

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA HYDROTECHNIKY**



**NÁVRH VODNÍHO HŘIŠTĚ NA
BIOTOPU RADOTÍN**

Bakalářská práce

**PROJECT OF WATER PLAYGROUND
AT RADOTÍN BIOTOPE**

Bachelor's thesis

Pavel Beneš

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

2020

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE****I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE**

Příjmení: Beneš	Jméno: Pavel	Osobní číslo: 468425
Zadávací katedra: K142 - Katedra hydrotechniky		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh vodního hřiště v biotopu Radotín	
Název bakalářské práce anglicky: Project of water playground at Radotín biotope	
Pokyny pro vypracování: Zhodnocení existujících vodních hřišť a vodních prvků, princip jejich fungování a jejich vhodnost pro danou lokalitu. Výběr a konkrétní hydraulický a architektonický návrh jednotlivých prvků pro lokalitu biotopu Radotín s důrazem na funkčnost, potenciál popularizování a přiblížení tématu vodního hospodářství a vodních staveb široké veřejnosti zábavnou a interaktivní formou.	
Seznam doporučené literatury: Petr Šrytr: Zdravotní inženýrství III : Balneotechnika; Ivana Marešová, Vladimír Havlík: Hydraulika : Příklady	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Králík Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 10.2.2020	
Termín odevzdání bakalářské práce: 18.5.2020 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
<i>10.2.2020</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem danou bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedených informačních zdrojů a podkladů, vše v souladu s metodickými pokyny o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 24.5.2020

Podpis:

Pavel Beneš

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Martinu Králíkovi, Ph.D., za odborné vedení, rady a konzultace při psaní práce. Rovněž děkuji své rodině za stálou podporu v době mých vysokoškolských studií a také všem, kdo se pomáhali starat o moje duševní zdraví.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zamýšlí nad významem budování vodních hřišť jakožto zábavného a vzdělávacího prvku ve veřejném prostoru, pojednává o existujících lokalitách a představuje variantní návrhy pro výstavbu nového vodního hřiště v zadané lokalitě - biotopu Radotín. Dvě z těchto variant jsou detailně rozpracovány, součástí návrhu jsou hydraulické výpočty a technické výkresy. Dále je diskutována možnost použití částí návrhu pro jiné aplikace.

ABSTRACT

This bachelor thesis thinks about relevance of building water playgrounds in general, as of an element of public space providing entertainment and education, describes already existing examples of water playgrounds and presents particular design variations for construction of a playground at the chosen location - Radotín biotope. Two of the variants are worked out in more details, containing hydraulic calculations, as well as technical drawings. Furthermore, possibility of using parts of the design for other applications is discussed.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní hřiště, vodní prvek, koryto, Archimedův šroub, rotační dopravník, jez, plavební komora, hydraulika, Manningův součinitel drsnosti

KEY WORDS

Water playground, water feature, stream bed, Archimedes' screw, rotating conveyor, weir, lock, hydraulice, Manning's Roughness Coefficient

Obsah

1	ÚVOD	7
2	MOTIVACE A CÍL PRÁCE	7
3	EXISTUJÍCÍ VODNÍ HŘIŠTĚ	9
3.1	POJEM „VODNÍ HŘIŠTĚ“	9
3.2	PŘÍKLADY STÁVAJÍCÍCH VODNÍCH HŘIŠŤ	10
3.2.1	<i>Hřiště v parku Gutovka</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Hřiště v parku Maxe van der Stoela.....</i>	<i>12</i>
3.2.3	<i>Další příklady.....</i>	<i>14</i>
4	ŘEŠENÍ PRO BIOTOP RADOTÍN.....	17
4.1	CHARAKTERISTIKA A POPIS ÚZEMÍ.....	17
4.2	NÁVRH HŘIŠTĚ: VARIANTA 1 (S „VEDLEJŠÍM KANÁLEM“).....	20
4.2.1	<i>Popis návrhu</i>	<i>20</i>
4.2.2	<i>Hydraulický výpočet a návrh</i>	<i>21</i>
4.2.3	<i>Objekty na hlavním korytě</i>	<i>24</i>
4.2.4	<i>Objekty na vedlejším korytě</i>	<i>27</i>
4.2.5	<i>Zhodnocení návrhu</i>	<i>29</i>
4.3	NÁVRH HŘIŠTĚ: VARIANTA 2 („JEZ“).....	29
4.3.1	<i>Popis návrhu</i>	<i>29</i>
4.3.2	<i>Hydraulický výpočet a návrh</i>	<i>29</i>
4.3.3	<i>Objekty.....</i>	<i>32</i>
4.3.4	<i>Zhodnocení návrhu</i>	<i>35</i>
4.4	DALŠÍ MOŽNÉ VARIANTY A DOPLŇKOVÁ ŘEŠENÍ.....	36
5	ZÁVĚRY.....	38
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	39
6.1	LITERATURA.....	39
6.2	SEZNAM OBRÁZKŮ	40
6.3	SEZNAM GRAFŮ.....	41
6.4	SEZNAM TABULEK	41
7	PŘÍLOHY	42

1 Úvod

Obsahem bakalářské práce je stručný pohled na význam vodních hřišť, popis stávajících vodních prvků a především variantní návrh hřiště pro danou lokalitu. Součástí práce je konkrétní hydraulický a architektonický návrh jednotlivých prvků s důrazem na jejich proveditelnost, funkčnost, bezpečnost a potenciál popularizace tématu vodního hospodářství široké veřejnosti. Přílohou této bakalářské práce jsou technické výkresy vodních prvků.

2 Motivace a cíl práce

„Voda a její osud je pro nás důležitý, neboť my sami jsme z velké části vodou tvořeni, stejně tak, jako struktura života uvnitř nás. My jsme vodou, voda je součástí našeho žití.“

Citát německého biochemika Frederica Vestera [1], jímž si dovoluji otevřít svou práci, výstižně vyjadřuje důležitost vody a její místo v životě každého z nás.

Stejně jako odborníci v jiných příbuzných i netechnických oborech se i my, vodohospodáři, setkáváme s nepochopením laické veřejnosti, jejíž mínění o naší práci je navíc opřeno mnoha mýty, vyplývajícími z neinformovanosti a neznalosti principu a důležitosti naší práce. Nepřízeň části společnosti má poté přímý či nepřímý vliv jak na samotnou výstavbu některých děl, tak na politická rozhodnutí a vůli státu do takových děl investovat [2].

S touto nepřízní se setkávají v určité míře mnohé inženýrské a stavebně inženýrské obory. Na rozdíl od odborníků například v oblasti silničních a železničních staveb, jejichž účel je veřejnosti dobře znám, musíme často i nejbližšímu okolí vysvětlovat základní informace o infrastruktuře, která je naprosto nezbytná pro naši civilizaci a pro fungování společnosti tak, jak ji známe. Obecná nevědomost a neznalost účelu vodohospodářské infrastruktury je nejen smutná, ale v některých případech až nebezpečná. Ať už se jedná o blokování staveb důležitých pro zlepšení splavnosti řek, jejichž ekologický přínos by byl mnohonásobně větší v porovnání s dočasnými ekologickými škodami při výstavbě, nebo obviňování vodohospodářů z následků katastrofických povodní, jako tomu bylo (a někde stále je) po létě roku 2002. Z aktuálních případů, které nejsou příliš závažné, ale ukazují na nedůvěru veřejnosti, mohu zmínit hromadné skupování balené vody v předvečer pandemie Covid-19 [3], přestože odpovědné orgány deklarovaly, že k přenosu nákazy vodovodem nedochází a dodávky pitné vody rovněž nebudou nijak postiženy [4].

