. V letech 1961–1990 pod správu obce spadala vesnice Adamov.

Další záznam byl proveden v roce 1932 kdy byly v obci evidovány 2 hostince, 2 koláři, 2 kováči, krejčí, výroba lihovin, mlýn, pekař, 4 rolníci, řezník, sadař, 2 obchody se smíšeným zbožím, družstvo pro stavbu dělnických domků, trafika, truhlář, 2 velkostatky, obchod s vínem, zámečník. [20]

5.3 VD TUPADLY

Jedná se o malou vodní nádrž, která byla postavena dle současných vlastníků na konci 18. století. Vodní nádrži protéká potok s názvem Levostranný přítok Hlubockého potoka. Rekonstrukce tohoto vodního díla je nyní ve fázi, kdy projektová dokumentace je dokončena a je vydáno stavební povolení. Začátek realizace je předběžně naplánován na podzim 2023, ale toto datum není finální a je možné jeho odložení.



Obrázek 15 Zájmová lokalita [16]

5.3.1 Levostranný přítok Hlubockého potoka

Levostranný přítok Hlubockého potoka je, jak již z názvu vyplývá potok, který je levým přítokem do Hlubockého potoka. Potok má prameniště v nadmořské výšce cca 325 m.n.m., které se nachází na území obce Štrampouch. Dále teče do rybníka Jordán v obci Dolní Štrampouch. Celková plocha povodí toku levostranného přítoku do Hlubockého potoka je 1,71 km². Pro zpracování tohoto projektu bylo požádáno o data z ČHMÚ. Tyto data byly uvedeny k profilu za hrází malé vodní nádrže Tupadly.

K tomuto profilu byly obstarány následující data z ČHMÚ.

| | |
|-------------------------------|--|
| Vodní tok | levostranný přítok Hlubokého (Hlubockého) potoka, IDVT 10175821* |
| Číslo hydrologického pořadí | 1-03-05-0530-0-00 |
| Profil | hráz rybníka v cca 0,2 ř.km |
| Souřadnice v S-JTSK | x = - 677709 m y = - 1075685 m |
| Plocha povodí A ¹⁾ | 1,71 km ² |

*podle centrální evidence vodních toků

| | |
|---|---------------------------------|
| Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P _a | 614 mm |
| Dlouhodobý průměrný průtok Q _a | 4,4 l·s ⁻¹ Třída IV. |

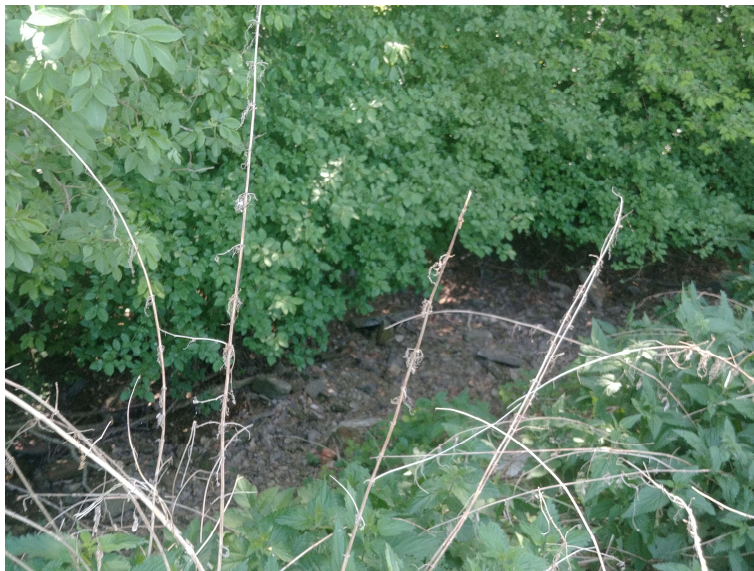
| M-denní průtoky Q _{Md} ^{b)} | | l·s ⁻¹ | | | | | | | | | | Třída II. | | | |
|---|--|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|------|-----|--|
| M | | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 355 | 364 | |
| Q | | 10 | 6,9 | 5,0 | 3,7 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,3 | 1,0 | 0,7 | 0,4 | 0,05 | 0 | |

| N-leté průtoky Q _N | | m ³ ·s ⁻¹ | | | | | Třída IV. | | |
|-------------------------------|--|---------------------------------|-------|------|------|------|-----------|------|--|
| N | | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | |
| Q | | 0,502 | 0,867 | 1,53 | 2,21 | 3,08 | 4,53 | 5,90 | |

Obrázek 16 Data z ČHMÚ pro profil za hrází malé vodní nádrže Tupadly [15]

Poznámka:

Stanovené hydrologické charakteristiky představují nezahrnují ovlivnění manipulacemi na rybníku Jordán a rybníku v cca 0,2 ř. km. Manipulační řády nemá ČHMÚ k dispozici.



Obrázek 17 Levostranný přítok Hlubockého potoka (foceno v červnu, kdy byl bez vody) [Růžička 06/2022]

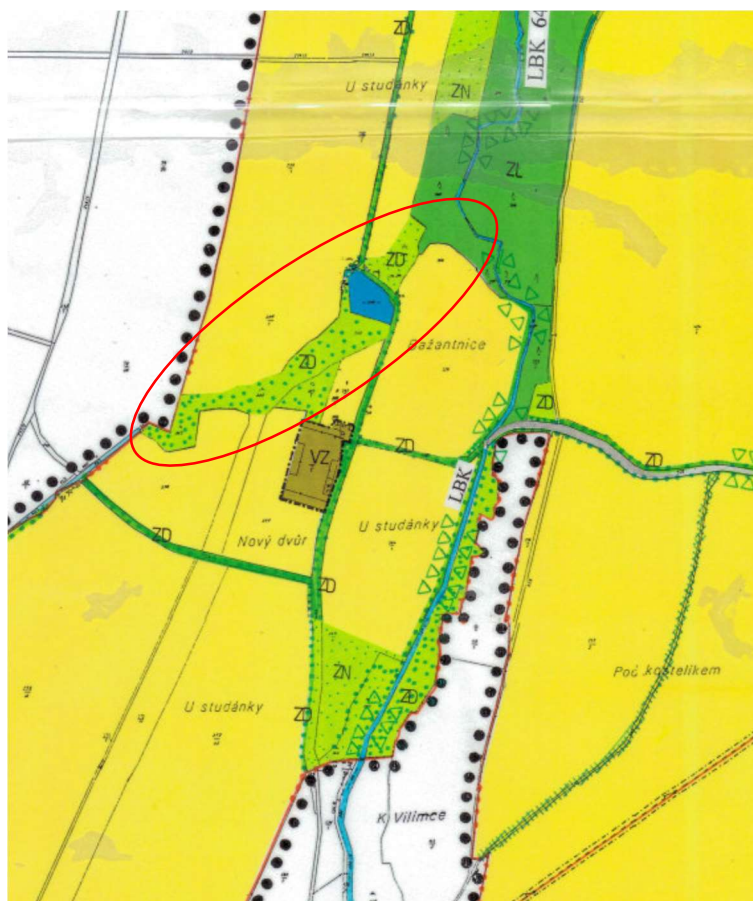


Obrázek 18 Levostranný přítok Hlubockého potoka (foceno v lednu, kdy byl bez vody) [Růžička 01/2022]

5.3.2 Územní plán

Obec Tupadly u Čáslavi má platný územní plán. Tento plán je k dispozici pouze v tištěné podobě. Jeho naskenovaná verze mi byla v rámci vypracování projektu poskytnuta obcí Tupadly. V rámci ÚP se řešená lokalita nachází v nezastavěném území. Stavba je v souladu s územním plánem. Stavba se nachází na pozemcích s označením ZD a vodní plocha.

ZD - Hlavní využití – Zeleň doprovodná ochranná



Obrázek 19 Územní plán obce Tupadly u Čáslavi [18]

5.3.3 Geografické a pedologické poměry

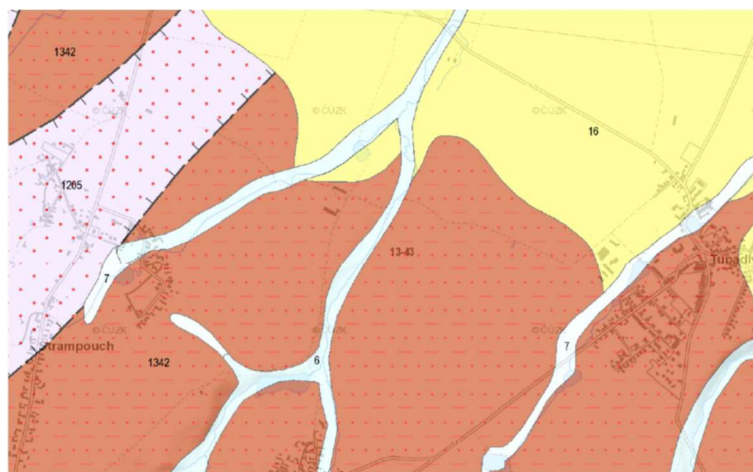
Geografické, geologické a pedologické poměry zájmové lokality jsou shrnuty v této podkapitole. V rámci projektu byl vypracován inženýrsko-geologický průzkum firmou GEON, s.r.o. Inženýrsko-geologický průzkum proved Ing. Albert Kmet'. [19]

Následující část je rešerše z průzkumu Ing. Kmetě:

Zájmová oblast se z hlediska regionálně geologického nachází v okrajové oblasti budované horninami krystalinika, které je v zájmové oblasti prezentováno pararulami a rulami. Metamorfity jsou převážně zřetelně břidličnaté, tenké nebo hrubě plástevnaté s výraznou foliací. Bývají intenzivně zvrásknuty, porušeny několika systémy puklin různých směrů. Četnost

puklin je značná. Bývají porušeny i poruchovými pásmy. Zvětralé mají vždy rezavohnědou barvu, nezvětralé jsou šedé až tmavě šedé. Zvětrávají snadno od eluvia povahy jílovitopísčité zeminy s úlomky zvětralých hornin přecházejí do hlinitokamenité horninové masy až do zvětralých poloh. Vzhledem k charakteru lokality, která se nachází na starém zarovnaném povrchu je nutno předpokládat nepravidelnost hloubky a intenzity zvětrání hornin. Svahové uloženiny přecházejí do písčitých hlín až do hlinitokamenitých sutí, běžně několik metrů mocných. Jedná se o zeminy dostatečně únosné a málo stlačitelné.

Zájmová oblast se z hlediska regionálně geologického nachází v okrajové oblasti budované horninami krystalinika, které je v zájmové oblasti prezentováno pararulami a rulami. Metamorfity jsou převážně zřetelně břidličnaté, tenké nebo hrubě plástevnaté s výraznou foliací. Bývají intenzivně zvrásněny, porušeny několika systémy puklin různých směrů. Četnost puklin je značná. Bývají porušeny i poruchovými pásmy. Zvětralé mají vždy rezavohnědou barvu, nezvětralé jsou šedé až tmavě šedé. Zvětrávají snadno od eluvia povahy jílovitopísčité zeminy s úlomky zvětralých hornin přecházejí do hlinitokamenité horninové masy až do zvětralých poloh. Vzhledem k charakteru lokality, která se nachází na starém zarovnaném povrchu je nutno předpokládat nepravidelnost hloubky a intenzity zvětrání hornin. Svahové uloženiny přecházejí do písčitých hlín až do hlinitokamenitých sutí, běžně několik metrůmocných. Jedná se o zeminy dostatečně únosné a málo stlačitelné.[19]



Obrázek 20 Geologická situace 1:20 000 [19]

V rámci inženýrsko-geologického průzkumu bylo provedeno 8 výzkumných sond.

Sondážní práce byly provedeny v průběhu měsíce ledna 2022. Na lokalitě se pod svrchním horizontem humózních hlín a organických zemín o mocnosti v rozmezí cca 0,2-0,5 m vyskytují jílovito-písčité a hlinito-písčité zeminy o minimální mocnosti do cca 2,0 m – třídy MS-CS-SC převážně o tuhé směrem do podloží až polotuhé konzistenci s proměnlivou příměsí štěrku kdy směrem do podloží se vyskytují štěrkohlinité polohy (MG-GM)

Úroveň hladiny podzemní a podpovrchové vody je proměnlivá v závislosti na pozici sond a skladbě profilů, a to od úrovně naražené hladiny od 0,5-1,2 m p.t.- je třeba předpokládat, že úroveň hladiny podzemní vody v průběhu roku kolísá. Je nutno předpokládat, že mocnost a způsob uložení kvartérních sedimentů je značně kolísavý a podléhá místním vlivům. [19]

Profily provedených sond

S 1

m p.t.

0,0-0,5– organické zeminy

0,5-2,0 –jílovito-písčítá, písčítá hlína, písčité polohy, hnědá tuhá CS-MS-SC

Nar. voda 1,1 m p.t., ustálená voda 1,0 m p.t.

S 2

m p.t.

0,0-0,4– organické zeminy

0,4-2,0 –jílovito-písčítá, písčítá hlína, písčité polohy, hnědá tuhá CS-MS-SC

Nar. voda 1,2 m p.t., ustálená voda 1,0 m p.t.

S 3

m p.t.

0,0-0,4– organické zeminy

0,4-2,0 –jílovito-písčítá, písčítá hlína, písčité polohy, hnědá tuhá CS-MS-SC

Nar. voda 0,5 m p.t., ustálená voda 0,5 m p.t.

S 4

m p.t.

0,0-0,4– organické zeminy

0,4-2,0 –jílovito-písčítá, písčítá hlína, písčité polohy, hnědá tuhá CS-MS-SC

Nar. voda 0,6 m p.t., ustálená voda 0,5 m p.t.

S 5

m p.t.

0,0-0,4– organické zeminy

0,4-2,0 –jílovito-písčítá, písčítá hlína, písčité polohy, hnědá tuhá CS-MS-SC

Nar. voda 0,5 m p.t., ustálená voda 0,5 m p.t.

S 6

m p.t.

0,0-0,3– humózní hlína

0,3-2,0 –jílovito-písčítá, písčítá hlína, písčité polohy, ojedinělé štěrky, směrem do podloží se zvyšuje podíl štěrků až polohy zahliněných štěrků, hnědá tuhá CS-MS-SC

Nar. voda 1,2 m p.t., ustálená voda 1,1 m p.t.

S 7

m p.t.

0,0-0,5– organické zeminy

0,5-2,0 –jílovito-písčítá, písčítá hlína, písčité polohy, hnědá tuhá CS-MS-SC

Nar. voda 0,5 m p.t., ustálená voda 0,5 m p.t.

S 8

m p.t.

0,0-0,5– organické zeminy

0,5-2,0 –jílovito-písčítá, písčítá hlína, písčité polohy, hnědá tuhá CS-MS-SC

Nar. voda 0,6 m p.t., ustálená voda 0,5 m p.t.

[19]

Pedologické posouzení

Vlastní území se z hlediska půdních typů nachází v oblasti výskytu typu černozemě, skupina černosoly. Černozemě jsou modální půdy vytvořené převážně ze středně těžkých až těžkých většinou čtvrtohorních sedimentů (spraše, sprašové a různé polygenetické hlíny) s příznivým vodním režimem. Černozemě mají slabě kyselou až neutrální reakci, jsou sorpčně

nasyčené, mají příznivé složení humusu a středně těžkou až těžkou zrnitost. V daném profilu byl v prostoru sondy S 6 humusový horizont (tzv. černozemní) včetně přechodového horizontu ověřen pedologickým průzkumem do hloubky cca 0,3 m p.t.. [19]

5.4 POPIS STÁVAJÍCÍCH OBJEKTŮ

5.4.1 Hráz

Hráz je v dobrém stavu, co se únosnosti týče. Na koruně hráze se nachází polní cesta, po které pravidelně projíždí těžká zemědělská technika a není vidět žádná eroze či kolaps hráze. Hráz je však vysoce zarostlá jak stromy, tak i křovinami. V rámci návrhu dojde k odstranění těchto křovin. Z důvodu přání investora i příslušné orgánu životního prostředí dojde ke kácení stromů v co nejmenší možné míře a proto budou káceny pouze stromy, které přímo kolidují se stavbou. To znamená, že ne všechny stromy na hrázi budou ponechány.