Jedním ze způsobů, jak tento stav změnit, je nepředpojaté informování a popularizace našeho oboru. Úkol je to složitý, neboť je třeba provádět ho trvale a „na všech frontách“

- představovat všechny větve a podobory vodohospodářství celému spektru populace. Právě proto, že zásobování vodou nebo ochrana před povodněmi se týká prakticky nás všech, považujeme za nutné neomezit osvětu na politiky a veřejně činné osoby, ale zaměřit se na všechny, děti nevyjímaje. Není snad lepší čas začít zajímat se o naše okolí a princip fungování našeho světa, než již od nejútlejšího věku. Vždyť voda je základní podmínkou života na Zemi, právě voda z ní dělá naprosto jedinečnou planetu, voda je fascinujícím elementem. Rozvoj naší civilizace byl a stále je vázán na vodu, my sami jsme z větší části vodou tvořeni. Poznávat vodu je nezbytným obohacujícím prvkem pro každé dítě i dospělého. A jak se učit a hrát si lépe, než s pořádnými hračkami? Tradiční škola tuto úlohu zastávat snad ani nemůže, na její místo mohou však nastoupit objekty ve veřejném prostoru, jehož součástí je voda od nepaměti.

Jedním z těchto objektů má být i vodní hřiště na biotopu Radotín. Prvky v této bakalářské práci mají za úkol nejen atraktivně oživit prostor na veřejnosti hojně navštěvovaném místě (což ale neznamená, že to nebyl jeden z prvotních a důležitých záměrů) a zabavit ratolesti rodičů, relaxujících na teplém letním slunci, ale také především dětem (ale též všem ostatním hravým jedincům) nabídnout vzdělání hrou s důrazem na ukázkou fungování principů základních hydrotechnických konstrukcí. Tyto byly navrženy s důrazem na funkčnost, bezpečnost a interaktivitu, zároveň se v některých případech jedná o zjednodušené modely skutečně používaných staveb a konstrukcí.

Návrh má sloužit zejména jako inspirace a podklad pro případné pozdější realizace, ať už v daném místě, či v jiné vhodné lokalitě buď v navržené, nebo pozměněné podobě. Tato práce si též případnou realizaci návrhu nedává za cíl přesvědčit konkrétní počet lidí o důležitosti hydrotechnické výstavby či o celkovém přínosu našich profesí. Doufám však, že tato práce pomůže přinejmenším několika jedincům vybudovat si přes vodní hrátky k vodnímu hospodářství vztah a tím je i přivést k budoucímu studiu našeho oboru, v kterém je dlouhodobý nedostatek odborníků, zejména kvůli nedostatku studentů. Na tomto místě bych rád podotkl, že sám jsem si v raném mládí rád hrával s konví a hadicí a sledoval chování toku vody mezi zrytými záhonky na naší zahradě. Až o mnoho let později, již jako student stavebního inženýrství, jsem si uvědomil, že tato forma zábavy mě stále naplňuje a že ji mohu využít ve své profesní kariéře.

Projekt je svým rozsahem pouze malou částí mozaiky. Bílá místa ve snaze vodohospodářů popularizovat se veřejnosti se však v budoucnu jistě budou zaplňovat. Pomůže-li k tomu tato práce či některé její části, bude její účel splněn.

3 Existující vodní hřiště

3.1 Pojem „vodní hřiště“

Jak už bylo zmíněno výše, voda je součástí veřejného prostoru již od dávného starověku. Římané, mistři ve vodohospodářském inženýrství a stavitelé složitých systémů akvaduktů a kanalizací, často na náměstí svých měst stavěli veřejná pítka nebo fontány. Na rozdíl od těch dnešních, jejich účel byl ryze praktický - fontány představovaly zdroj pitné vody pro chudší obyvatele měst, kteří si nemohli dovolit vlastní připojení na vodovod. Fontány sloužily k přivádění vody městskému obyvatelstvu i po staletí po pádu Římské říše. Přestože už od počátku byly mnohé z nich zdobené sochami a jinými uměleckými díly, změnily se v především estetickou součást lidských sídel až v nedávné době, spolu s rozšířením vodovodní sítě tak, jak ji známe dnes [5].

V současnosti je množství lokalit ve veřejném prostoru, ať už na náměstích či v parcích, vybaveno estetickými vodními prvky - kašnami, fontánami, umělými koryty. Z druhé strany, mnoho veřejných prostor je vyhrazeno pro rodiny s dětmi, pro něž jsou tu budována dětská hřiště.

Pojem „vodního hřiště“ jako technický termín v češtině neexistuje, já si ho přesto dovolím používat pro instinktivní chápání jeho významu - vodní hřiště je vymezené prostranství (nejčastěji ve veřejném prostoru) obsahující interaktivní prvky pracující s vodou, umožňující návštěvníkům (především dětem) si s těmito prvky hrát.

Na navrhování vodních hřišť jako takových neexistuje technická norma (používá se norma na dětská hřiště bez bližší specifikace) ani jiné závazné nařízení či odborná literatura. Jako inspirace pro tuto práci posloužilo několik stávajících lokalit, které by se daly, s tím, co bylo řečeno výše, pojmenovat jako vodní hřiště. Všechna uvedená hřiště vznikla v nedávné době, necht' svědčí tento fakt o pozitivní tendenci v tomto zatím úzkém oboru.

3.2 Příklady stávajících vodních hřišť

3.2.1 Hřiště v parku Gutovka



Obrázek 3.2.1: Vodní svět v Gutovce ze vzduchu [6]

Jedním z nejhezčích příkladů spojení dětského hřiště s vodními prvky a zároveň první projekt takového typu v Čechách je park Gutovka na Praze 10. Rozsáhlý veřejný komplex pro volnočasové aktivity spojuje vodní park, dětské hřiště, skatepark, lanovou stěnu, hřiště pro fotbal a beachvolejbal a další herní prvky. Jeho rekonstrukci v roce 2008 doprovázela výstavba zmíněného „vodního parku“, jenž krásně vystihuje značení vodního hřiště. [7]

Voda teče korytem z kamenných kostek okolo umělého pahorku, na němž stojí skluzavky, až do spodního bazénku, odkud je znovu čerpána vzhůru. Po své cestě protéká přes mnohé „překážky“ a interaktivní prvky, s nimiž je možné hýbat, mnoho z nich funguje na principu dopravování vody vzhůru prostým mechanickým pohybem, např. rotační dopravník, Archimedův šroub, nautilus šnek či čerpací kolo. Jimi dopravená voda poté protéká soustavou nerezových a masivních betonových bočních kanálků, některé jsou opatřeny vodními mlýnky. Většina prvků je opatřena cedulemi se základním popisem. Objekty jsou především nerezové a masivní, s důrazem na co největší odolnost

a trvanlivost, což je, vzhledem k velkému počtu návštěvníků, nezbytné.

Vodní park funguje mimo zimní měsíce. Vzhledem k výskytu písku a štěrku v bezprostředním okolí jsou koryta a hračky tímto materiálem zanášeny, díky jejich konstrukci jde však hlavně o estetický problém, nicméně pravidelná údržba a čištění je na místě.





Obrázky 3.2.2-5: Jednotlivé prvky ve vodním parku Gutovka: vodní mlýnek, popisná tabule, rotační dopravník, čerpací kolo

3.2.2 Hřiště v parku Maxe van der Stoela

Prostorný park nesoucí jméno bývalého nizozemského ministra zahraničí se nachází na Praze 6, v blízkosti Pražského hradu. Jeho návrh byl schválen Správou Hradu, Národním památkovým ústavem a, z důvodu bezprostřední blízkosti vojenského hřbitova, též Vojenským historickým ústavem. Již na první pohled působí klidněji než oplocený park Gutovka, spíše než o volnočasové centrum pod otevřeným nebem se jedná o klidovou zónu. Vystavěn byl v roce 2014 jako součást úprav okolí při stavbě tunelu Blanka. Náklady na něj činily 60 milionů korun. Na 2,5 hektarech tu najdeme rybník, udržovaný trávník, lavičky, velkou lanovou prolézačku a potok s vodními prvky [8].

Vodní prvky jsou jednodušší než v případě vodního hřiště v parku Gutovka, respektující tak celkovou koncepci parku. Nenajdeme tu tedy žádné dopravníky ani vysoké nerezové konstrukce, koryto je zato opatřeno soustavou uzávěrů a pohyblivých jezů, se kterými je možné manipulovat a tím ovlivňovat průtok v korytě.

Vodní prvky jsou umístěné v upraveném korytě potoka Brusnice. Ten je po své cestě od Břevnovského kláštera po Vltavu z velké části zatrubněn. Při stavbě parku bylo tohoto faktu šikovně využito pro jeho částečné přivedení zpět na povrch. Koryto je zbudováno



Obrázek 3.2.6 [nahore]: Pohled na část parku Maxe van der Stoela s na povrch vyvedeným potokem Brusnice, na němž se nacházejí vodní prvky; obrázek 3.2.7 [dole]: stavidla na zajímavě řešeném úseku potoka.



z maltou spojených, relativně masivních kamenných bloků, prvky jsou převážně nerezové s některými dřevěnými částmi, uchycené konstrukčně či řetězem proti odcizení.

Oproti vodnímu hřišti v parku Gutovka nenabízí hřiště v parku Maxe van der Stoela tolik možností a interakce, jsou však hodnotnou ukázkou toho, že vodní hračky mohou vkusně obohatit i klidový veřejný prostor. I zde je koryto zanášeno materiálem (šterk, listí, odpadky) a bez pravidelného (leč ne nutně častého) čištění ztrácí na svých estetických vlastnostech.

3.2.3 Další příklady

Kromě vybraných, blíže popsanych lokalit v Praze se můžeme s interaktivními hračkami či jinými moderními prvky ve veřejném prostoru potkat též na jiných místech, jak v Česku, tak ve světě.

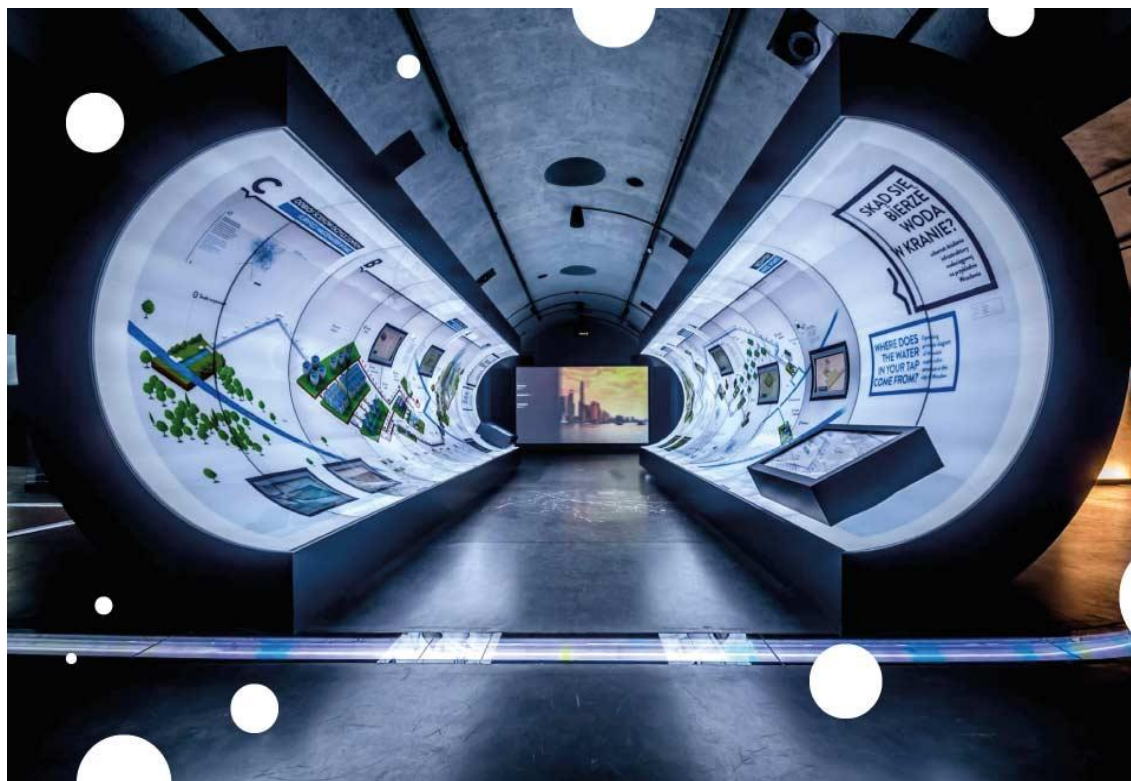
Vodní hračky už od roku 2007 baví mladé návštěvníky zábavního centra IQ park v Liberci (stálou expozici získaly v letech 2017-2018), později se k němu připojila ve stejném komplexu umístěná iQLANDIA. Kromě mlýnků, trysek a fontán se zde návštěvníci seznámí i s principem fungování zdymadla nebo turbín vodních elektráren. [9]

Z kašnami zdobených náměstí českých měst vystupuje Mladá Boleslav. Zde je kromě rozlehlé fontány také 30 metrů dlouhé nerezové koryto, osazené uměleckými plastikami a přepouštěcími mechanismy. [10]

Nedaleko za našimi hranicemi, v polské Vratislavi, se nachází komplex svým pojetím a rozsahem jedinečný. Hydropolis, stálá výstava zabírající 4000 m², stojí v historickém objektu bývalého vodojemu. Ten přestal být využíván až v roce 2011, o čtyři roky později byl komplex Hydropolis otevřen. Celý areál je zasvěcen vodě a její úloze na Zemi, návštěvníkům poskytuje pobavení i vzdělání. Výstava je rozdělena na 9 částí, kromě úseku, zabývajícího se historií inženýrství vodních staveb je tu k nalezení model sofistikovaného zásobování slezské metropole vodou a její následné odkanalizování. Je zde také zóna věnovaná hlubinám oceánů, formám života vázaných na vodní prostředí nebo vodě ve všech jejích skupenstvích, přítomných například v meteorologických jevech. Navštívení centra se pojí s množstvím získaných vědomostí, které jsou v srozumitelné a často interaktivní formě předávány jak nejmladším návštěvníkům, tak odborníkům z oboru. [11]

Moderní spojení veřejného prostoru s vodou nemusí být jen záležitost obrovských zábavních komplexů, jak dokládá příklad z restaurace na severu Itálie. Její interiér je zdoben modelem hradu, jenž je obehnán příkopem s tekoucí vodou.

Díky technologické a ekonomické dostupnosti se vodní parky stávají stále běžnějšími po celém světě. Za všechny uvádím obrázky ze středočeských Milovic a kanadského Vancouveru.



Obrázky 3.2.8-9:
Do přeříznuté trubky stylizovaný model odkanalizování a zásobování města Bratislav pitnou vodou (nahore), Hydropolis [12]; vpravo detail vodního příkopu obzvlášťujícího interiér restaurace, Itálie.





Obrázek 3.2.10 [nahore]: Jedno z mnoha vodních hřišť ve Vancouveru. Kromě gravitačních toků v korytech se v areálu mnohdy nalézá řada hraček s tlakovou vodou, rozstříkovanou po návštěvnicích; obrázek 3.2.11 [dole]: Radost v dětských očích při hraní s Archimedovým šroubem, často využívaným prvkem ve vodních parcích. Park Mirakulum, Milovice.