Obrázek 21 Polní cesta na koruně hráze [Růžička 06/2022]



Obrázek 22 Pohled na hráz směrem do zátopy [Růžička 01/2022]



Obrázek 23 Pohled na korunu hráze směrem k propustku [Růžička 01/2022]



Obrázek 24 Pohled na vzdušní líc hráze s odtokovým korýtkem [Růžička 01/2022]

5.4.2 Zátopa

Zátopa je zaplněna nánosy bahna, které jsou velice výrazné a pravděpodobně hluboké i více než 2 m. Podle informací od investora nebyla tato malá vodní nádrž nikdy odbahněna. Zátopa má kvůli nánosům bahna velice malou hloubku, v určitých místech méně než 1 m, a proto v letních měsících vysychá všude kromě oblasti s největší hloubkou. Počítá se s naplněním nádrže během jarních měsíců. V zadní části zátopy směrem od hráze je hustý porost keřů, které budou muset být během výstavby vykáceny.

Ze zátopy byly odebrány 4 vzorky zeminy a dále pak 5 vzorků zeminy s již odtěženého sedimentu. Vzorky zeminy byly v rámci projektu otestovány ve zkušební laboratoři firmy AQUATEST a.s. Z výsledků testů provedených v laboratoři vyplývá, že vzorky plně vyhovují rozsahu přílohy č.1 vyhlášky č. 257/2009 Sb. O používání sedimentu na zemědělské půdě.

Vzorky sedimentu zároveň plně vyhovují rozsahu přílohy č. 3 vyhlášky č. 257/2009 Sb. O používání sedimentů na zemědělské půdě. [21]



Obrázek 25 Pohled do zátopy [Růžička 06/2022]



Obrázek 26 Pohled do zátopy v zimním období [Růžička 01/2022]

5.4.3 Výpustný objekt

Při prohledání veškerých prostor okolo hráze jsem nabyl schopný najít výpustný objekt ani jeho potrubí. Je velice pravděpodobné, že výpustný objekt byl zanesen nánosy bahna, které jsou v zátopě velice výrazné. V rámci projektu byl navržen nový výpustný objekt a do rozpočtu se přidala položka, která zajišťuje odstranění původního výpustného objektu.

5.4.4 Bezpečností přeliv

Na této malé vodní nádrži se nenachází tradiční bezpečnostní přeliv. Funkci bezpečnostního přelivu zastává propustek, který je součástí tělesa hráze. Tento propustek je v dobrém stavu, jelikož po něm pojíždí pravidelně těžká zemědělská technika a není vidět žádné poškození konstrukce.

Podle mého názoru by mělo dojít k jeho zachování, jelikož se jedná o historický prvek. S tímto výrokem souhlasí jak investor, tak i příslušné úřady. Proto v rámci výstavby dojde k jeho využití jako bezpečnostního přelivu. Momentálně okolo propustku je pouze improvizovaná konstrukce z kamenů položených na dně zátopy a propustek slouží jako jediný odtok z nádrže. S vodní hladinou momentálně nelze manipulovat.

Propustek má cihelné půlkruhové čelo na návodním líci, které uvnitř konstrukce přechází na kamenné zdi. Propustek má velice drsné stěny, které se skládají z ostrých kamenů, které jsou spojeny s okolní konstrukcí maltou. Dno propustku je nerovnoměrně vyskládané stejnými kameny, jaké jsou použité ke konstrukci stěn. Propustek přímo vytéká do koryta toku, které se nachází těsně za hrází. Na straně návodního líce má propustek otvor výtoku, který je asi dvojnásobně větší, než je otvor vtoku. Dále se v tomto prostoru nachází kamenná zeď, která slouží jako zavazovací křídla u propustku.



Obrázek 27 Pohled na propustek z návodní strany [Růžička 06/2022]



Obrázek 28 Pohled na kamennou konstrukci, sloužící jako přeliv [Růžička 01/2022]



Obrázek 29 Pohled do propustku ze vzdušného líce hráze [Růžička 01/2022]



Obrázek 30 Pohled na propustku ze vzdušného líce hráze [Růžička 01/2022]

5.4.5 Odtokové koryto

Těsně za spodní hranou vzdušného líce vodní nádrže se nachází odtokové koryto, které je zároveň vodní tok s názvem Levostranný přítok Hlubockého potoka. Koryto je zanesené popadaným dřívím a keřovým porostem. Koryto je hluboce zaříznuté do terénu a v letním období je naprosto bez vody. V rámci návrhu dojde jen k jeho drobné úpravě, tak aby navozovalo na vývar, ale z větší části zůstane nedotčené.

5.4.6 Přítokové koryto

Přítokové koryto je velice mělké (hloubka menší než 0,1m) a v letní období zcela vysychá. V rámci projektu dojde k drobné revitalizaci. Vzhledem ke kapacitě toku se počítá, že při vyšších průtocích dojde k vylití vody z koryta. V **prostoru**, kde k vylití dojde, budou vybudovány vodní tůně.



Obrázek 31 Pohled na plochu za zátopou směrem po toku [Růžička 06/2022]



Obrázek 32 Pohled na přítok do nádrže [Růžička 06/2022]

6 POUŽITÉ PROGRAMY, METODY A VÝPOČTY

Návrh byl částečně vypracován v projekční kanceláři VZD Invest s.r.o. K vypracování projektu byly použity převážně programy: Autocad a Atlas DMT. Pro vizualizace byl použit program InfraWorks

6.1 GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ

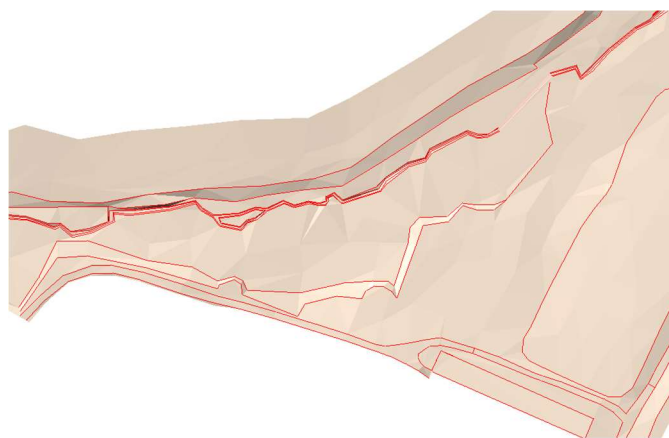
Geodetické zaměření bylo vypracováno firmou ZK-BRNO s.r.o. Celé zájmové území včetně okolního terénu a dalších souvisejících prvků bylo geodeticky zaměřeno (1/2022).

Vytvoření digitálního modelu terénu pomocí Atlas DMT

Z bodů vyplývajících z geodetického zaměření byl vytvořen digitální model terénu pomocí programu Atlas DMT.

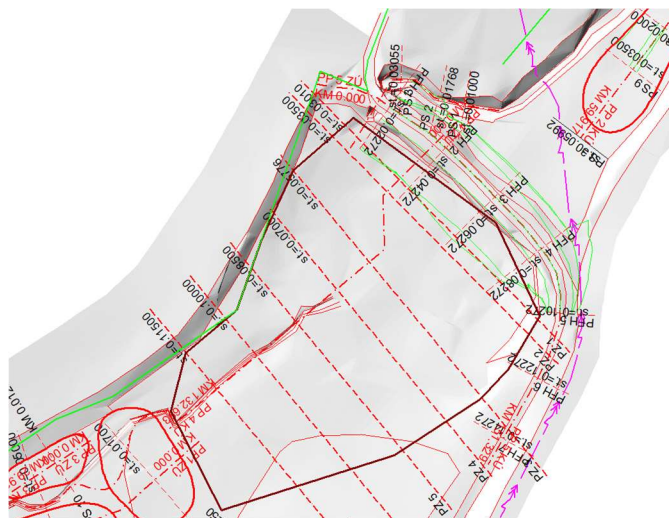
6.2 DMT STÁVAJÍCÍHO STAVU

Základy k vytvoření DMT stávajícího stavu byly údaje z bodového pole a údaje hran (spojnic) z geodetického zaměření. Bodové pole bylo poskytnuto ve formátu *.txt a *.dwg a hrany byly poskytnuty ve formátu *.dwg. Z těchto bodů byla vygenerována nepravidelná trojúhelníková síť (TIN), která tvoří DMT. Dále byly editovány jednotlivé hrany modelu tak, aby co nejvíce odpovídaly skutečnému stavu. AtlasDMT rozeznává hrany povinné (P), lomové (L) a přímé (R).

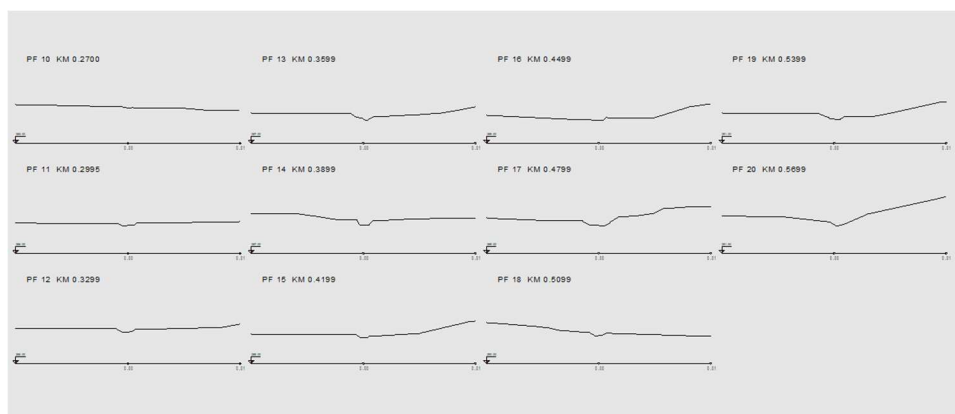


Obrázek 33 Digitální model terén v AtlasuDMT [Růžička 2022]

Dle potřeby budoucího návrhu byly do půdorysu vloženy hlavní polygony. Na těchto polygonech byly umístěny příčné řezy. V nástrojích nadstavby Toky byly pak vygenerovány podélné a příčné profily, které byly dále vyexportovány do *.dxf a upravovány v programu AutoCad.



Obrázek 34 DMT s vloženými podélnými a příčnými řezy [Růžička 2022]



Obrázek 35 Příčné řezy vygenerované programem AtlasDMT [Růžička 2022]

6.3 VÝVAR.EXE

Pro výpočet vývaru byl použit program vývar.exe, který poskytuje na svých stránkách VUT FAST doc. Ing. Jan Jandora Ph.D. na stránkách <https://www.fce.vutbr.cz/VST/jandora.j/>.

6.4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Zbýlé hydrotechnické výpočty byly provedeny v programu Excel.

6.5 INFRAWORKS

InfraWorks je software od společnosti Autodesk. Tato firma vydává také program Autocad nebo Civil 3D. Software InfraWorks se většinou používá pro vizualizace převážně liniových staveb, jako jsou například silnice či dálnice. Může se však použít i pro jiné druhy staveb a architektonických řešení. Program infraworks umožňuje vizualizovat daný projekt ve 3D modelu, který je navázaný na skutečný terén v okolí stavby. [22]

7 VÝSLEDKY PRÁCE

Navrhovaný projekt Rekonstrukce MVN, výstavba vodních tůní a výsadba dřevin v k.ú. Tupadly u Čáslavi byl vypracován v rámci projekční činnosti ve VZDInvest s.r.o.

Cíle projektu rekonstrukce jsou následující:

- Rekonstrukce MVN a odstranění sedimentu ze zátopy
- Výstavba nových funkčních objektů v nádrži
- Výstavba vodních tůní v okolí nádrže
- Drobná revitalizace přítokového koryta
- Výsadba stromů v okolí nádrže

7.1 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ

Stávající MVN a její funkční objekty jsou v nevyhovujícím stavu (výpustný objekt při průzkumu lokality nebyl nalezen). Za účelem obnovy její ekologické funkce a celkové zlepšení poměrů v okolí je navržena kompletní rekonstrukce MVN a výstavba přilehlých vodních tůní. Navrhovaný projekt je rozdělen na 7 stavebních objektů.

SO-01 - Zátopa

SO-02 - Hráz

SO-03 – Sdružený objekt

SO-04 – Vývar

SO-05 – Bezpečnostní objekt

SO-06 – Revitalizace toku

SO-07 - Vodní tůně

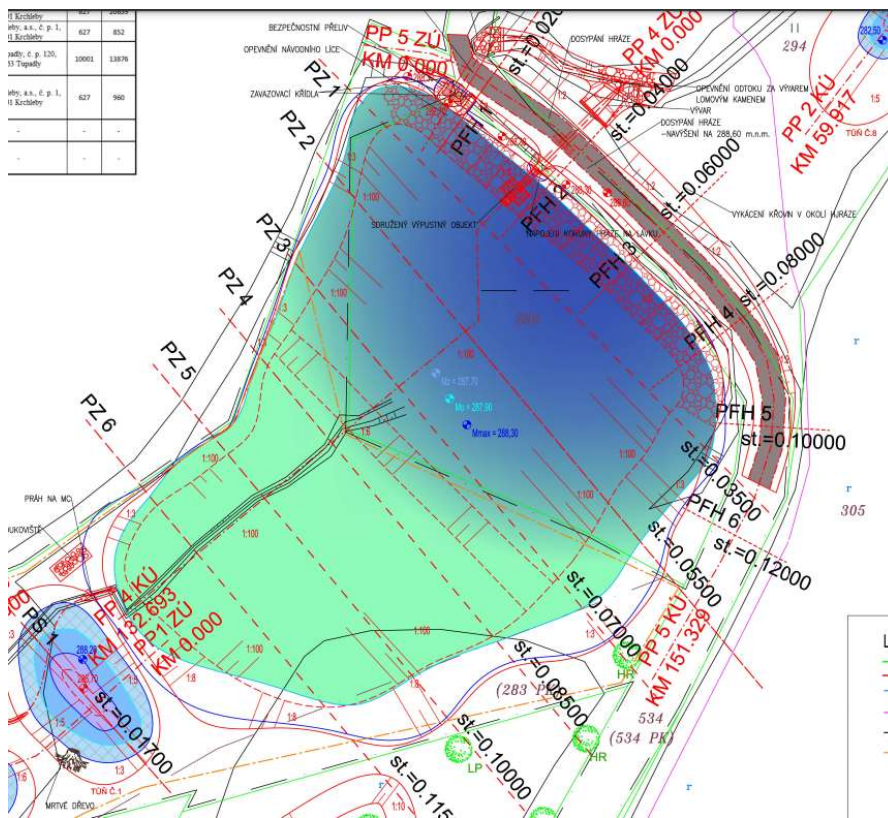
Parametry vodní nádrže:

| | |
|---|---------------------|
| Max. hloubka vody před požerákem: | 2,20 m |
| Převýšení požeráku nad maximální hladinou Mmax: | 0,60 m |
| Kóta požeráku: | 288,70 m n.m. |
| Kóta spodní výpusti: | 285,50 m n.m. |
| Kóta hladiny zásobního prostoru: | 287,90 m n.m. |
| Kóta maximální hladiny: | 288,30 m n.m. |
| Plocha hladiny při Mz: | 6550 m ² |
| Plocha hladiny při Mmax: | 7000 m ² |
| Objem vody při Mz: | 6500 m ³ |
| Objem vody při Mmax: | 6800 m ³ |
| Plocha litorální zóny: | 3200 m ² |
| Plocha litorální zóny: | 49 % |
| Sklony břehů: | 1:3–1:100 |

7.1.1 SO-01 – Zátopa

Dojde k odstranění sedimentu a k prohloubení dna. V nejhlubším místě o 1,1 m. Dojde k vysvahování nových břehů na sklon 1:3–1:8. Tento sklon pak přejde ve sklon 1:100. V podélném profilu bude zátopa ve sklonu 1:100 směrem k výpustnému objektu. Uprostřed

nádrže tento sklon přejde ve sklon 1:6 na úseku o délce 6 m a pak přejde zpátky na sklon 1:100. Dojde k odstranění stromů určených pro kácení a k odstranění křovin v celé ploše hráze.



Obrázek 36 Půdorys MVN Tupadly [Růžička 2022]

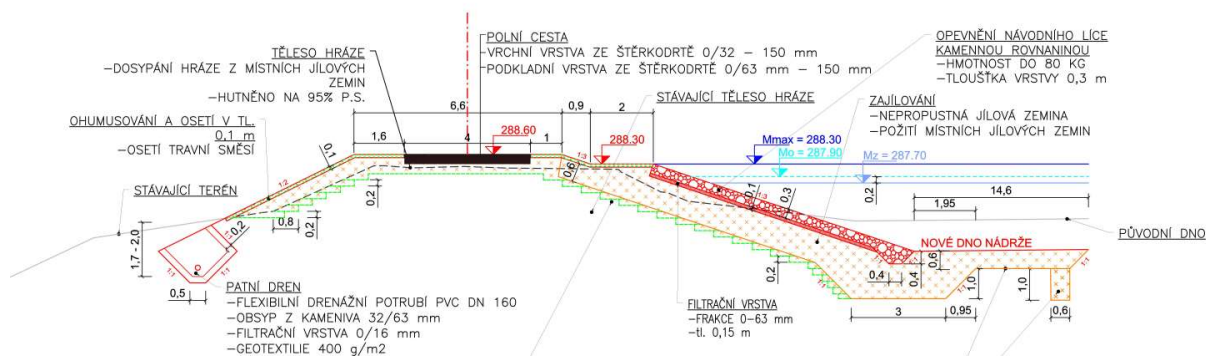
7.1.2 SO-02 – Hráz

Původní hráz zůstane zachována a bude dosypána na kótu 288.60 m.n.m. Na návodním líci bude ve sklonu 1:3. Na návodním líci bude vybudována lavice na kótě o výšce 288,30 m.n.m. Lavice bude mít šířku 2 m. Lavice povede po celé délce hráze. Vzdušný líc bude mít sklon svahu 1:2.

Tělo hráze bude dosypáno z lokálních jílových materiálů. Návodní líc bude zajílován po celé délce hráze jílovou zeminou o tloušťce vrstvy 0,3 m. Před dosypáním dojde k odtěžení původního břehu a vytvoření zubů o výšce 0,2 m a délce 0,8 m. Původní hráz bude také předhutněna. Následné vrstvy budou dosypány a hutněny v mocnosti 0,2 m.

V zátopě předsunuté hrázi bude vybudován těsnicí koberec. Koberec bude mít délku 14,6 m a tloušťku 0,6 m. Na okraji těsnícího koberce bude vybudován těsnicí zářez. Zářez bude mít šířku 0,6 m a hloubku 1 m. Těsnicí zářez bude vybudován na celé šířce nádrže i břehů.

Po koruně hráze povede polní cesta. Cesta se tam momentálně nachází a bude na ní navázáno po dosypání hráze. Cesta bude mít šířku 4 m a tloušťku 0,3 m. Cesta se bude skládat ze dvou vrstev. První bude mít tloušťku 0,15 m a bude ze štěrkodeřtě 0/32 a druhá bude mít tloušťku 0,15 m a bude ze štěrkodeřtě 0/63 mm.



Obrázek 37 Vzorový řez hrázi [Růžička 2022]

7.1.3 SO-03 – Sdružený objekt

Sdružený objekt se bude skládat ze dvou částí. Výpustný objekt a bezpečnostní objekt. Výpustný objekt bude otevřený. Výpustný objekt bude 3,05 m vysoký 1,5 m dlouhý a 1,3 m široký. Výpustný objekt bude mít šířku stěn 0,25 m. Výpustný objekt bude opatřen 3 x 2 drážkami ve stěně. Dvě z nich budou 50 mm široké a budou opatřeny dlužovou stěnou Třetí bude 50 mm široká a bude opatřena pozinkovanou česlovou stěnou. Výpustný objekt bude opatřen devíti pogumovanými ocelovými stupadly a pozinkovaným ocelovým poklopem. Poklop bude osazen do rámců z ocelových L profilů. Poklop bude mít rozměry 1,7 x 1,1 m. Výpustný objekt bude vybaven kohoutem pro převedení minimálního zůstatkového průtoku. Výpustný objekt a sdružený objekt budou spojeny potrubím PP DN 500 o délce 0,5 m.

Bezpečnostní objekt bude mít přelivnou hranu obdélníkovou na kótě 287,90 m.n.m. Boční stěny bezpečnostního objektu budou kolmé na základ zevnitř sdruženého objektu a budou ve sklonu 1:10 z vnější strany. Přední a zadní strany bezpečnostního objektu budou vyvýšené na kótu 288,40 m.n.m., tak aby podepřely základ lávky, která je položena na sdruženém objektu. Stěny sdruženého objektu budou mít tloušťku 0,5 m. Vnitřní šířka bezpečnostního objektu bude 2,3 m a vnitřní délka bude 1,5 m. Dno sdruženého objektu bude vysvahované ve sklonu 1 % směrem k odtoku. Bezpečnostní objekt byl navržený na návrhový průtok Q_{20} jak je podrobněji popsáno v kapitole 7.2 Hydrotechnické výpočty.

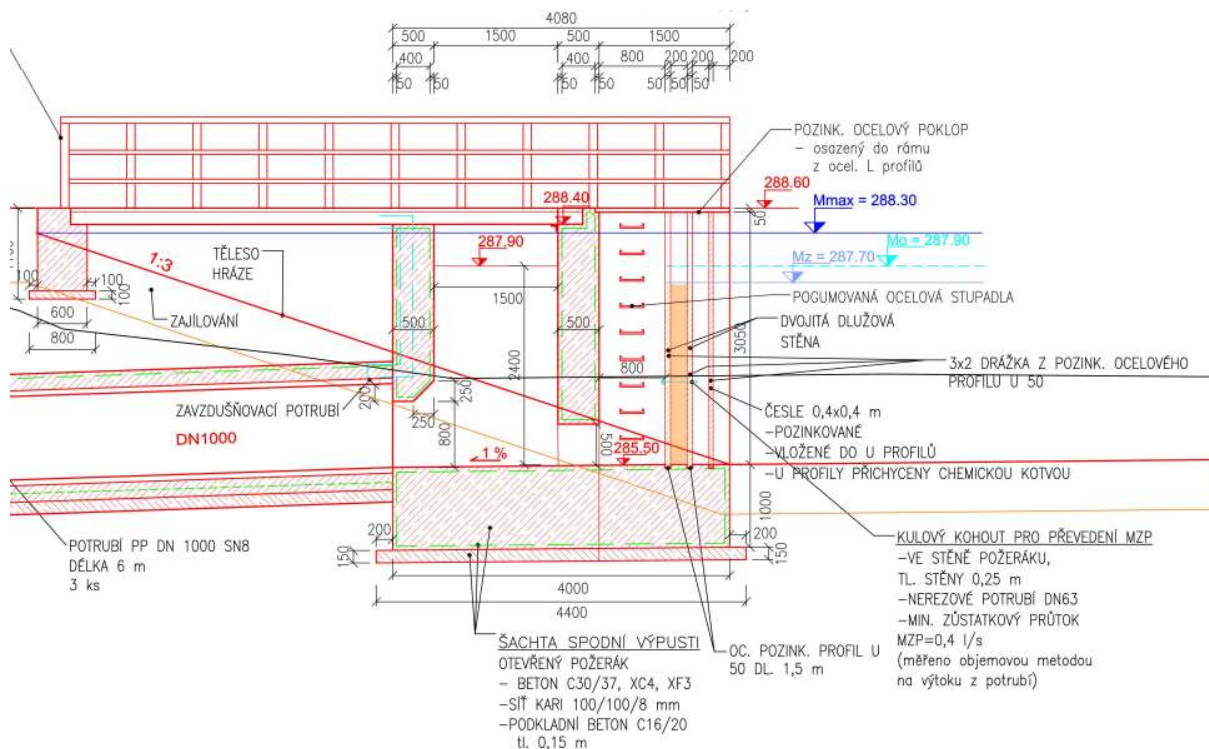
Bezpečnostní a výpustný objekt budou založeny na společném základě o tloušťce 1 m. Základ bude mít rozměry dvou složených obdélníků. První bude 3,3 x 2,5 m a druhý 1,58 x 1,3 m. Základ bude z betonu C30/37 XC4, XF3 a bude vyztužen sítí kari 100/100/8 mm. Základ bude položen na podkladním betonu o tloušťce 0,15 m C16/20.

Na sdruženém objektu bude položena dubová lávka. Lávka bude mít výšku 1,1 m.

Odtok ze sdruženého objektu bude zajištěn odpadním potrubím PP DN 1000. Potrubí povede skrz hráze ve sklonu 3 %. Potrubí bude obetonováno betonem C25/30 XC2 a bude vyztuženo sítí kari 100/100/8 mm. Obetonování bude mít výšku 1,7 m a šířku v horní 1,7 m. Z horní strany povedou stěny ve svahu 1:10. Potrubí bude přiškrceno na 800 mm.

Pod obetonováním bude podkladní beton o tloušťce a přesahu 0,15 m z betonu C16/20 XC2. Na potrubí bude připojeno zavzdušňovací potrubí. Zavzdušňovací potrubí bude zaústěno do potrubí odtokového těsně za přiškrcením. Potrubí povede skrz stěnu sdruženého objektu a bude vyústěno pod lávkou. Uprostřed tělesa hráze bude vybudováno protiprůsakové žebro. Protiprůsakové žebro bude mít rozměry 0,5 x 3,7 m v horní hraně. Stěny protiprůsakového

žebra budou ve sklonu 1:10. Žebro bude z betonu C25/30 XC4, XF3 a bude vyztuženo sítí kari 100/100/8 mm. Žebro bude položeno na podkladním betonu o tloušťce 0,15 m z C16/20 XC2. Horní hrana žebra bude vytažena 1 m nad horní hranu odtokového potrubí.



Obrázek 38 Řez sduženým objektem [Růžička 2022]

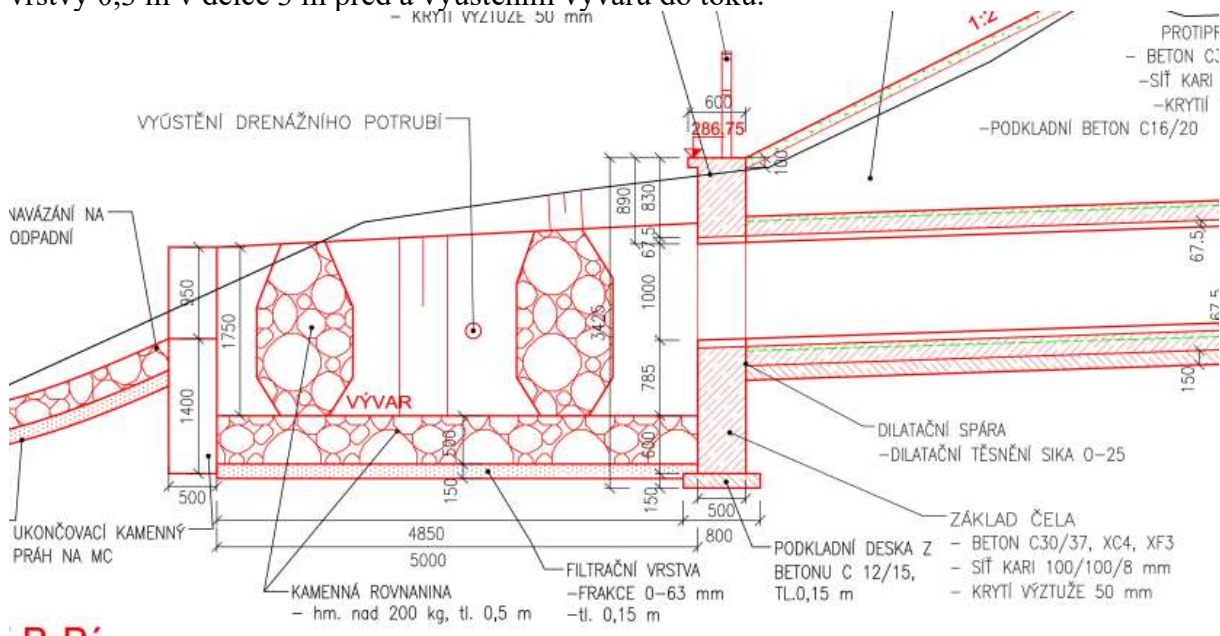
7.1.4 SO-04 – Vývar

Za vyústěním odpadního potrubí na vzdušném líci hráze navazuje vývar. Vyústění potrubí před vývarem zajišťuje betonové čelo. Betonové čelo bude mít rozměry 6,4 x 0,5 m a výšku 0,89 m. Bude z betonu C 30/37 XC4, XF3. Na horní hraně čela bude navazovat betonová římsa s okapovým nosem. Římsa bude mít rozměry 6,4 x 0,6 x 0,1 m. Římsa bude z betonu C 30/37 XC4, XF3 a bude vyztužena sítí kari 100/100/8 mm. Výtokové čelo bude mít základ o rozměrech 6,4 x 0,5 x 1,2 m. Základ bude z betonu C 30/37 XC4, XF3 a bude vyztuženo sítí kari 100/100/8 mm. Čelo bude položeno na podkladním betonu C 12/15 o tloušťce 0,15 m.

Samotný vývar bude mít délku 4,85 m a hloubku 0,8 m. Šířka vývaru ve dně bude 1,4 m. Vývar bude mít svah břehů 1:1 a břehy budou vytaženy na začátku vývaru, těsně za výtokovým čelem do 2 m nade dnem a postupně se bude výška snižovat do 1,75 m nade dnem na konci vývaru. Šířka dna se bude také postupně snižovat na 0,7 m. Vývar bude z kamenné rovnániny o hmotnosti do 80 kg a tloušťce vrstvy 0,3 m. Pod ní bude filtrační vrstva frakce 0-63 mm o tloušťce vrstvy 0,15 m.

Vývar bude ukončen kamenným prahem o rozměrech 4,7 x 0,5. Práh bude mít šířku dna 1,35 m a výšku dna 0,8 m nade dnem vývaru. Práh bude mít sklon břehů 1:1. Břehy prahu budou vytaženy do stejné výšky jako opevnění vývaru. Práh nebude navazovat kolmo na vývar, ale bude natočen o úhel 105 stupňů od osy vývaru, tak aby lépe navazoval na stávající koryto toku.

Za vývarem dojde k úpravě koryta, tak aby nové koryto plynule navazovalo na odtok z vývaru. Nové koryto bude mít šířku ve dně 0,4 m a bude mít břehy ve svahu 1:2. Část koryta před vývarem bude opevněna kamennou rovnáninou o hmotnosti kamene nad 200 kg a tloušťce vrstvy 0,3 m v délce 3 m před a vyústěním vývaru do toku.