4 Řešení pro biotop Radotín

4.1 Charakteristika a popis území

Areál biotopu Radotín, jehož autorem je architekt Jan Schlitz, se nachází na levém břehu řeky Berounky na jihozápadním okraji Prahy na místě bývalé čistírny odpadních vod. Ta byla v roce 2009, po 7 letech v nečinnosti, zdemolována, v letech 2013-2014 tu vyrostlo přírodní koupaliště - biotop. Vedle něj tu najdeme převlékárny, venkovní sprchy, dětské hřiště, zavlažovaný trávník, saunu, a, od roku 2019, krytý bazén, na rozdíl od venkovního koupaliště přístupný celoročně. Areál pojme stovky návštěvníků. Hlavním lákadlem je čistá, nechlorovaná voda, příjemné prostředí a snadná dosažitelnost hromadnou dopravou z Prahy, v letních měsících se proto dostává na hranice svojí kapacity. [13]

Podstata funkce samotného biotopu tkví v ekologickém čištění koupací vody, o které se starají kořenové systémy rostlin. Všechny procesy jsou přírodní, nejsou dodávány žádné chemikálie.

Pro větší jednoduchost při veřejném provozu je přírodní koupaliště rozděleno na dvě jezera. Spodní, koupací, je nepravidelného tvaru, připomínající ledvinu. Jeho půdorysné rozměry jsou přibližně 62 x 75 m, hloubka dosahuje až 3,25 m, dělí se ovšem na brouzdaliště, plaveckou a neplaveckou část. Plocha bazénu při maximálním napuštění je 3 161 m², jeho objem 4 650 m³. Mimo sezónu je hladina udržována níže.

Ze spodního bazénu je voda soustavou tří čerpadel dopravována přes mechanické filtry (křemité písky s oblázky) do horního, čistícího (biologického) jezera. Jeho tvar je rovněž nepravidelný, půdorysné rozměry jsou přibližně 30 x 80 m, plocha hladiny 2 212 m², objem při hloubce od 15 do 85 cm dosahuje 1 200 m³. Nádrž je osázena více než 5 500 kusy litorálních¹, emerzních² rostlin. Pro udržení optimální trofie³, při níž čištění správně funguje, jsou nadbytečné organické nečistoty odsávány. Aby proces čištění nebyl narušován, je biologická nádrž oplocena a je do ní zakázán vstup. [14]

Rozdíl hladin horního (čistícího) a dolního (koupacího) jezera, stejně jako jejich vzdálenost, záleží na úrovni napuštění koupacího bazénu, při maximální provozní hladině není vyšší než 15 cm. Voda je z kořenové čistírny do spodního bazénu dopravována gravitačně, a to přibližně 12 m dlouhým, 3 m širokým a několik centimetrů hlubokým korytem, vysypaným šterkem. Jeho dráha je téměř přímá. Právě s využitím tohoto prostoru s víceméně stálým průtokem (dosahujícím maximální hodnoty 25 l/s) a gravitačním tokem počítá návrh vodního hřiště na biotopu Radotín.

¹ litorální = pobřežní, ze stojatých vod

² emerzní rostlina = taková, jejíž asimilační orgány jsou umístěny nad hladinou vody

³ trofie = úživnost vody, čili obsah živin. Příliš úživná, eutrofizovaná voda, se pojí se zarůstáním od řas a sinic a není žádoucí ani pro správnou funkci bakterií, účastnících se čistícího procesu



Obrázky 4.1.1-2: Satelitní snímek přírodního koupaliště Radotín [úplně nahore]. Horní nádrž je čistící, spodní je koupací, červené kolečko vyznačuje lokalitu stavby vodního hřiště na spojovacím kanálu. Na dolním obrázku lokalizace místa na mapě Česka. [15]



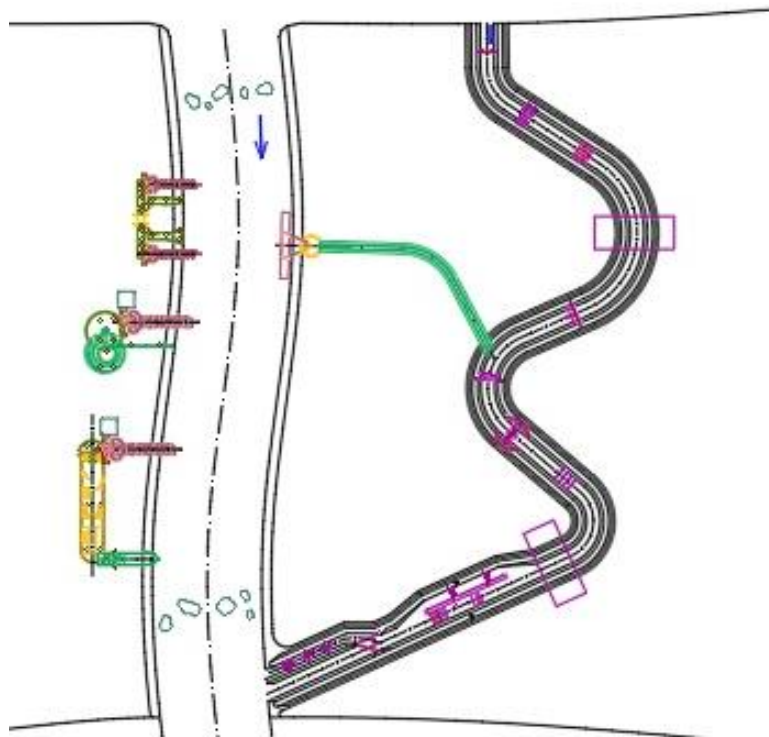
Obrázky 4.1.3-4: Pohled proti proudu na koryto spojující obě nádrže, zároveň místo návrhu vodního hřiště [nahore]; pohled na horní, biologickou nádrž [dole].



4.2 Návrh hřiště: varianta 1 (s „vedlejším kanálem“)

4.2.1 Popis návrhu

Jak již název napovídá, první návrh počítá s rozdělením toku z horního do dolního bazénu přes dvě koryta. Větší (hlavní) z nich kopíruje trasu koryta stávajícího. Jeho směrové vedení je téměř rovné, jen s malým zvlněním z estetických důvodů. Výškové vedení zůstává nezměněno. Oproti stávajícímu stavu bylo koryto zúženo na 2 metry šířky ve dně. Břehy jsou poté vedeny ve sklonu 4:1 do výšky 10 cm, vrchní hrana je zaoblená a



Obrázek 4.2.1: Výřez ze situace variantního řešení 1

navazuje na terén - travou osetý hliněný povrch. Jako stavební materiál byl zvolen beton, u něhož lze snadno dosáhnout přesných a požadovaných tvarů, oproti původně šterkovému dnu je také jednodušší na údržbu a riziko zanášení a opotřebování navržených hraček množstvím kamenů (jako se tomu děje na výše zmíněných vodních hřištích) se významně snižuje. Beton použitý ve všech částech návrhu bude vodostavební, třídy C30/C37, XC4, $D_{max}16$. Při maximálním průtoku dosáhne hloubka vody v korytě 2,5 cm. Pro přechod kanálu jsou navrženy dvě „cesty“ z vyčnívajících plochých kamenů, přes které půjde pohodlně přeskákat na druhou stranu. Přírodní kameny budou zabetonovány do dna a budou z něj vystupovat 5-7 cm vysoko.

Vedlejší kanál vede z biologického bazénu a je zaústěn do hlavního kanálu. Jeho dno začíná 10 cm pod hladinou vody v horní nádrži, průtok při takovéto hloubce činí 10,5 l/s. Délka vedlejšího kanálu je 19,4 m, trasa koryta je tvořena z oblouků a mezi ně vložených přímých úseků. Koryto je lichoběžníkového tvaru, ze dna širokého 25 cm vybíhají břehy o sklonu 4:1, jejich výška je 25 cm. Břehy budou vystupovat nad původní terén. Pro přirozenější vzhled a zároveň nízké požadavky na údržbu bude koryto z opracovaného kamene zalitého do betonu. Prvních 0,5 m má vodorovné dno, zbytek je ve stálém spádu 0,27%. Na kanálu se nachází několik stupňů ve dně, popsány jsou detailněji v kapitole 4.2.4. Před koncem koryta se tok větví na dvě části.