Obrázek 39 Řez vývarem [Růžička 2022]

7.1.5 SO-05 – Bezpečnostní objekt

Bezpečnostní objekt bude procházet přes původní cihlový a kamenný historický propustek. Dle přání investora bude tento prvek zachován jako historický prvek, a bude použit jako bezpečnostní přeliv.

Hlavní funkci bezpečnostního přelivu při běžných zvýšených průtocích bude plnit bezpečnostní objekt u sdruženého objektu. Tento bezpečnostní objekt má přelivnou hranu o 10 cm výš a tím pádem bude zapojen pouze při velkých průtocích.

Bezpečnostní objekt bude vybudován tak, aby navazoval na původní historický propustek, který prochází původní hrází a bude zachován. Klenba propustku bude ručně očištěna, přespárována a budou doplněny chybějící kameny. Skála uvnitř propustku bude ručně očištěna a budou odstraněny volné kameny. Cihelná klenba na návodní straně propustku bude ručně očištěna, přespárována a budou doplněny chybějící cihly. Dno bezpečnostního přelivu bude na kótě 287,00 m.n.m. a bude navazovat na dno propustku.

Koncová hrana bezpečnostního přelivu bude 2,9 m od hrany propustku. Bezpečnostní přeliv bude mít vnější rozměry 3,2 x 2,9 m. Tloušťka stěny přelivu bude 0,9 m. Přelivná hrana bude 1 m nade dnem bezpečnostního přelivu na kótě 288,00 m.n.m. Přelivná hrana bude na kótě 288,00 m.n.m. o vzdálenosti 1,9 m do konce délky přelivu a bude pokračovat po jeho obvodu. Hrana bezpečnostního přelivu bude po jeho podélné ose symetrická.

Bezpečnostní přeliv bude mít pod celou svou šířkou betonový základ o rozměrech 1,8 x 2,0 m a hloubkou 0,5 m z betonu C 30/37 XC4, XF3 a bude vyztuženo sítí kari 100/100/8 mm. Tento základ bude ležet na podkladním betonu C16/20 o rozměrech 1,8 x 2,0 m o tloušťce vrstvy 0,15 m.

Hrana bezpečnostního přelivu bude po celém svém obvodu ze všech stran i na horní hraně obložena kameny zapuštěnými do betonu o tloušťce vrstvy 0,3 m.

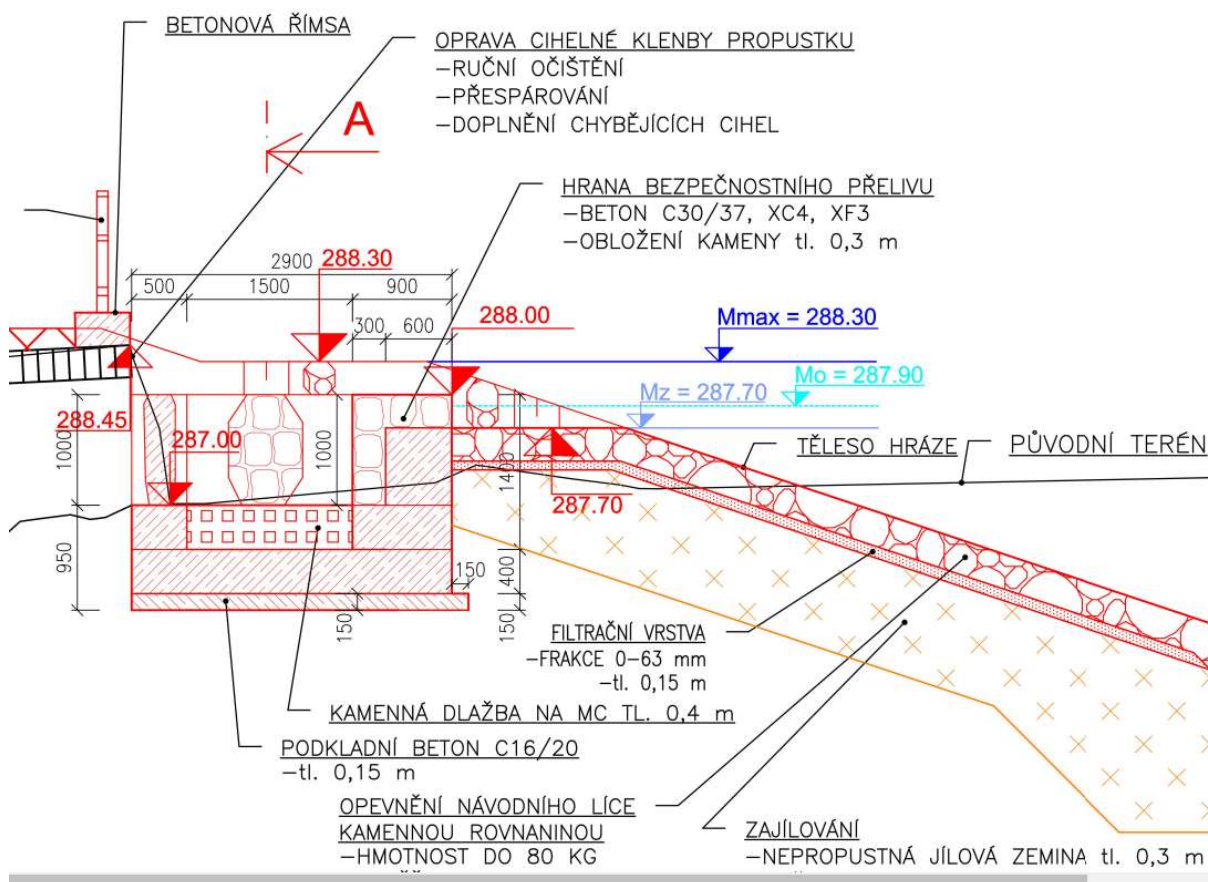
Dno bezpečnostního přelivu bude z kamenné dlažby zapuštěné do betonu o tloušťce 0,4 m.

Okolo bezpečnostního přelivu bude vybudována lavice na kótě 287,7 m o šířce 0,5 m. Lavice bude z bočních stran navazovat na podélnou lavici hráze o kótě 288,30 m.n.m. svahem o sklonu 1:2. Ze strany směrem k zátopě půjde lavice vodorovně ve stejné výšce, dokud se nenapojí na svah hráze. Lavice bude v celém svém obvodu opevněna kamennou rovnáninou o hmotnosti kamene do 80 kg o tloušťce vrstvy 0,3 m a pod ní bude filtrační vrstva z kamene frakce 0-63 mm o tloušťce vrstvy 0,1 m. Opevnění bude plynule navazovat na opevnění vodního líce hráze.

Ze strany směrem ke koruně hráze bude bezpečnostní objekt opatřen po stranách zavazovacími betonovými křídly. Betonové křídla budou mít rozměry 1,2 x 2,25 x 0,3 m. Křídla budou z betonu C30/37 XC4, XF3. Křídla budou položena na podkladní betonové desce o rozměrech 0,45 x 1,35 x 0,15 m. Pokladní beton bude z betonu C16/20. Svahy hráze navazující směrem od koruny hráze budou opřeny o zavazovací křídla.

Nad korunou původního propustku bude vytvořeno betonové čelo z betonu C30/37 XC4, XF3, které bude mít rozměry 5 x 0,5 x 0,3 m. Na tomto betonovém čele bude umístěno dubové zábradlí o výšce 1,1 m.

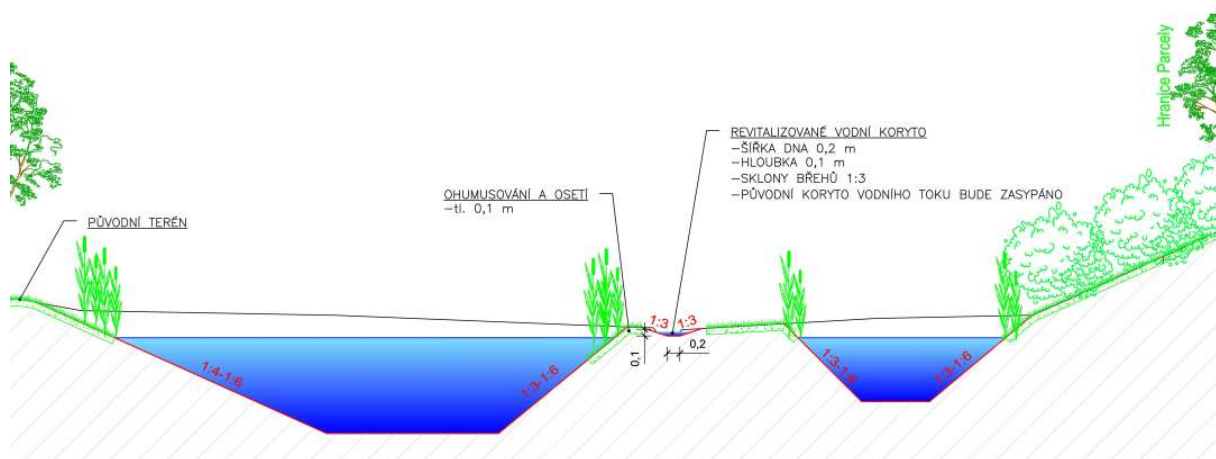
Odtokové koryto za bezpečnostním přelivem bude opevněno kamennou rovnáninou o tloušťce vrstvy 0,3 m. Pod ní bude filtrační vrstva o tloušťce vrstvy 0,1 m.



Obrázek 40 Řez bezpečnostním objektem [Růžička 2022]

7.1.6 SO-06 – Revitalizace toku

Korýtko vodního toku bude revitalizováno formě přírodě blízké. Proto jeho rozměry byly navrženy přiměřeně průměrným průtokům podle dat z ČHMÚ. Rozměry korýtká jsou 0,2 m ve dně a 0,1 m hluboké. Břehy korýtká pak budou mít sklon 1:3. V rámci revitalizace bylo navrženo rozvlnění korýtká a prodloužení jeho délky oproti původní trase. V místech, kde korýtko vybočuje z původní trasy bude původní korýtko zasypáno.



Obrázek 41 Vzorový řez revitalizací toku [Růžička 2022]

7.1.7 SO-07 - Vodní tůň

Návrh je koncipován jako prvek revitalizace krajiny v rámci opatření ke zlepšení životního prostředí. Tvar tůň je navržen s ohledem na zvýšení estetického působení v krajině a jeho biologickou funkci jako ekotopu vodních a mokřadních rostlin a živočichů. Očekává se osídlení tůň obojživelníky a jinými drobnými s vodou spjatými živočichy a díky vhodným životním podmínkám i jejich další rozvoj a rozmnožování.

Navrhovanými opatřeními bude posílena hydroakumulační schopnost krajiny a její ekologicko-stabilizační funkce. Účelem stavby je podpora biodiverzity se zaměřením na uchování a zvyšování početnosti druhů, realizované především prostřednictvím vytváření vhodných podmínek pro jejich další existenci.

Bude vybudováno 10 tůň. 3 tůň (tůň 1, 5 a 7) budou průtočné a napájené z toku. Zbýlých 7 bude neprůtočných a napájených jen z podzemní vody a srážek.

Tůň budou mít sklony břehů od 1:2,5 do 1:8. Maximální hloubka tůň je 1,5 m.

Tůň 1, 2, 3, 4 a 5 budou mít jednu úroveň dna. Tůň budou mít hloubku od předpokládané hladiny 1,5 m. Tůň budou mít sklon břehů 1:3-1:6.

Tůň č. 7 bude mít dvě úrovně dna. První bude na úrovni 0,5 m pod hladinou na kótě 291,80 m.n.m. a druhý na úrovni 1,5 m pod hladinou na kótě 291,30 m.n.m. Sklony svahů tůň č. 7 jsou 1:4–1:6.

Tůň 6,8 a 9 budou mít jednu úroveň dna. Dno bude v hloubce 1,0 m pod předpokládanou hladinou. Tůň budou mít sklon 1:2,5-1:7.

Tůň č. 10 bude mít jednu úroveň dna. Dno bude 0,5 m po předpokládanou hladinou vody.

Stávající původní, vzrostlé a zdravé druhy stromů zůstanou ponechány v co největší možné míře.

Na parcele 283/2 je navržena terénní modelace. Dojde zde k uložení přebytečné zeminy. Zemina bude urovňována do hrud o velikosti 1,5 m nad původním terénem. Svahy hrud budou ve sklonu 1:10.

Plocha a objemy tůní:

Vodní tůň č.1:

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 288,20 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 440 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 180 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,5 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 240 m ² (50 %) |
| -kóta dna: | 286,70 m.n.m. |

Vodní tůň č.2:

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 288,30 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 380 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 210 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,5 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 160 m ² (42 %) |
| -kóta dna: | 286,80 m.n.m. |

Vodní tůň č.3:

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 289,00 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 330 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 190 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,0 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 160 m ² (44 %) |
| -kóta dna: | 287,50 m.n.m. |

Vodní tůň č.4:

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 289,70 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 360 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 170 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,0 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 130 m ² (39 %) |
| -kóta dna: | 288,20 m.n.m. |

Vodní tůň č.5:

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 290,60 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 615 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 270 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,0 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 221 m ² (35 %) |
| -kóta dna: | 289,10 m.n.m. |

Vodní tůň č.6:

| | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 291,20 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 160 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 80 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,0 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 75 m ² (46 %) |
| -kóta dna: | 290,20 m.n.m. |

Vodní tůň č.7:

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 292,80 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 630 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 760 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,5 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 380 m ² (60 %) |
| -kóta dna: | 291,30 m.n.m. |

Vodní tůň č.8:

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 282,50 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 230 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 120 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,0 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 120 m ² (52 %) |
| -kóta dna: | 281,50 m.n.m. |

Vodní tůň č.9:

| | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 288,30 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 130 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 60 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 1,5 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 60 m ² (46 %) |
| -kóta dna: | 287,30 m.n.m. |

Vodní tůň č.10:

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| -předpokládaná hladina: | 289,00 m.n.m. |
| -předpokládaná plocha hladiny: | 30 m ² |
| -předpokládaný objem vody: | 20 m ³ |
| -maximální hloubka vody v tůni: | 0,5 m |
| -plocha litorální zóny (0-0,6 m): | 30 m ² (100 %) |
| -kóta dna: | 288,30 m.n.m. |



Obrázek 42 Část situace C.3.1 ukazující půdorys tůní [Růžička 2022]

7.2 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Před samotným návrhem byly provedeny, výpočty a vstupní údaje do výpočtů byly převzaty z údajů ČHMÚ.

Výpustný prvek sdruženého objektu vodní nádrže byl navržen na průtok $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$. Za tímto výpustným objektem se nachází potrubí DN 500. Toto potrubí má kapacitu $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$.

V rámci zajištění bezpečnosti nádrže se posuzují 2 stavy. První stav, který je stavem návrhovým, je pro průtok $Q_{20} = 3,08 \text{ m}^3/\text{s}$. Jako druhý stav je $Q_{100} = 5,90 \text{ m}^3/\text{s}$. Pro tento stav je důležité, aby nádrž převedla tento průtok bez přelítí hráze (koruna hráze je $288,60 \text{ m.n.m.}$). K tomuto účelu byl navržen sdružený objekt. Dále byl navržen bezpečnostní objekt, jehož odtok vede skrz historický propustek. Cílem tohoto bezpečnostního objektu je převážně zachování historické konstrukce. Průtok přes tento objekt je $1,28 \text{ m}^3/\text{s}$. Tento průtok se bude odečítat od návrhového průtoku, který bude procházet přes sdružený objekt.

Pro návrhový stav Q_{20} byla maximální hladina vody stanovena na $288,30 \text{ m.n.m.}$ Při této hladině převede sdružený objekt $2,53 \text{ m}^3/\text{s}$. V kombinaci s bezpečnostním objektem pak nádrž převede $Q_N = 2,53 + 1,28 \text{ m}^3/\text{s}$. Sdružený objekt má výšku přepadové hrany na kótě $297,90 \text{ m.n.m.}$ A při této hladině bude mít přepadový paprsek výšku $0,4 \text{ m}$.

$$Q_N = 3,81 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{20} = 3,08 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Navržené odtokové potrubí PP DN 1000 pak převede při zaškrcení 20 cm $6,59 \text{ m}^3/\text{s}$. Z důvodu bezpečnosti a zajištění průtoku o volné hladině se navrhuje odtokové potrubí $2 \times Q_N$.

$$2 \times Q_{20} = 2 \times 3,08 = 6,16 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{N\text{Potrubí}} = 6,59 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Pro stav Q_{100} stoupne hladina na kótu $288,54 \text{ m.n.m.}$ Při této hladině převede sdružený objekt $Q_{100} = 5,90 \text{ m}^3/\text{s}$. **Nedojde proto při průtoku Q_{100} k přelítí hráze.**

Pro tento stav převede i potrubí průtok

$$Q_{100} = 5,90 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{N\text{Potrubí}} = 6,59 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Navržený objekt vyhoví pro oba stavy.

Vývar byl navržen pomocí programu Vývar.exe. Jeho rozměry jsou navrženy na hloubku $d = 0,9 \text{ m}$ a podélná délka vývaru $L = 5 \text{ m}$

V rámci výpočtů je uvedena také vodohospodářská bilance. Nutný přítok do nádrže je $0,58 \text{ l/s} > 4,4 \text{ l/s}$ = Průměrný přítok do nádrže.

Minimální zůstatkový průtok je $0,4 \text{ l/s}$.

7.2.1 Stanovení průtoků

Průtoky byly získány z podkladů poskytnutých z ČHMÚ, které jsou uvedeny v kapitole 5.3.1.

Stanovení MZP (Minimálního zůstatkového průtoku)

Hodnota MZP byla stanovena pro levostranný přítok Hlubokého potoka pod navrhovaným vodním dílem byla stanovena dle metodického pokynu MŽP v návaznosti na Q335d, který je v tomto případě nižší než směrná hodnota $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$. MZP byl stanoven na hodnotu $QMZP = Q330d = 0,4 \text{ l/s}$.

K zajištění MZP byl navržen kulový kohout ve stěně požeráku z nerezového potrubí DN63. Vyšší průtoky budou přepadat přes přelivnou hranu požeráku.

7.2.2 Kapacita přítokového koryta

Jak je vidět z výše uvedených dat ČHMÚ přítokové koryto je ve velké části letního období bez vody. K naplnění nádrže a vodních tůň dojde při zvýšených jarních průtocích a při povodňových průtocích. Při těchto průtocích se počítá s rozlitím vody z koryta do údolí nad nádrží, kde budou vybudovány vodní tůně. Proto je počítání kapacity přítokového koryta bezpředmětné.

7.2.3 Kapacita sdruženého objektu

Jak již bylo popsáno výše, kapacita navrhovaných objektů se posuzuje pro dva stavy viz kapitola 7.2. Při povodňových průtocích Q20 a Q100 bude sečten průtok přes sdružený objekt a bezpečnostní objekt.

Posouzení výpustného objektu:

typ: uzavřený požerák s dvojitou dlužovou stěnou
 regulace: dřevěné dluže
 návrhový stav: maximální hladina v nádrži = vydlužení 1 dluže

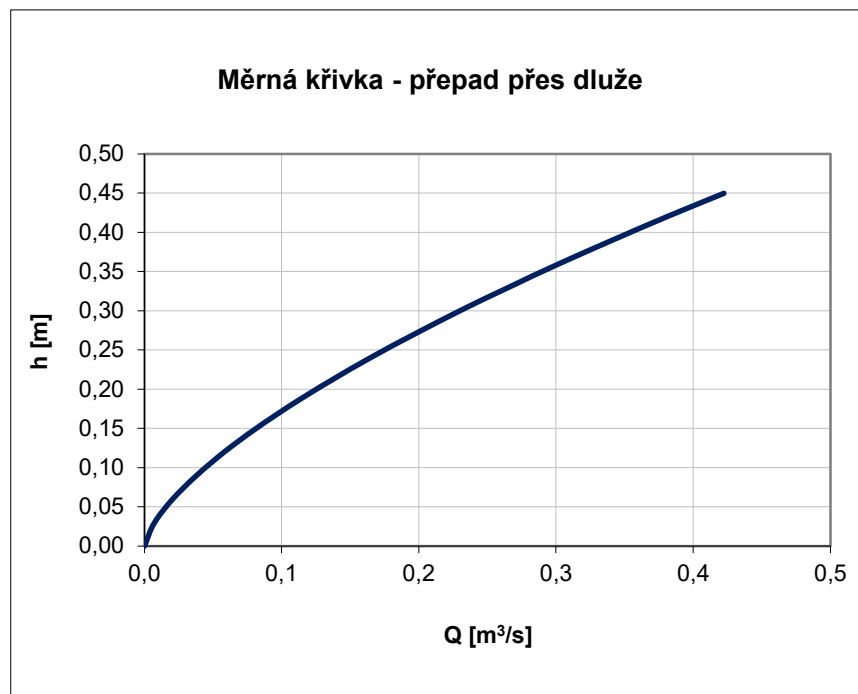
Výpočet přepadového množství - přepad přes dluže

| | | | |
|-------|------|------------------|---------------------------|
| $z =$ | 0,2 | m | výška dluže |
| $n =$ | 2 | | počet vyhrazených dluží |
| $h =$ | 0,4 | m | výška přepadového paprsku |
| $g =$ | 9,81 | m/s ² | tíhové zrychlení |

| | | |
|---------|------------------------|------------------------------------|
| $m =$ | 0,41 | součinitel přepadu |
| $b =$ | 0,8 m | délka přelivné hrany |
| $\xi =$ | 1 | součinitel bočních kontrakcí vtoku |
| $n =$ | 2 | počet bočních kontrakcí |
| $b_0 =$ | 0,72 m | účinná délka přelivné hrany |
| $Q =$ | 0,33 m ³ /s | průtok přes dluže |
| | 334 l/s | |

Měrná křivka - přepad přes dluže

| h [m] | Q [m ³ /s] |
|-------|-----------------------|
| 0,00 | 0,00 |
| 0,04 | 0,01 |
| 0,08 | 0,03 |
| 0,12 | 0,05 |
| 0,16 | 0,08 |
| 0,20 | 0,12 |
| 0,240 | 0,155 |
| 0,28 | 0,20 |
| 0,32 | 0,24 |
| 0,36 | 0,29 |
| 0,40 | 0,33 |
| 0,44 | 0,39 |
| 0,48 | 0,44 |
| 0,52 | 0,50 |
| 0,56 | 0,55 |
| 0,60 | 0,61 |



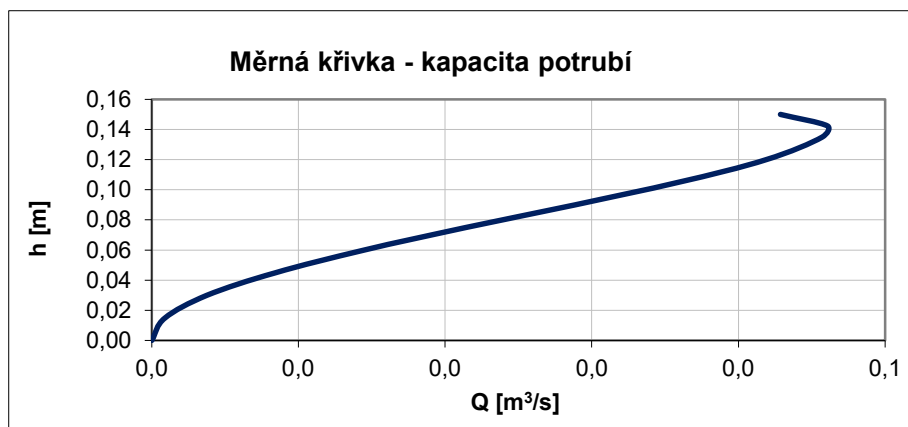
Obrázek 43 Měrná křivka přepadu přes dluže [Růžička 2022]

Výpočet kapacity odtokového potrubí za dlužemi:

| | | | | |
|------|--------|-------------------------|-----|--------|
| DN = | 0,50 m | navržený průměr potrubí | r = | 0,25 m |
| i = | 0,010 | podélný sklon potrubí | | |
| n = | 0,008 | drsnost potrubí -PVC | | |

Měrná křivka - kapacita potrubí

| hloubka | průřezová plocha | šířka v hladině | omočený obvod | hydraulický poloměr | rychlostní součinitel | rychlost | průtok |
|--------------|--------------------------|-----------------|---------------|---------------------|------------------------------|----------------|----------------------------|
| h [m] | A [m²] | s [m] | O [m] | R [m] | C [m^{0,5}/s] | v [m/s] | Q [m³/s] |
| 0,00 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,000 |
| 0,05 | 0,010 | 0,30 | 0,32 | 0,03 | 70,3 | 1,25 | 0,013 |
| 0,10 | 0,028 | 0,40 | 0,46 | 0,06 | 78,3 | 1,92 | 0,054 |
| 0,15 | 0,050 | 0,46 | 0,58 | 0,09 | 83,0 | 2,43 | 0,120 |
| 0,20 | 0,073 | 0,49 | 0,68 | 0,11 | 86,1 | 2,82 | 0,207 |
| 0,25 | 0,098 | 0,50 | 0,79 | 0,13 | 88,4 | 3,13 | 0,307 |
| 0,30 | 0,123 | 0,49 | 2,46 | 0,05 | 75,9 | 1,70 | 0,209 |
| 0,35 | 0,147 | 0,46 | 2,56 | 0,06 | 77,6 | 1,86 | 0,273 |
| 0,40 | 0,168 | 0,40 | 2,68 | 0,06 | 78,8 | 1,98 | 0,333 |
| 0,45 | 0,186 | 0,30 | 2,82 | 0,07 | 79,5 | 2,04 | 0,380 |
| 0,48 | 0,193 | 0,22 | 2,92 | 0,07 | 79,5 | 2,04 | 0,394 |
| 0,50 | 0,196 | 0,00 | 3,14 | 0,06 | 78,7 | 1,97 | 0,387 |



Obrázek 44 Měrná křivka potrubí za výtokovým objektem [Růžička 2022]

Q = 0,39 m³/s kapacitní průtok (při 95% plnění)

Potrubí OK přepad

0,39 m³/s ≥ 0,33 m³/s

Kapacita výpustného objektu je stanovena na průtok 0,33 m³/s.

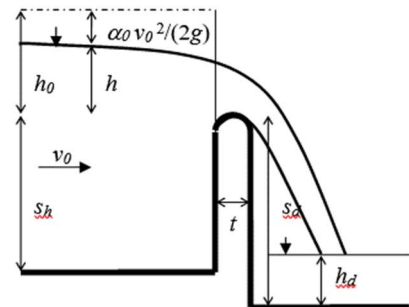
Posouzení bezpečnostního přelivu u sruženého objektu

typ: bezpečnostní přeliv s obdélníkovou přelivnou hranou

regulace: žádná

Výpočet přepadového množství – přeliv

| | | |
|------------------------------|------------------------|--|
| $Q_{20} = 3,08$ | m ³ /s | návrhová kapacita |
| $t = 0,50$ | m | ostrohranný přeliv |
| $sh = 2,00$ | m | výška přelivu horní (v nádrži) |
| $m = 0,320$ | | součinitel přepadu - ostrohranný vtok |
| $b = 4$ | m | návrhová délka přelivné hrany v ose |
| $i = 1: 1$ | | sklon boční hrany přelivu |
| $\xi = 1$ | | součinitel bočních kontrakcí vtoku |
| $n = 4$ | | počet bočních kontrakcí |
| $g = 9,81$ | m/s ² | tíhové zrychlení |
| $h = 0,4$ | m | výška přepadového paprsku (hladina M_{max}) |
| $Q = 2,53$ | m³/s | průtok přes přeliv |

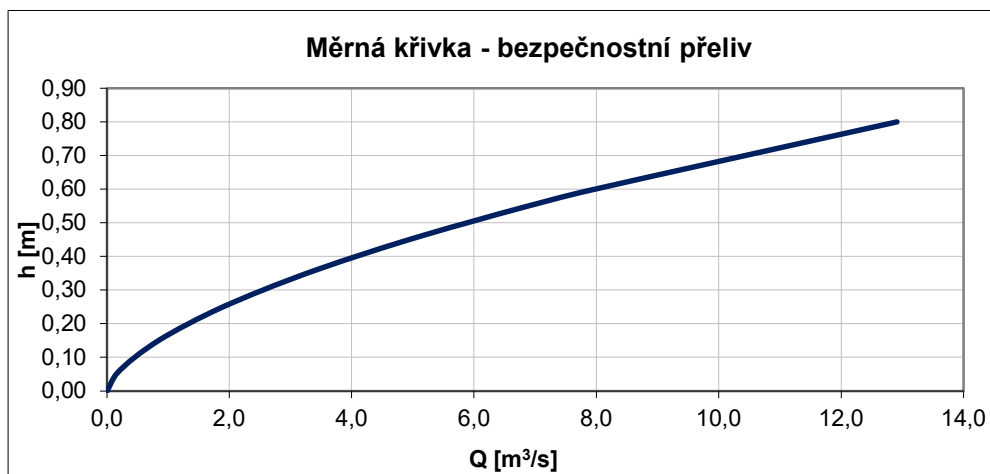


Měrná křivka

| b_0 [m] | h [m] | h/t | m [-] | Q [m ³ /s] | |
|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------------------|-----------|
| 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,450 | 0,00 | M_0 |
| 3,98 | 0,04 | 0,08 | 0,450 | 0,06 | |
| 3,97 | 0,08 | 0,16 | 0,450 | 0,18 | |
| 3,95 | 0,12 | 0,24 | 0,453 | 0,34 | |
| 3,94 | 0,16 | 0,32 | 0,459 | 0,53 | |
| 3,92 | 0,20 | 0,40 | 0,465 | 0,76 | |
| 3,90 | 0,24 | 0,48 | 0,468 | 1,01 | |
| 3,89 | 0,28 | 0,56 | 0,474 | 1,30 | |
| 3,87 | 0,32 | 0,64 | 0,480 | 1,61 | |
| 3,86 | 0,36 | 0,72 | 0,484 | 1,95 | |
| 3,84 | 0,40 | 0,80 | 0,532 | 2,53 | M_{max} |

| | | | | |
|------|------|------|-------|------|
| 3,82 | 0,44 | 0,88 | 0,538 | 2,97 |
| 3,81 | 0,48 | 0,96 | 0,549 | 3,47 |
| 3,72 | 0,70 | 1,40 | 0,603 | 6,92 |

Koruna



Obrázek 45 Měrná křivka bezpečnostního přelivu [Růžička 2022]

Kapacita bezpečnostního objektu je stanovena na průtok 2,53 m³/s.