V hlavním kanálu je navrženo několik atrakcí. Rovněž ve vedlejším korytě najdeme množství hraček a modelů.

4.2.2 Hydraulický výpočet a návrh

Návrh obou koryt je podložen o hydraulický výpočet dle Manningovy rovnice:

$$Q = S \frac{1}{n} \sqrt{i} R^{2/3}$$

Kde: Q - průtok otevřeným korytem [m^3/s]

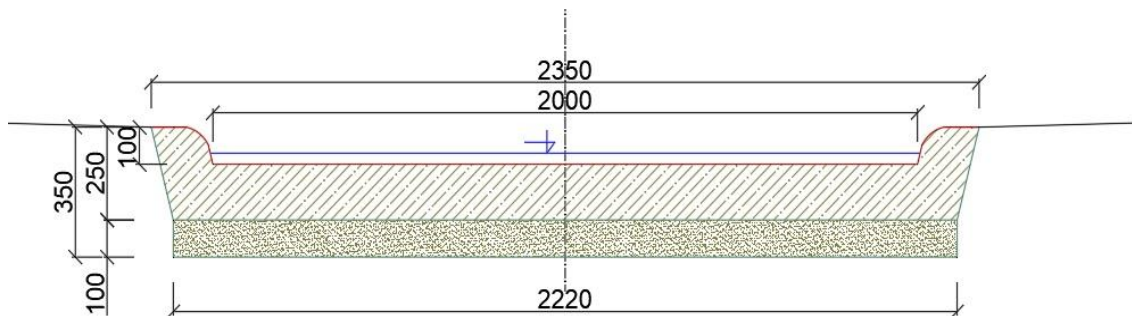
S - průtočná plocha [m^2]

n - Manningův drsnostní součinitel [n]

i - sklon čáry energie [-]

R - hydraulický poloměr (poměr mezi průtočnou plochou S a omočeným obvodem O) [m]

Průtočná plocha, omočený obvod a hydraulický poloměr vyplývají z geometrie navrženého koryta. Sklon čáry energie je roven podélnému sklonu toku, který vychází z délky zájmového úseku (12,4 m) a jeho převýšení (14 cm) a je roven 1,13%. Manningův drsnostní součinitel byl převzat z tabulky podle navrženého materiálu. Konkrétní uvažované hodnoty Manningova drsnostního součinitele: 0,016 pro beton, 0,035 pro kámen do betonu, 0,015 pro nerezovou ocel (použitou na různé prvky viz níže.) [16]



Obrázek 4.2.2: Vzorový příčný řez korytem s kótami v mm a vyznačenou hladinou při maximálním (návrhovém) průtoku. Koryto je betonové, uložené na podklad z písku.

Tabulka 1: Manningův drsnostní součinitel pro otevřená koryta [16]

Druh koryta a jeho popis	n		
	min.	stř.	max.
B. Otevřené profily s částečně nebo zcela umělým povrchem			
I. Kovové materiály			
1. Hladký kovový povrch			
a) nenatřený	0,012	0,013	0,017
b) natřený	0,011	0,012	0,014
II. Nekovové materiály			
1. Cementový povrch			
a) vyhlazený	0,010	0,011	0,013
b) běžná omítka	0,011	0,013	0,015
2. Dřevo			
a) hoblované	0,010	0,012	0,015
b) nehoblované	0,011	0,013	0,015
c) potažené lepenkou	0,010	0,014	0,017
3. Beton			
a) hlazený ocelovým hladítkem	0,011	0,013	0,015
b) zatřený dřevěným hladítkem	0,013	0,015	0,016
c) nazatřený	0,014	0,017	0,020
d) tořkretovaný, rovný povrch	0,016	0,019	0,023
e) tořkretovaný, vlnitý povrch	0,018	0,022	0,025
f) na dobře vyhloubené skále	0,017	0,020	
g) na nepravidelně vyhloubené skále	0,022	0,027	
4. Betonové dno se stěnami			
a) z opracovaného kamene do betonu	0,015	0,017	0,020
b) ze zdiva z lomového kamene - omítnutého	0,016	0,020	0,024
c) ze zdiva z lomového kamene - neomítnutého	0,020	0,025	0,030
5. Štěrkové dno se stěnami			
a) z betonu	0,015	0,019	0,025
b) ze smíšeného kamene do betonu	0,020	0,023	0,026
c) z lomového kamene na sucho, nebo s pohozen	0,023	0,033	0,036
6. cihly do cementové malty	0,012	0,015	0,018
7. Kamenné opevnění			
a) dlažby s vylitím spar cementovou maltou	0,017	0,025	0,030
b) dlažby na sucho	0,023	0,032	0,035

Tabulky 2-3: Závislost průtoku „Q“, rychlosti „v“ a Chézyho rychlostního součinitele „C“ na hloubce vody v korytě „y“ v hlavním (výše) a ve vedlejším kanálu (níže.)

b [m]	y [m]	B' [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	C	v [m/s]	Q [m ³ /s]	Q [l/s]
2.00	0.010	2.005	0.020	2.021	0.010	28.966	0.306	0.0061	6.1
2.00	0.015	2.008	0.030	2.031	0.015	30.969	0.400	0.0120	12.0
2.00	0.020	2.010	0.040	2.041	0.020	32.465	0.484	0.0194	19.4
2.00	0.025	2.013	0.050	2.052	0.024	33.671	0.559	0.0281	28.1
2.00	0.030	2.015	0.060	2.062	0.029	34.684	0.630	0.0379	37.9
2.00	0.035	2.018	0.070	2.072	0.034	35.561	0.696	0.0489	48.9
2.00	0.040	2.020	0.080	2.082	0.039	36.335	0.759	0.0610	61.0
2.00	0.050	2.025	0.101	2.103	0.048	37.658	0.875	0.0881	88.1

b [m]	y [m]	B' [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	c	v [m/s]	Q [m ³ /s]	Q [l/s]
0.25	0.000	0.250	0.000	0.250	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0
0.25	0.025	0.263	0.006	0.302	0.021	15.145	0.114	0.0007	0.7
0.25	0.050	0.275	0.013	0.353	0.037	16.625	0.165	0.0022	2.2
0.25	0.075	0.288	0.020	0.405	0.050	17.456	0.201	0.0040	4.0
0.25	0.100	0.300	0.028	0.456	0.060	18.020	0.228	0.0063	6.3
0.25	0.125	0.313	0.035	0.508	0.069	18.441	0.250	0.0088	8.8
0.25	0.150	0.325	0.043	0.559	0.077	18.775	0.269	0.0116	11.6
0.25	0.175	0.338	0.051	0.611	0.084	19.050	0.285	0.0147	14.7
0.25	0.200	0.350	0.060	0.662	0.091	19.285	0.299	0.0180	18.0
0.25	0.225	0.363	0.069	0.714	0.097	19.490	0.312	0.0215	21.5
0.25	0.250	0.375	0.078	0.765	0.102	19.673	0.324	0.0253	25.3

Objem přehrad (objekt III) byl vypočten dle vzorce pro výpočet objemu kulové úseče:

$$V = \frac{1}{3} \pi h^2 (3r - h)$$

Kde: V - objem [m³]

h - výška úseče [m]

r - poloměr koule [m]

Pro stejný objekt bylo využito i následujících rovnic pro výtoky otvorem, podle kterých je dimenzován prvek následující, „povodňový stůl“.