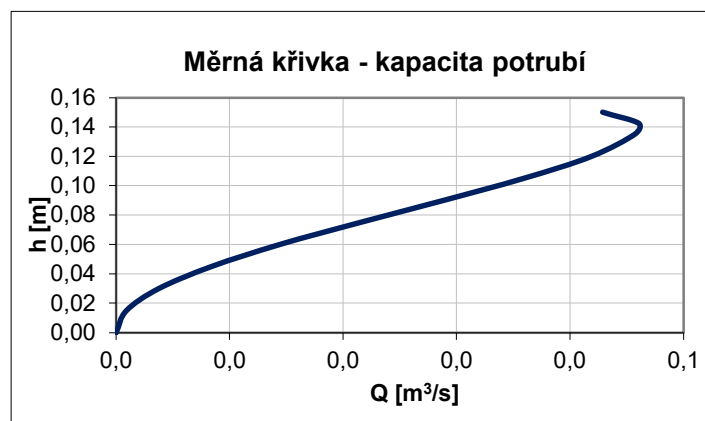
Výpočet kapacity odtokového potrubí sdrúženého objektu

DN = 1,00 m navržený průměr potrubí r = 0,5 m
 i = 0,030 podélný sklon potrubí
 n = 0,008 drsnost potrubí -PVC

Měrná křivka - kapacita potrubí

| hloubka | průřezová plocha | šířka v hladině | omocný obvod | hydraulický poloměr | rychlostní součinitel | rychlost | průtok |
|---------|---------------------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------------|----------|-----------------------|
| h [m] | A [m ²] | s [m] | O [m] | R [m] | C [m ^{0,5} /s] | v [m/s] | Q [m ³ /s] |
| 0,00 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,000 |
| 0,10 | 0,041 | 0,60 | 0,64 | 0,06 | 79,0 | 3,45 | 0,141 |
| 0,20 | 0,112 | 0,80 | 0,93 | 0,12 | 87,9 | 5,28 | 0,591 |
| 0,30 | 0,198 | 0,92 | 1,16 | 0,17 | 93,1 | 6,67 | 1,322 |
| 0,40 | 0,293 | 0,98 | 1,37 | 0,21 | 96,7 | 7,75 | 2,274 |

| | | | | | | | |
|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 0,50 | 0,393 | 1,00 | 1,57 | 0,25 | 99,2 | 8,59 | 3,374 |
| 0,60 | 0,492 | 0,98 | 1,77 | 0,28 | 101,0 | 9,21 | 4,534 |
| 0,70 | 0,587 | 0,92 | 1,98 | 0,30 | 102,1 | 9,62 | 5,650 |
| 0,80 | 0,674 | 0,80 | 2,21 | 0,30 | 102,5 | 9,79 | 6,596 |
| 0,90 | 0,745 | 0,60 | 2,50 | 0,30 | 102,2 | 9,66 | 7,192 |
| 0,95 | 0,771 | 0,44 | 2,69 | 0,29 | 101,5 | 9,41 | 7,251 |
| 1,00 | 0,785 | 0,00 | 3,14 | 0,25 | 99,2 | 8,59 | 6,748 |



Obrázek 46 Měrná křivka odtokového potrubí [Růžička 2022]

$Q = 7,25 \text{ m}^3/\text{s}$ kapacitní průtok (při 95% plnění)
 přepad přes dluže Přepad přes sdružený objekt
 $5,97 \text{ m}^3/\text{s}$ $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$
 potrubí OK přepad
 $7,25 \text{ m}^3/\text{s} \geq 6,30 \text{ m}^3/\text{s}$

Kapacita výpustného objektu je stanovena na průtok $6,30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Posouzení bezpečnostního přelivu u sdruženého objektu při Q100

typ: bezpečnostní přeliv s obdélníkovou přelivnou hranou

regulace: žádná

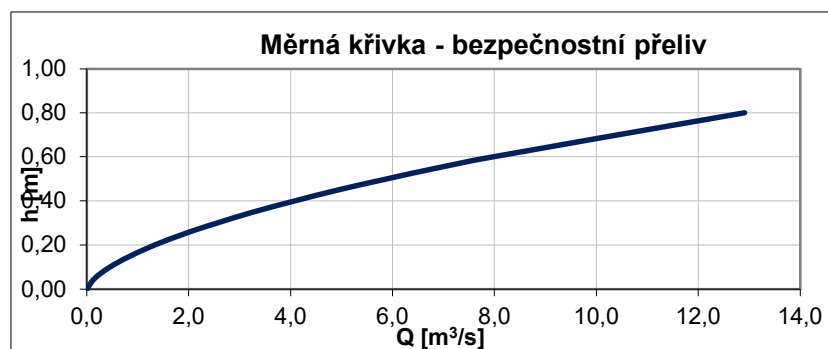
Výpočet přepadového množství – přeliv

$Q_{100} = 5,90 \text{ m}^3/\text{s}$ návrhová kapacita
 $t = 0,50 \text{ m}$ ostrohranný přeliv
 $sh = 2,00 \text{ m}$ výška přelivu horní (v nádrži)
 $m = 0,320$ součinitel přepadu - ostrohranný vtok

| | | | |
|----------|------|-------------------|--|
| $b =$ | 4 | m | návrhová délka přelivné hrany v ose |
| $i = 1:$ | 1 | | sklon boční hrany přelivu |
| $\xi =$ | 1 | | součinitel bočních kontrakcí vtoku |
| $n =$ | 4 | | počet bočních kontrakcí |
| $g =$ | 9,81 | m/s ² | tíhové zrychlení |
| $h =$ | 0,64 | m | výška přepadového paprsku (hladina M_{max}) |
| $Q =$ | 5,97 | m ³ /s | průtok přes přeliv |

Měrná křivka

| b_0 [m] | h [m] | h/t | m [-] | Q [m ³ /s] | |
|-----------|---------|-------|---------|-------------------------|-----------|
| 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,00 | Mo |
| 3,97 | 0,06 | 0,13 | 0,456 | 0,13 | |
| 3,95 | 0,13 | 0,26 | 0,474 | 0,39 | |
| 3,92 | 0,19 | 0,38 | 0,465 | 0,71 | |
| 3,90 | 0,26 | 0,51 | 0,504 | 1,20 | |
| 3,87 | 0,32 | 0,64 | 0,521 | 1,75 | |
| 3,85 | 0,38 | 0,77 | 0,538 | 2,40 | |
| 3,82 | 0,45 | 0,90 | 0,549 | 3,11 | |
| 3,80 | 0,51 | 1,02 | 0,560 | 3,91 | |
| 3,77 | 0,58 | 1,15 | 0,590 | 4,97 | |
| 3,74 | 0,64 | 1,28 | 0,600 | 5,97 | M_{max} |
| 3,72 | 0,70 | 1,41 | 0,617 | 7,14 | |
| 3,69 | 0,77 | 1,54 | 0,620 | 8,25 | |
| 3,62 | 0,94 | 1,88 | 0,630 | 11,61 | Koruna |

Obrázek 47 Měrná křivka bezpečnostního přelivu pro Q_{100} [Růžička 2022]

Posouzení bočního přelivu

typ: bezpečnostní přeliv s obdélníkovou přelivnou hranou

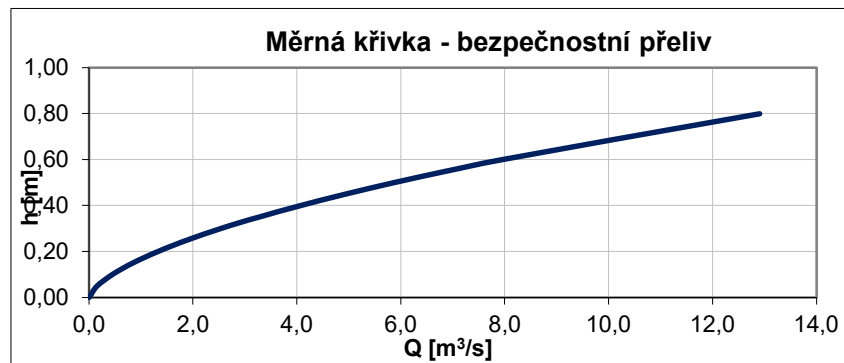
regulace: žádná

Výpočet přepadového množství - boční přeliv

| | | | |
|-------------------|-------------|------------------------|---|
| Q ₂₀ = | 3,80 | m ³ /s | návrhová kapacita |
| t = | 0,60 | m | ostrohranný přeliv |
| sh = | 1,00 | m | výška přelivu horní (v nádrži) |
| m = | 0,414 | | součinitel přepadu - půlkruhová přelivná hrana |
| b = | 4 | m | návrhová délka přelivné hrany v ose |
| i = 1: | 1 | | sklon boční hrany přelivu |
| ξ = | 1 | | součinitel bočních kontrakcí vtoku |
| n = | 2 | | počet bočních kontrakcí |
| g = | 9,81 | m/s ² | tíhové zrychlení |
| h = | 0,3 | m | výška přepadového paprsku (hladina M _{max}) |
| Q = | 1,28 | m³/s | průtok přes přeliv |
| φ | 0,90 | | |

Měrná křivka

| b ₀ [m] | m [-] | h [m] | Q [m ³ /s] | |
|--------------------|--------------|-------------|-----------------------|------------------|
| 4,00 | 0,464 | 0,00 | 0,00 | M ₀ |
| 3,99 | 0,462 | 0,03 | 0,04 | |
| 3,99 | 0,450 | 0,06 | 0,12 | |
| 3,98 | 0,435 | 0,09 | 0,21 | |
| 3,98 | 0,428 | 0,12 | 0,32 | |
| 3,97 | 0,423 | 0,15 | 0,45 | |
| 3,96 | 0,420 | 0,18 | 0,59 | |
| 3,96 | 0,418 | 0,21 | 0,74 | |
| 3,95 | 0,416 | 0,24 | 0,91 | |
| 3,95 | 0,415 | 0,27 | 1,09 | |
| 3,94 | 0,414 | 0,30 | 1,28 | M _{max} |
| 3,93 | 0,409 | 0,33 | 1,46 | |
| 3,93 | 0,408 | 0,36 | 1,67 | |
| 3,88 | 0,407 | 0,60 | 3,75 | Koruna |



Obrázek 48 Měrná křivka bezpečnostního přelivu [Růžička 2022]

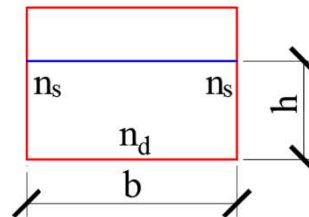
Kapacita bezpečnostního objektu je stanovena na průtok 1,28 m³/s.

Kapacita propustku je stanovena na průtok 4,36 m³/s.

Posouzení propustku v hrázi

Propustek má nestandardní tvar, proto dojde k zjednodušení na obdélníkový tvar

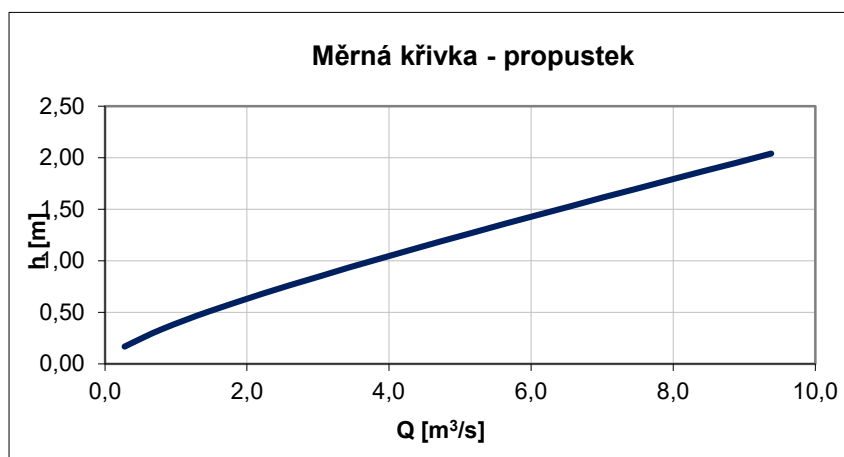
| | |
|--|--------------------------------|
| $m = 0$ | sklon břehů |
| $d_e = 0,3 \text{ m}$ | efektivní zrno |
| $b = 2,00 \text{ m}$ | šířka ve dně |
| $i = 0,12$ | podélný sklon koryta |
| $n_d = 0,1$ | drsnost dna |
| $n_s = 0,1$ | drsnost břehů |
| $h_n = 1,00 \text{ m}$ | návrhová hloubka koryta |
| $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ | tíhové zrychlení |
| $\alpha = 1,05$ | Coriolisovo číslo |



Měrná křivka - propustek

| hloubka a | průřez. plocha | omočený obvod | hydraulický poloměr | vážený průměr n | rychlostní součinitel | vymílací rychlost | rychl ost | průtok |
|--------------|---------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|--------------|-----------------------|
| h [m] | A [m ²] | O [m] | R [m] | n [-] | C [m ^{0,5} /s] | V _v [m/s] | v [m/s] | Q [m ³ /s] |
| 0,1 | 0,20 | 2,20 | 0,09 | 0,100 | 6,71 | 1,02 | 0,70 | 0,14 |
| 0,2 | 0,40 | 2,40 | 0,17 | 0,100 | 7,42 | 1,13 | 1,05 | 0,42 |
| 0,3 | 0,60 | 2,60 | 0,23 | 0,100 | 7,83 | 1,19 | 1,30 | 0,78 |

| | | | | | | | | |
|----------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,4 | 0,80 | 2,80 | 0,29 | 0,100 | 8,12 | 1,24 | 1,50 | 1,20 |
| 0,5 | 1,00 | 3,00 | 0,33 | 0,100 | 8,33 | 1,27 | 1,67 | 1,67 |
| 0,6 | 1,20 | 3,20 | 0,38 | 0,100 | 8,49 | 1,30 | 1,80 | 2,16 |
| 0,7 | 1,40 | 3,40 | 0,41 | 0,100 | 8,63 | 1,32 | 1,92 | 2,68 |
| 0,8 | 1,60 | 3,60 | 0,44 | 0,100 | 8,74 | 1,33 | 2,02 | 3,23 |
| 0,9 | 1,80 | 3,80 | 0,47 | 0,100 | 8,83 | 1,35 | 2,10 | 3,79 |
| 1 | 2,00 | 4,00 | 0,50 | 0,100 | 8,91 | 1,36 | 2,18 | 4,36 |
| 1,1 | 2,20 | 4,20 | 0,52 | 0,100 | 8,98 | 1,37 | 2,25 | 4,95 |
| 1,2 | 2,40 | 4,40 | 0,55 | 0,100 | 9,04 | 1,38 | 2,31 | 5,55 |



Obrázek 49 Měrná křivka propustku v hrázi [Růžička 2022]

Kapacita propustku je stanovena na průtok 4,36 m³/s.

7.2.4 Kapacita vývaru

Pro výpočet vývaru byl použit program vývar.exe. Výsledky výpočtu jsou uvedeny na následujícím obrázku.