Výtok malým otvorem:

$$Q = \mu S \sqrt{2g \times h_{ET}}$$

Výtok velkým otvorem:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (h_{E2}^{\frac{3}{2}} - h_{E1}^{\frac{3}{2}})$$

Kde: Q - výtok otvorem [m³/s]

μ - součinitel výtoku

S - průtočná plocha [m²]

g - tíhové zrychlení [m/s²]

b - šířka obdélníkového otvoru [m]

h_{ET} - hloubka těžiště pod čarou energie [m]

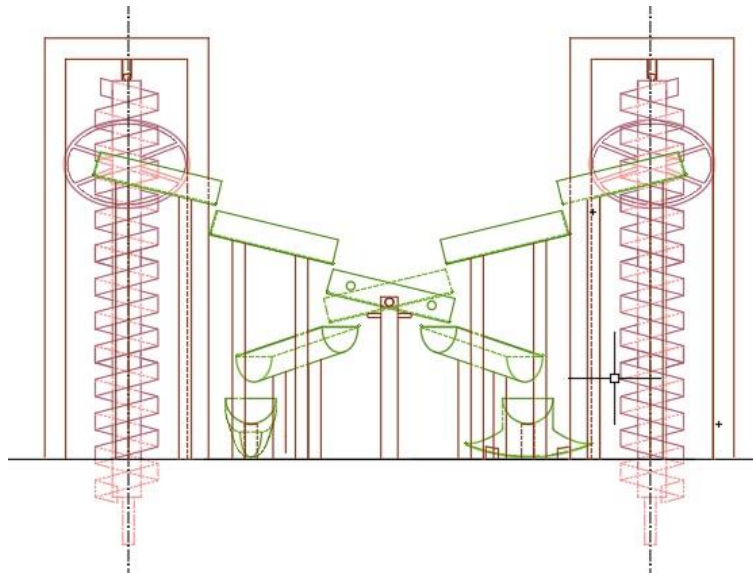
h_{E2}, h_{E1} - hloubka spodní/horní hrany obdélníkového otvoru pod čarou energie [m]

4.2.3 Objekty na hlavním korytě

4.2.3.1 Objekt I: Archimedovy šrouby a kaskáda

První objekt určený ke hraní a interakci s vodou se nachází na pravém břehu hlavního kanálu a sestává ze dvou Archimedových šroubů a kaskádovitě umístěného odpadního potrubí.

Archimedovy šrouby jsou jedním z nejčastěji užívaných prvků na vodních hřištích pro svůj jednoduchý a názorný princip a vysokou herní hodnotu. Otáčením šroubů se voda v jejich šroubovici pohybuje směrem nahoru, na samé špičce je vylévána do nerezového odpadního potrubí, z něhož stéká kaskádou dalších koryt zpátky do hlavního toku. Šrouby jsou uloženy ve sklonu 45°, spodní konec je ukotven v betonovém



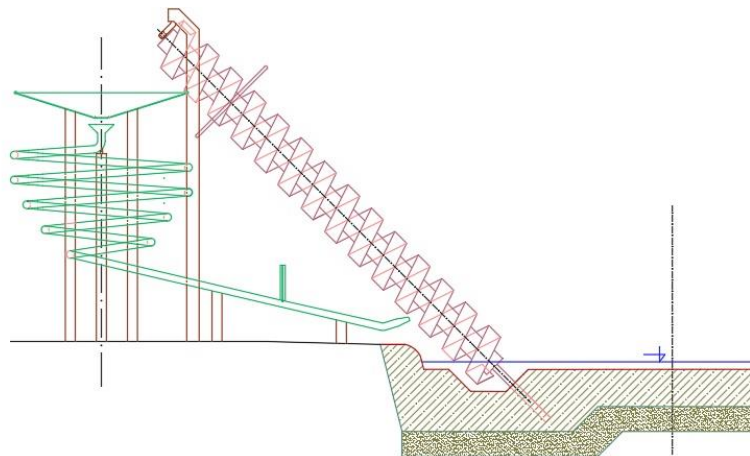
Obrázek 4.2.3: Pohled „zezadu“ na soustavu šroubů a odpadních koryt, neboli objekt I

korytě, horní část je podpírána ocelovou konstrukcí, k roztáčení šroubu slouží kruhové ocelové madlo připevněné k ose šroubu. Výška šroubů nad terénem v objektu I dosahuje 90 cm. Prostřední z odpadních koryt je navrženo jako pohyblivé, otáčí se v ose těžiště a drží tak ve své pozici díky gravitaci. Dá se s ním manipulovat tak, aby dopravovaná voda tekla jedním ze dvou vývodních koryt do toku, z nichž jedno je na konci rozšířené, druhé zúžené, a to pro názornou ukázkou chování tekoucí vody při změnách tvaru koryta.

4.2.3.2 Objekt II: Archimedův šroub a spirála

Vedle prvního objektu se nachází další vodní prvek. I jeho součástí je Archimedův šroub, v tomto případě větší (výška nad terénem 1,2 m), pro snadnější přístup k otáčecímu

mechanismu i pro menší návštěvníky je vedle něj umístěna plošina. Ze šroubu voda vytéká na nerezový trychtýř o průměru 73 cm, z něhož postupně odtéká do odpadního potrubí o průměru 30 mm. Potrubí je vedeno ve zmenšujících se dostředných spirálách a následně se stáčí ve směru hlavního koryta. Na výtoku je mírně zvednuto a zúženo, aby voda při větším průtoku tryskala vzhůru.



Obrázek 4.2.4: Pohled proti proudu: spirála a Archimedův šroub

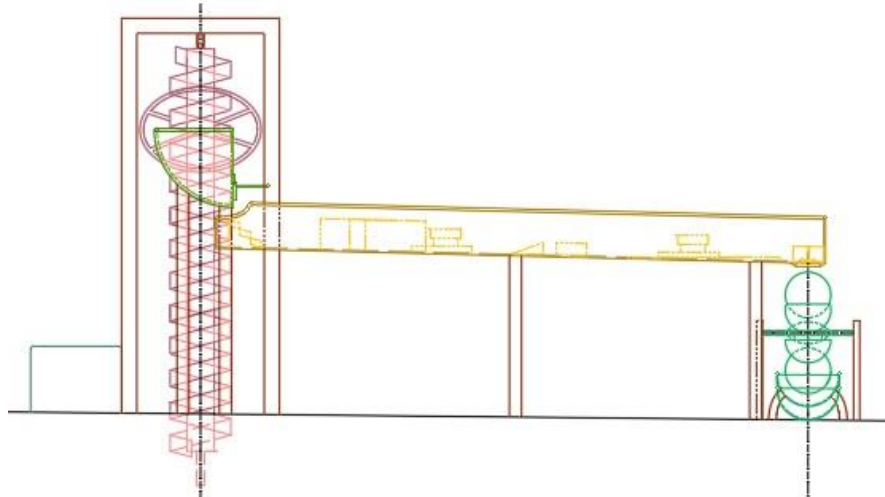
Potrubí je z průhledného plastu, aby návštěvníci mohli sledovat chování vody v potrubí v různých polohách a při různých průtocích. Těsně před vyústěním je k potrubí přidělena Pitotova trubice (chráněna větší tloušťkou trubky, aby se zamezilo jejímu ulomení), zařízení používané k měření rychlosti proudící kapaliny na základě rozdílů tlaků.

4.2.3.3 Objekt III: Archimedův šroub a povodňový stůl

Poslední objekt na pravém břehu je osazen totožným šroubem, jako objekt II, včetně podstavce pro snadnější přístup.