The screenshot shows the 'vývar.exe' software interface. It is divided into several sections:

- ZADÁNÍ (Input):**
 - Průtoky: $Q_{min} = 0,22 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{max} = 3,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_p = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Par. hor. koryta: $b_h = 1 \text{ m}$, $m_h = 1$
 - Par. dol. koryta: $\sigma = 1,05$, $b_d = 1,2 \text{ m}$, $J = 0,03$, $m_d = 1$, $n_d = 0,008$, $n_s = 0,008$
 - Par. přelivné konstrukce: Součinitel přeplavu (radio buttons for different types), $m = 0,414$, $t =$
 - Other parameters: $\alpha = 1,05$, $\beta = 1$, $\varphi = 0,98$, $B_p = 4 \text{ m}$, $b_p = 4 \text{ m}$, $s_1 = 2,4 \text{ m}$, $s = 2,4 \text{ m}$, $n_{k1} = 2$, $\zeta_1 = 1$, n_{k2} , ζ_2 , n_{k3} , ζ_3 , n_{k4} , ζ_4 , n_{k5} , ζ_5
- DIMENZOVANI VÝVARU (Dimensioning):**
 - Buttons: 'Navih_vývaru'
 - Results: $h_n = 0,568 \text{ m}$, $h_d = 0,28 \text{ m}$, $h_0 = 0,57 \text{ m}$, $v_0 = 0,26 \text{ m/s}$
 - Hodnoty pro $d=0$: $h_1 = 0,10 \text{ m}$, $h_2 = 1,02 \text{ m}$, TYP_0 (oddaleny)
 - Hodnoty pro $d=X$: $d' = 0,89 \text{ m}$, TYP_1 (vzduty), $Q_n = 3,1 \text{ m}^3/\text{s}$, $K' = 4,5$, $L_v = 4,6 \text{ m}$
- Table:** A table with columns: Q [m³/s], h_d [m], h_0 [m], h_1 [m], h_2 [m], d' [m]. The row for $Q = 3,1$ is highlighted in blue.

Obrázek 50 Výsledek výpočtu z programu vývar.exe [Růžička 2022]

7.2.5 Kapacita bezpečnostní přelivu

Jedná se o obdélníkový propustek

$$Q_N = Q_{20} = 1,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | | | |
|------------|------|-----|--|
| H= | 1 | m | Výška propustku |
| α = | 1,05 | | Corriolisovo číslo |
| vh= | 2,18 | m/s | rychlost na vtoku do propustku |
| E= | 1,25 | m | Energetická výška profilu před propustek |
| ym= | 0,84 | m | kritická hloubka dle Belangera pro obdélníkový otvor |
| Eh= | 1,01 | m | Energetická výška profilu za vtokem do propustku |
| yh= | 1,2 | | Hloubka vody před propustkem |
| Eh | < | yh | Posouzení Zatopení vtoku propustku |
| 1,01 | < | 1,2 | |

Propustek vyhoví pro průtok 1,28 m³/s

7.2.6 Výpočet roční vodohospodářské bilance

Vodní tok

Základní údaje:

| | | |
|------------------------------------|--|-----------------|
| Tok | levostranný přítok Hlubokého (Hlubočekého) potoka, IDVT 10175821 | |
| Číslo hydrologického pořadí | 1-03-05-0530-0-00 | |
| Měrný profil | hráz rybníka v cca 0,2 ř.km | |
| Plocha povodí | 1,71 | km ² |
| Dlouhodobý průměrný průtok | 4,40 | l/s |

| N – leté průtoky (Q_N) v m ³ /s | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| N | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | Třída |
| Q_N | 0,50 | 0,87 | 1,53 | 2,21 | 3,08 | 4,53 | 5,90 | IV |

| M – denní průtoky (Q_{md}) v l/s Nejsou měřeny | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| M | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 355 | Třída |
| Q_{md} | 10,00 | 6,90 | 5,00 | 3,70 | 2,80 | 2,20 | 1,70 | 1,30 | 1,00 | 0,70 | 0,40 | 0,05 | IV |

1) Nová vodní nádrž

Průtočný rybník s výpustným objektem a korunovým bezpečnostním přelivem

Základní údaje:**Vodní dílo**

Nadmořská výška $H = 286,50$ m n.m.

Plocha zásobní hladiny $P = 6\,560$ m²

Objem při zásobní hladině $V = 6\,510$ m³

Orientační hodnota celkového ročního výparu v závislosti na nadmořské výšce (dle ČSN 75 2410) $H_r = 810$ mm/rok

Minimální zůstatkový průtok $Q_{mz} = 0,4$ l/s (Q330)

a) ztráta vody výparem

| měsíc | I | II | III | IV | V | VI |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| % ročního výparu | 2 | 2 | 4 | 6 | 11 | 14,5 |
| měsíční výpar Hm [mm] | 16 | 16 | 32 | 49 | 89 | 117 |
| měsíční výpar P.Hm/1000 [m ³] | 106 | 106 | 213 | 319 | 584 | 770 |

| měsíc | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|-----|------|------|-----|-----|-----|
| % ročního výparu | 18 | 17 | 11,5 | 7 | 4 | 3 |
| měsíční výpar Hm [mm] | 146 | 138 | 93 | 57 | 32 | 24 |
| měsíční výpar P.Hm/1000 [m ³] | 956 | 903 | 611 | 372 | 213 | 159 |

$$Q_{\text{výpar}} = 0,168 \quad \text{l/s}$$

$$\text{objem ročního výparu} \quad V_{\text{výpar}} = 5314 \quad \text{m}^3/\text{rok}$$

b) ztráta vody transpirací rostlin

opravné součinitele pro stanovení výparu ze zarostlé vodní plochy

| | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|
| podíl zarostlé plochy [%] | 10 | 30 | 50 | 75 |
| opravný součinitel | 1,03 | 1,08 | 1,14 | 1,22 |

$$\text{odhad zarostlé plochy} \quad P_{\text{zar}} = 20 \quad \%$$

$$\text{hodnota opravného součinitele} \quad a = 1,05$$

$$Q_{\text{transp}} = 0,008 \quad \text{l/s}$$

$$\text{ztráta vody transpirací rostlin:} \quad V_{\text{transp}} = 266 \quad \text{m}^3/\text{rok}$$

c) ztráty průsakem hrází

$$\lambda = 0,4286$$

$$\text{součinitel hydraulické vodivosti zeminy hráze} \quad k = 1\text{E-}07 \quad \text{m/s}$$

$$\text{hloubka vody při Mz} \quad H = 2,2 \quad \text{m}$$

$$\text{sklon návodního líce (1:m)} \quad m = 3,0$$

$$A = 2,7 \quad \text{m}$$

$$\text{šířka koruny hráze} \quad B = 9,5 \quad \text{m}$$

$$C = 5,7 \quad \text{m}$$

$$\text{délka hráze} \quad 100 \quad \text{m}$$

$$L = 18,813 \quad \text{m}$$

$$\text{specifický průsak na 1 metr běžný} \quad q = 1\text{E-}08 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

specifický průsak hrází

$$Q_{\text{průsak-hráz}} = 1\text{E-}06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{průsak}} = 41 \text{ m}^3/\text{rok}$$

d) ztráty průsakem podložím hráze

$$\text{součinitel hydraulické vodivosti zeminy podloží } k = 7\text{E-}07 \text{ m/s}$$

$$\text{hloubka vody při } Mz \quad H = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{šířka hráze v zákl. spáře} \quad B = 28 \text{ m}$$

$$\text{mocnost propustného podloží} \quad D = 1,0 \text{ m}$$

$$\text{součinitel zakřivení trajektorie průsaku} \quad a = 1,15$$

$$\text{specifický průsak na 1 metr běžný} \quad q = 5\text{E-}08 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{specifický průsak podložím hráz} \quad Q_{\text{průsak-hráz}} = 5\text{E-}06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{průsak}} = 154 \text{ m}^3/\text{rok}$$

e) výpočet objemu minimálního zůstatkového průtoku z nádrže

$$Q_{mz} = 0,4 \text{ l/s}$$

$$V_{mz} = 12614 \text{ m}^3/\text{rok}$$

f) výpočet objemu odběrů vody z nádrže (požadavek)

průměrný roční požadovaný odebíraný průtok

$$Q_{\text{odběr}} = 0,0 \text{ l/s}$$

$$V_{\text{odběr}} = 0 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Nejsou evidovány žádné požadavky na odběry vody

g) výpočet objemu ročního potřebného přítoku do nádrže

$$Q_{\text{přít}} = 0,583 \text{ l/s}$$

$$V_{\text{přít}} = 18388 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Minimální nutný přítok do nádrže pro zajištění kladné vodohospodářské bilance

ROČNÍ VODOHOSPODÁŘSKÁ BILANCE**Vodní tok**

průměrný roční průtok

Q_a 4,4 l/s V_a 138758 m³/rok

minimální zůstatkový průtok

Q_{mz} 0,4 l/s V_{mz} 12614 m³/rok

1) Nová vodní nádrž

ztráta vody výparem

$Q_{výpar}$ 0,168 l/s $V_{výpar}$ 5 314 m³/rok

ztráta vody transpirací

Q_{transp} 0,008 l/s V_{transp} 266 m³/rok

minimální zůstatkový průtok

Q_{mz} 0,4 l/s V_{mz} 12 614 m³/rok

odběr vody

$Q_{odběr}$ 0,0 l/s $V_{odběr}$ 0 m³/rok

nutný přítok do nádrže

$Q_{přít}$ 0,577 l/s $V_{přít}$ 18 194 m³/rok

VH Bilance

nutný přítok do nádrže

$Q_{přít}$ 0,577 l/s $V_{přít}$ 18 194 m³/rok

průměrný roční průtok

Q_a 4,4 l/s V_a C m³/rok

| měsíc | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| počet dní | 30 | 31 | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 |
| přítok Q_a [m ³] | 11405 | 11785 | 11785 | 10644 | 11785 | 11405 | 11785 | 11405 | 11785 | 11785 | 11405 | 11785 |
| ztráty výparem [m ³] | 112 | 112 | 223 | 335 | 614 | 809 | 1004 | 948 | 642 | 391 | 223 | 167 |
| MZP [m ³] | 1037 | 1071 | 1071 | 968 | 1071 | 1037 | 1071 | 1037 | 1071 | 1071 | 1037 | 1071 |
| odběr [m ³] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| průměrný rok | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| měsíční bilance [m³] | 10256 | 10602 | 10490 | 9342 | 10100 | 9559 | 9709 | 9420 | 10072 | 10323 | 10145 | 10546 |
| přebytek [m³] | 10256 | 20858 | 31349 | 40691 | 50791 | 60350 | 70059 | 79479 | 89551 | 99874 | 110018 | 120565 |

$$Q_{\text{přít}} < Q_a$$

$$0,58 < 4,4$$

Podmínka splněna

Závěrečné zhodnocení

Vodohospodářská bilance nové vodní nádrže vychází kladně. Nicméně lze předpokládat, že při prvním napouštění nové vodní nádrže dojde ke snížení průměrných průtoků, proto musí být vždy zachován minimální zůstatkový průtok (Q_{mzp}).

7.3 VIZUALIZACE

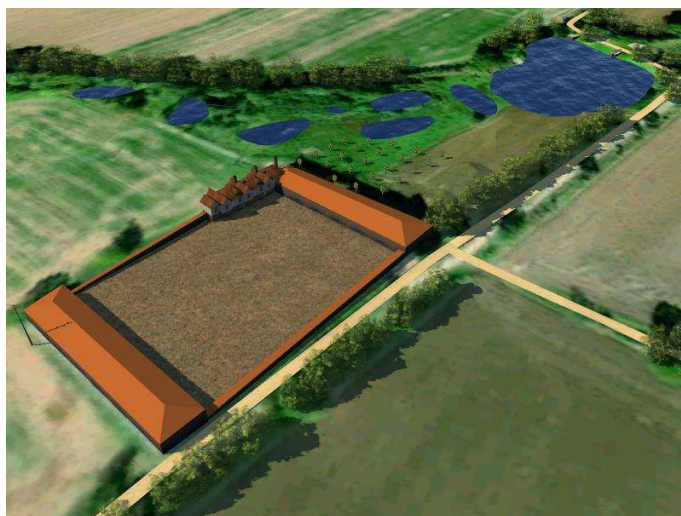
Vizualizace staveb je způsob prezentace projektu, který je vhodný pro zjednodušení pochopení dopadu staveb širokou veřejností. Jedná se o způsob převedení projektové dokumentace do 3D modelu, který je navázaný na okolní prostředí. Pomocí vizualizace je možné zobrazit, jak bude stavba vypadat po ukončení stavebních prací. [22]

Skutečný stav okolí stavby se dá zjistit mnoha způsoby. V praxi začíná být v dnešní době často používané zmapování stávajícího terénu pomocí přeletu dronů s kamerami. Pro tuto metodu je však nutné mít příslušnou techniku, která je velice nákladná na pořízení. Jedním z méně přesnějších způsobů, jak získat zaměření okolní stavby je použití družicových mapových služeb. Tato metoda je ovšem mnohem dostupnější, jelikož je zcela zdarma. To je důvod, proč jsem si ji zvolil k vypracování vizualizace pro tuto DP. [22]

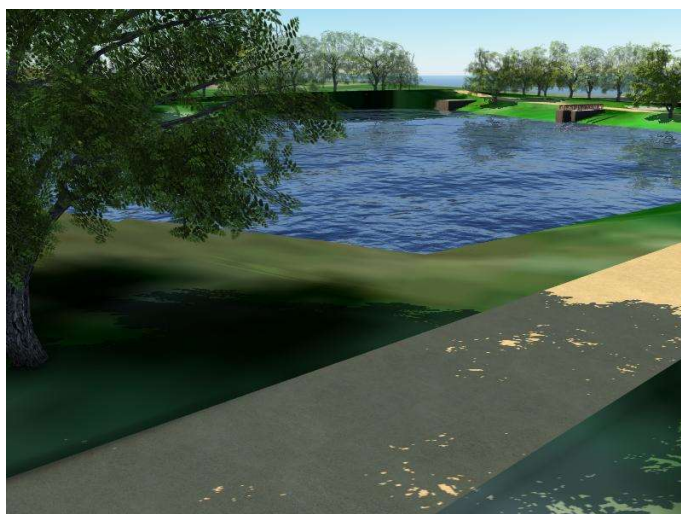
Rozhodl jsem se v rámci mé diplomové práce použít program InfraWorks, protože na rozdíl od jiných programů je jeho studentská verze zcela zdarma. Dále pak na rozdíl od programů jako je Atlas3D je velice snadné najít na internetu návody, jak s tímto softwarem pracovat.

Postup práce probíhal naimportováním DWG souborů z programu Autocad, a následným vymodelováním a dorovnáním terénu v okolí stavby a odstranění nepřesností vzniklých použitím družicových snímků pro vypracování digitálního modelu terénu. Následně došlo k vymodelování a umístění funkčních objektů a vodních ploch. Na závěr jsem osadil na místa, kde družicové snímky ukazovaly pokrytí stromy, 3D modely vegetace.

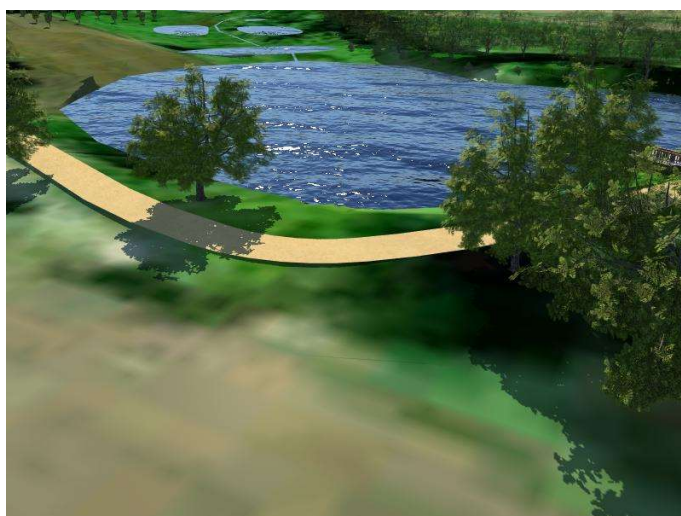
Výstupem z vizualizace jsou následující fotky a video, které je součástí příloh k této DP.



Obrázek 51 Vizualizace, pohled na staveniště [Růžička 2022]



Obrázek 52 Vizualizace, pohled na hráz [Růžička 2022]



Obrázek 53 Vizualizace, pohled na zátoku [Růžička 2022]

8 ZHODNOCENÍ NÁVRHU

Stávající stav malé vodní nádrže je nevyhovující. Zátoka je zanešená nánosy sedimentů bláta. Výpustný objekt ani potrubí vedoucí k němu se mi při prozkoumání lokality nepodařilo najít. Hráz je zarostlá křovinami. Skrz hráz prochází kamenný propustek, který je v dobrém stavu, a slouží momentálně jako jediný odtok z nádrže. Přítok do nádrže je drobný tok procházející loukou nad nádrží, která je zarostlá vysokou trávou a částečně zarostlá křovinami. Na koruně hráze vede polní cesta.

V rámci návrhu rekonstrukce malé vodní nádrže byla navržena k rekonstrukce výpustného objektu, dosypání hráze, vybudování nového bezpečnostního objektu, vývaru a rozšíření zátopy. Dále bylo navrženo 10 tůní. 2 z nich budou průtočné zbytek budou neprůtočné napájené pouze z podzemní vody a srážek. Byla navržena revitalizace vodního toku. Dále bylo navrženo na přilehlé parcele 283/2 uložení zeminy a následné výsadby.

Dále v rámci práce došlo k vypracování vizualizace projektu. Vizualizace byla provedena v programu InfraWorks.

9 ZÁVĚR

Návrhem rekonstrukce MVN Tupadly, přilehlé revitalizace toku a vybudováním vodních tůní dojde k znovuoživení základních ekologických funkcí MVN Tupadly. Hlavním přínosem bude zlepšení estetických vlastností lokality, obnovení funkčnosti vodní nádrže a schopnosti ovládnání hladiny ve vodní nádrži (její vypuštění).

Komplexní návrh rekonstrukce MVN byl proveden v rámci projekční činnosti na úrovni DUR+DSP. Investorem záměru je ZDV Krchleby a.s. – majitel i okolních pozemků okolo MVN.

Značným přínosem této diplomové práce je vytvoření DMT s navrhovanými úpravami u MVN Tupadly u Čáslavi a vizualizace tohoto projektu.

10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 48 s.
- [2] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: Sbírka zákonů České republiky. 28. 6. 2001.
- [3] Zákon č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážě, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých
- [4] ŠÁLEK, Jan. Malé vodní nádrže v životním prostředí. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. Phare. ISBN 80-707-8370-2.
- [5] ŠÁLEK, Jan, 2001. Rybníky a účelové nádrže. VUT v Brně: VUTIUM. ISBN 80-214-1806-0.
- [6] VRÁNA, Karel a Jan BERAN. Rybníky a účelové nádrže. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 9788001040027.
- [7] VRÁNA, Karel a Jan BERAN. Rybníky a účelové nádrže. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 9788001040027.
- [8] JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ. Hydraulika a hydrologie. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-739-0.
- [9] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. Hydraulika: modul 01. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-512-9
- [10] ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 2011. 6 s.
- [11] DOLEŽAL, Petr. Malé vodní a suché nádrže: TP 1.19 : technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2011. ISBN 9788086364162.
- [12] Vodohospodářské stavby: Přehrady [online], 2012. Ostrava: VŠB - TUO [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ1/vyuka/vodohosp/prehrady.html>.
- [13] Vodohospodářské stavby: Přehrady [online], 2012. Ostrava: VŠB - TUO [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/technicka_zarizeni.htm
- [14] JANDORA, Jan, 2005. Hydraulika a hydrologie: Modul 01. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 188 s.

[15] Data poskytnutá Českým Hydrometeorologickým ústavem, Dvorská 410/102, 503 11 Hradec Králové-Svobodné Dvory,

[16] Dostupné z internetových stránek www.Mapy.cz

[17] Dostupné z internetových stránek
<https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/4142/tupadly/historie/>

[18] Územní plán poskytnut v naskenované podobě obcí Tupadly u Čáslavi

[19] Inženýrsko-geologický průzkum, Vypracován firmou GEON, s.r.o., Vypracoval Ing. Albert Kmeť v lednu 2022 pro VZD Invest s.r.o.

[20] Dostupné z internetových stránek obce Tupadly u Čáslavi,
<https://www.tupadly.cz/>

[21] Rozbor vzorků zeminy, Vypracován firmou Aquatest a.s., Vypracoval Ing. Pavel Bervic v únoru 2022 pro VZD Invest s.r.o.

[22] Internetové stránky firmy Autodesk,
<https://www.autodesk.cz/products/infraworks/overview>

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| <i>Obrázek 1 - Řez hrází z homogenního materiálu [12]</i> | 16 |
| <i>Obrázek 2 - Řez výpustným zařízením [zdroj: Vlastní]</i> | 17 |
| <i>Obrázek 3 Součinitel vtoku KV pro různé přelivné hrany [7]</i> | 18 |
| <i>Obrázek 4 - Schéma výpustného zařízení [13]</i> | 19 |
| <i>Obrázek 5 - Tabulka používající se pro stanovení přepadového součinitele[11]</i> | 20 |
| <i>Obrázek 6 – Různé zaoblení obtokových hran a jejich součinitele boční kontrakce [12]</i> | 21 |
| <i>Obrázek 7 – Schéma odtoku vody z nádrže během času[14]</i> | 23 |
| <i>Obrázek 8 - Rozdělení prostorů u vodních nádrží podle účelu a jejich názvy [14]</i> | 24 |
| <i>Obrázek 9 Roční výpar ku nadmořské výšce [10]</i> | 25 |
| <i>Obrázek 10 Opravný součinitel pro závislost zarostlé plochy vegetací [10]</i> | 25 |
| <i>Obrázek 11 Průměrná měsíční teplota ku průměrnému měsíčnímu odparu [10]</i> | 26 |
| <i>Obrázek 12 - Schéma hráze s veličinami používajícími se k výpočtu průsaku na nepropustném podloží [7]</i> | 27 |
| <i>Obrázek 13 Přehledná situace obce Tupadly [16]</i> | 28 |
| <i>Obrázek 14 Přehledná situace umístění stavby [16]</i> | 29 |
| <i>Obrázek 15 Zájmová lokalita [16]</i> | 30 |
| <i>Obrázek 16 Data z ČHMÚ pro profil za hrází malé vodní nádrže Tupadly [15]</i> | 30 |
| <i>Obrázek 17 Levostranný přítok Hlubockého potoka (foceno v červnu, kdy byl bez vody) [Růžička 06/2022]</i> | 31 |
| <i>Obrázek 18 Levostranný přítok Hlubockého potoka (foceno v lednu, kdy byl bez vody) [Růžička 01/2022]</i> | 31 |
| <i>Obrázek 19 Územní plán obce Tupadly u Čáslavi [18]</i> | 32 |
| <i>Obrázek 20 Geologická situace 1:20 000 [19]</i> | 33 |
| <i>Obrázek 21 Polní cesta na koruně hráze [Růžička 06/2022]</i> | 35 |
| <i>Obrázek 22 Pohled na hráz směrem do zátopy [Růžička 01/2022]</i> | 35 |
| <i>Obrázek 23 Pohled na korunu hráze směrem k propustku [Růžička 01/2022]</i> | 36 |
| <i>Obrázek 24 Pohled na vzdušní líc hráze s odtokovým korýtkem [Růžička 01/2022]</i> | 36 |
| <i>Obrázek 25 Pohled do zátopy [Růžička 06/2022]</i> | 37 |
| <i>Obrázek 26 Pohled do zátopy v zimním období [Růžička 01/2022]</i> | 37 |
| <i>Obrázek 27 Pohled na propustek z návodní strany [Růžička 06/2022]</i> | 38 |
| <i>Obrázek 28 Pohled na kamennou konstrukci, sloužící jako přeliv [Růžička 01/2022]</i> | 39 |
| <i>Obrázek 29 Pohled do propustku ze vzdušného líce hráze [Růžička 01/2022]</i> | 39 |
| <i>Obrázek 30 Pohled na propustku ze vzdušného líce hráze [Růžička 01/2022]</i> | 39 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 31 Pohled na plochu za zátopou směrem po toku [Růžička 06/2022]..... | 40 |
| Obrázek 32 Pohled na přítok do nádrže [Růžička 06/2022] | 40 |
| Obrázek 33 Digitální model terén v AtlasuDMT [Růžička 2022] | 41 |
| Obrázek 34 DMT s vloženými podélnými a příčnými řezy [Růžička 2022] | 42 |
| Obrázek 35 Příčné řezy vygenerované programem AtlasDMT [Růžička 2022] | 42 |
| Obrázek 36 Půdorys MVN Tupadly [Růžička 2022]..... | 44 |
| Obrázek 37 Vzorový řez hrází [Růžička 2022]..... | 45 |
| Obrázek 38 Řez sdruženým objektem [Růžička 2022]..... | 46 |
| Obrázek 39 Řez vývarem [Růžička 2022] | 47 |
| Obrázek 40 Řez bezpečnostním objektem [Růžička 2022] | 48 |
| Obrázek 41 Vzorový řez revitalizací toku [Růžička 2022]..... | 49 |
| Obrázek 42 Část situace C.3.1 ukazující půdorys tůň [Růžička 2022]..... | 52 |
| Obrázek 43 Měrná křivka přepadu přes dluže [Růžička 2022]..... | 54 |
| Obrázek 44 Měrná křivka potrubí za výtokovým objektem [Růžička 2022]..... | 55 |
| Obrázek 45 Měrná křivka bezpečnostního přelivu [Růžička 2022]..... | 57 |
| Obrázek 46 Měrná křivka odtokového potrubí [Růžička 2022] | 58 |
| Obrázek 47 Měrná křivka bezpečnostního přelivu pro Q_{100} [Růžička 2022] | 59 |
| Obrázek 48 Měrná křivka bezpečnostního přelivu [Růžička 2022]..... | 61 |
| Obrázek 49 Měrná křivka propustku v hrázi [Růžička 2022]..... | 62 |
| Obrázek 50 Výsledek výpočtu z programu vývar.exe [Růžička 2022]..... | 63 |
| Obrázek 51 Vizualizace, pohled na staveniště [Růžička 2022] | 69 |
| Obrázek 52 Vizualizace, pohled na hráz [Růžička 2022] | 69 |
| Obrázek 53 Vizualizace, pohled na zátopu [Růžička 2022] | 69 |

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| | |
|------------------|---|
| MVN | malá vodní nádrž |
| ha | hektar |
| km | kilometr |
| m | metr |
| m n.m. | metr nad mořem |
| cm | centimetr |
| mm | milimetr |
| Obr. | obrázek |
| Tab. | tabulka |
| ČSN | Česká technická norma |
| k. ú. | katastrální území |
| S-JTSK | souřadnicový systém |
| Bpv | výškový referenční systém Balt po vyrovnání |
| ČHMÚ | Český hydrometeorologický ústav |
| ČÚZK | Český úřad zeměměřický a katastrální |
| SO | stavební objekt |
| C16/20 | beton s charakteristickou válcovou pevností v tlaku 16 MPa a charakteristickou krychelnou pevností v tlaku 20 MPa |
| C25/30 | beton s charakteristickou válcovou pevností v tlaku 25 MPa a charakteristickou krychelnou pevností v tlaku 30 MPa |
| XC | třída prostředí betonu |
| XF | stupeň vlivu prostředí |
| DN | jmenovitý vnitřní průměr potrubí – světlost potrubí |
| kg | kilogram |
| DPH | daň z přidané hodnoty |
| b ₀ | [m] účinná šířka přelivu |
| b | [m] šířka přelivu bez vlivu kontrakce |
| KV | [-] součinitel vtoku H [m] výška přepadového paprsku |
| KV ₀ | [-] součinitel závislý na ostrosti hrany |
| Q _{max} | [m ³ · s ⁻¹] maximální průtok |
| M | [-] součinitel přepadu |
| g | [m · s ⁻²] tíhové zrychlení |

| | | |
|------------------|-----------------------------------|--|
| Q | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | návrhový kulminační průtok |
| b | [m] | šířka přelivné hrany |
| σ | [-] | míra vzduťi hd [m] hloubka vody v korytě pod vývarem |
| d | [m] | hloubka vývaru h2 [m] druhá vzájemná hloubka |
| μ | [-] | přepadový součinitel přelivu |
| n | [-] | počet kontrakcí ξ [-] součinitel boční kontrakce |
| h0 | [m] | přepadová výška |
| Q100 | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | návrhový kulminační průtok |
| hk | [m] | kritická hloubka |
| α | [-] | Coriolisovo číslo |
| Q(t) | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | přítok vody do nádrže |
| O(V(t)) | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | odtok vody z nádrže |
| V(t) | $[m^3]$ | objem vody v nádrži |
| A(H) | $[m^2]$ | čára zatopených ploch |
| V(H) | $[m^3]$ | čára zatopených objemů |
| V _i | $[m^3]$ | dílčí zatopený objem |
| A _i | $[m^2]$ | dílčí zatopená plocha v nádrži |
| V _z | $[m^3]$ | prostor zásobní |
| V _s | $[m^3]$ | prostor stálého nadržení |
| V _r | $[m^3]$ | prostor ochranný |
| V _{zál} | $[m^3]$ | prostor zálohový |
| q | $[m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}]$ | specifický průsak |
| K | $[m \cdot s^{-1}]$ | součinitel hydraulické vodivosti zeminy |
| H | [m] | zásobní hloubka vody v nádrži |
| L | [m] | délka průsakové křivky |
| λ | [-] | součinitel zakřivení |
| m | [m] | sklon návodního líce hráze |
| q _a | $[l \cdot s^{-1} \cdot km^2]$ | specifický průměrný dlouhodobý roční odtok |
| Q _o | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | odtok vody z nádrže |
| Q _p | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | přítok vody do nádrže |
| V _{bil} | $[m^3]$ | celkový objem bilance |
| V _a | $[m^3]$ | objem přítoku do nádrže |
| V _{odt} | $[m^3]$ | objem odtoku vody z nádrže |

V_{transp} [m^3] objem ztrát výparem a transpirací

V_{pr} [m^3] objem ztrát vody průsakem hrází

Q_{kap} [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] kapacitní průtok

b_{sp} [m] šířka spadiště

h_{sp} [m] hloubka spadiště

i [%] sklon spadiště

13 SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRESY (soubory *.pdf):

- C.1 SITUAČNÍ VÝKRES ŠIRŠÍCH VZTAHŮ
- C.2 KATASTRÁLNÍ SITUAČNÍ VÝKRES
- C.3.1 KOORDINAČNÍ SITUAČNÍ VÝKRES I
- C.3.2 KOORDINAČNÍ SITUAČNÍ VÝKRES II
- D.2.1 PODÉLNÝ PROFIL ZÁTOPOU
- D.2.2 PODÉLNÝ PROFIL HRÁZÍ
- D.2.3 PODÉLNÉ PROFILY TŮNĚMI I
- D.2.4 PODÉLNÉ PROFILY TŮNĚMI II
- D.3.1 PŘÍČNÉ PROFILY ZÁTOPOU
- D.3.2 PŘÍČNÉ PROFILY TŮNĚ
- D.3.3 PŘÍČNÉ PROFILY HRÁZÍ
- D.4 VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ
- D.5 SDRUŽENÝ OBJEKT
- D.6 BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV
- D.7 VÝKRES LÁVKY
- D.8 VZOROVÝ VÝKRES DLUŽÍ
- D.9 POKLOP VÝPUSTNÉHO OBJEKTU
- D.10 VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ TOKEM
- D.11 BROUKOVIŠTĚ

OBRÁZKY Z VIZUALIZACE (soubory *.jpg):

- VIZUALIZACE 1
- VIZUALIZACE 2
- VIZUALIZACE 3
- VIZUALIZACE 4
- VIZUALIZACE 5