Na šroub navazuje nerezová nádrž simulující přehradu. Nádrž je čtvrtkoulí o vnitřním průměru 50 cm. Ve výšce 22,5 cm ode dna je opatřena bezpečnostním přelivem, aby při naplnění nedošlo k přelití, celkový objem „přehrady“ činí 13,9 l. Přední, svislá stěna je osazena třemi otvory, dvěma menšími, kruhovými otvory, jež jsou kryté otočnými uzávěry (vzhledem a principem kopírující dveřní kukátka) a jedním větším, obdélníkovým otvorem, k němuž přiléhají těžší, zaklapovací dvířka, jež je možné odklopit pomocí rukojeti. Menší otvory svou funkcí simulují spodní výpust přehrady s maximálním průtokem při plném objemu nádrže 0,48 l/s, větší otvor napodobuje stav při protržení nádrže s maximálním výtokem 4 l/s.

Pod přehradou se ve výšce 0,5 m nachází 2 m dlouhý a 40 cm široký stůl. Jeho dno v jednotném sklonu 2,5% je osazeno množstvím herních prvků. Některé z nich (stěny, model domečku se zahrádkou, útvary ve dně) jsou pevné, vedle nich najdeme interaktivní,



Obrázek 4.2.5: Boční pohled na soustavu prvků objektu III

pohyblivé prvky, jako otáčivý uzávěr na výtoku ze stolu nebo magnetické kostky ve tvaru pravidelných hranolů. Pomocí pohyblivých prvků se dá ovlivňovat směr proudu a úroveň hladiny, prvky tak nabízejí školu hrou nejen dětem, které se budou snažit stavět překážky, aby při vypuštění přehrady došlo k zatopení domu, nebo je naopak bořit a tvořit koridory pro tekoucí vodu.

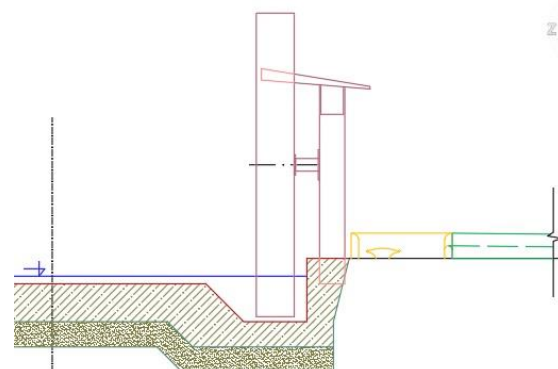
Pod výtokem ze stolu se nachází mlýnek o průměru 40 cm se 6 půlkruhovými lopatkami, který se při dostatečném průtoku vody roztočí, slouží tedy jako praktická ukázka využití toku vody k získání mechanické energie, již člověk takto používá už od nepaměti.

Pod mlýnkem je uloženo odpadní koryto odvádějící vodu do hlavního toku.

Všechny části objektu III jsou navrženy jako nerezové.

4.2.3.4 Objekt IV: Rotační dopravník a akvadukt

Posledním „velkým“ objektem první varianty návrhu je rotační dopravník - kruhové zařízení obsahující jakési nádobky po svém obvodu, které se v dolní, zatopené části naplní vodou a při otáčení se postupně v horní části vylévají. Při chycení správného rytmu se většina vody vylije do přimontovaného sběrníku, který ji odvádí do vyvýšeného betonového bazénku vedle koryta. V centru bazénu je umístěna oblá



Obrázek 4.2.6: Rotační dopravník, pohled proti proudu

konstrukce, po které se dopadající voda bude efektně rozstříkovat.

Při naplnění bazénku po přeliv voda začne odtékat akvaduktem - malým, betonovým kanálem o hloubce 5 cm ve stálém spádu 1%, který posléze ústí do vedlejšího koryta.

Rotací dopravník tak, jak ho známe třeba z vodního hřiště v parku Gutovka, je celokovovou, nerezovou konstrukcí. Průměr kola je 1,2 m.

4.2.4 Objekty na vedlejším korytě

4.2.4.1 Objekt 1: Stavidlo

První objekt ve směru proudu ohraničuje část koryta bez spádu ve dně. Stavidlo umožňuje jak návštěvníkům, tak personálu Biotopu uzavřít průtok přes vedlejší koryto. Jednoduchý uzávěr tvoří dřevěná (eventuálně plastová, kovová) deska zavedená do zabetonovaných drážek, vysoká 20 cm. Pro ztišení odcizitelnosti je vhodné pohyblivou část (desku) zabezpečit řetězem.

4.2.4.2 Objekt 2: Mostní pilíře

Tento prvek se skládá z řady čtyř betonových sloupů ve tvaru typických mostních pilířů. Statický objekt, na němž se dá pozorovat chování vody při obtékání překážky.

4.2.4.3 Objekt 3: Propustky

Další statický objekt, tentokrát ukazující proudění vody přes další běžnou konstrukci. Podlouhlý objekt obsahuje tři propustky, při různém průtoku bude voda protékat jedním nebo všemi nebo se přelije přes hranu hráze. Propustky jsou navrženy z betonu.

4.2.4.4 Objekt 4: Uzávěr

Vyklápěcí nerezový uzávěr opatřený gumovým těsněním umožňuje do prostoru před ním zachytit větší množství vody (až do úrovně jeho přetečení.) Tuto zachycenou vodu je následně možné jedním pohybem vypustit, sledovat „povodňovou“ vlnu a její vliv na níže se nacházející prvky.

4.2.4.5 Objekt 5: Česle

Následuje nerezový model česlí - nenahraditelného a jednoduchého zařízení, které najdeme na celé řadě hydrotechnických staveb, a přesto zůstává očím laiků často ukryto. Česle budou zachytávat nejružnější nečistoty (předpokládám hlavně výskyt listí a podobného organického materiálu), tím budou ukazovat svoji funkci a zároveň vyžadovat pravidelné čištění.

4.2.4.6 Objekt 6: Stavidlo

Konstrukce podobných rozměrů jako objekt 1 se od něj odlišuje především mechanismem vytahování stavidla - zde k tomu účelu slouží kolo, jehož otáčivým pohybem postupně

vytahujeme desku vzhůru a řídíme tím okamžitý odtok a výšku hladiny před objektem. Vodu dále odvádí dva tunely, vtok do každého je umístěn v jiné výšce. Ty velice zjednodušeně schematicky ukazují využívání toku vody např. v průtočných vodních elektrárnách, kdy zahrazením toku získáváme spád, který se následně využije pro efektivnější roztáčení turbín a výrobu elektrické energie.

4.2.4.7 Objekt 7: Prahy ve dně

Za stavidlem se v rovném úseku kanálu nacházejí čtyři prahy ve dně, vysoké 1 cm a od sebe vzdálené 10 cm. Příčné prahy jsou napodobeninou opatření, která používáme při úpravách vodních toků.

4.2.4.8 Objekt 8: Plavební komora a dnové překážky

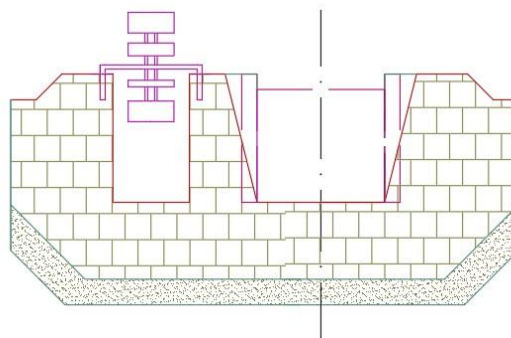
Koryto se v tomto místě rozšiřuje. Na jeho levé straně se nachází skluz, 5 cm vysoký, 15 cm dlouhý, za ním jsou 3 „překážky“ ve dně, ovlivňující tok vody a zabraňující případné plavbě. Dvě z překážek jsou ve tvaru hranolu (v pohledu trojúhelník) a dají se sklápět. Vedle překážek se nachází zjednodušený model plavební komory. Plavební komora obsahuje dvojice vrata, která se dají otevřít. Každá vrata jsou vybavena uzavíratelnými otvory pro napouštění a vypouštění vody z komory. Vrata a pohyblivé překážky budou z kovu, skluz může být vytvořen z betonu nebo vhodným kamenným blokem.

4.2.4.9 Objekt 9: Rozdělovací vrata

Devátým, rovněž nerezovým objektem na korytě jsou „rozdělovací vrata“, s jejichž pomocí můžeme rozdělit tok vody buď do jedné, nebo do druhé části konce kanálu.

4.2.4.10 Objekt 10: Mlýnky

Pokud vodu rozdělovacími vraty nasměrujeme do pravé větve, roztočíme s její pomocí při plném průtoku trojici z nerezových mlýnků. Ty mají podobné rozměry, každý je ovšem osazen lopatkami o jiném tvaru. Umožní návštěvníkům sledovat různou reakci různých lopatek umístěných ve stejném proudu za sebou.



Obrázek 4.2.7: Řez rozvětveným korytem s pohledem na jeden z mlýnků

4.2.4.11 Lávky

Přes vedlejší koryto jsou ve dvou místech umístěny lávky umožňující pohodlné překročení toku i malým dětem a méně pohyblivým osobám. Lávky jsou obloukové, ze dřeva nebo dřevoplastu, o šířce 60 cm.

4.2.5 Zhodnocení návrhu

První varianta řešení nabízí celou řadu atrakcí pro návštěvníky všech věkových kategorií. Obsahuje celou řadu statických prvků, které jednoduchou a přitom vizuálně přitažlivou formou přibližují různé hydrotechnické konstrukce i jiné stavby, zařízení a principy, které mají co dočinění s vodou. Některé prvky jsou svojí výškou a přístupností vhodné již pro malé děti, jiné (především Archimedovy šrouby) vyžadují pro efektivní ukázkou všech možností více námahy a vyhrát si s nimi mohou i dospělí. Otáčející se mlýnky a voda dopadající z atrakcí ztraktivňují místo a oživují atmosféru. Vlnovitě se linoucí kamenné vedlejší koryto vylepšuje vzhled lokality.

Pro umocnění informativní úlohy hraček navrhuji drobné tabulky s jejich stručným popisem nebo QR kódem, odkazujícím na příslušné internetové stránky (před vytvořením samostatného portálu nebo stránek v rámci biotopu Radotín to mohou být např. webové stránky katedry hydrotechniky FSv ČVUT aj.), u každého prvku. Další možností je umístit souhrnný popis všech objektů na jednu větší tabuli při kraji hřiště, ta by případně mohla být doplněna pouhými terčíky s QR kódy zvláště umístěnými u každého herního prvku.

4.3 Návrh hřiště: varianta 2 („jez“)

4.3.1 Popis návrhu

Druhá varianta návrhu ponechává mezi horní a dolní nádrží pouze jeden kanál o původní délce i šířce (3 m.) Stejně jako v první variantě, i zde bude koryto masivní, betonové, lichoběžníkového průřezu o výšce břehů 13 cm. Deset metrů od výtoku z biologického jezera je tok přehrazen modelem jezu, jehož některá pole jsou ovladatelná a snadnou manipulací lze dosáhnout vytvoření jezové zdrže a zvednutí hladiny.

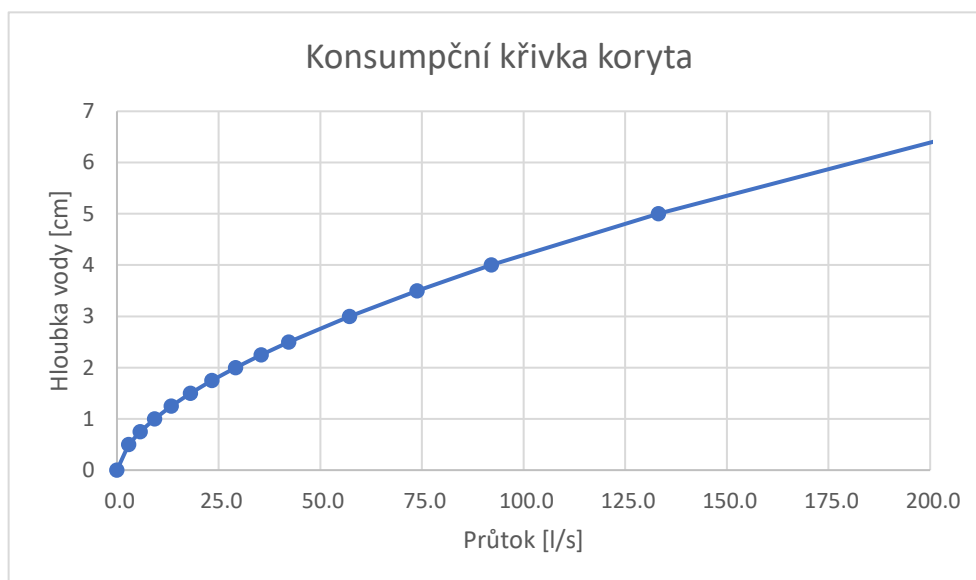
Podobně jako v první variantě, i zde je koryto lemováno herními prvky. Kromě nich se rovněž zde nachází dvě cestičky z plochých kamenů (vyčnívajících 5-7 nade dno, při napuštění jezové zdrže může dojít k částečnému potopení jedné z cestiček) a k zatápní přímo určené přístaviště.

4.3.2 Hydraulický výpočet a návrh

Průtok korytem a související veličiny byly spočítány dle Manningovy rovnice, čili stejným způsobem, jako koryta v kapitole 4.2.2. Hloubka vody v toku při plném průtoku činí 2 cm. Délka kanálu i jeho spád jsou identické s hodnotami první varianty.

Tabulka 4: Závislost průtoku „Q“, rychlosti „v“ a Chézyho rychlostního součinitele „C“ na hloubce vody v korytě „y“ v korytě varianty 2.

b [m]	y [m]	B' [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	C	v [m/s]	Q [m ³ /s]	Q [l/s]
3.00	0.010	3.005	0.030	3.020	0.010	29.0	0.31	0.0092	9.2
3.00	0.015	3.008	0.045	3.030	0.015	31.0	0.40	0.0181	18.1
3.00	0.020	3.010	0.060	3.040	0.020	32.5	0.49	0.0292	29.2
3.00	0.025	3.013	0.075	3.050	0.025	33.7	0.56	0.0423	42.3
3.00	0.030	3.015	0.090	3.060	0.029	34.7	0.63	0.0572	57.2
3.00	0.035	3.018	0.105	3.070	0.034	35.6	0.70	0.0738	73.8
3.00	0.040	3.020	0.120	3.080	0.039	36.4	0.76	0.0921	92.1
3.00	0.050	3.025	0.151	3.100	0.049	37.8	0.88	0.1332	133.2
3.00	0.065	3.033	0.196	3.130	0.063	39.4	1.05	0.2054	205.4
3.00	0.083	3.041	0.249	3.165	0.079	40.9	1.22	0.3040	304.0
3.00	0.100	3.050	0.303	3.200	0.095	42.2	1.38	0.4169	416.9



Graf 1: Konsumpční křivka koryta, uplatnitelná zejména při určení hladiny spodní vody pod jezem

K výpočtu průtoku přes jez byla využita rovnice průtok přes dokonalý (nezatopený) obdélníkový přepad. Vzhledem k tvaru a velikosti pilířů můžeme boční kontrakci zanedbat, zvolen byl výpočet pro Bazinův přeliv ve tvaru:

$$Q = mb\sqrt{2g} h^{3/2}$$

Kde: Q - průtok přes přeliv [m³/s]

m - součinitel přepadu

b - šířka přepadu [m]

g - tíhové zrychlení [m/s²]

h - přepadová výška [m]

Součinitel přepadu se spočítá jako:

$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{h}\right) \left[1 + 0,55\left(\frac{h}{h+s}\right)^2\right]$$

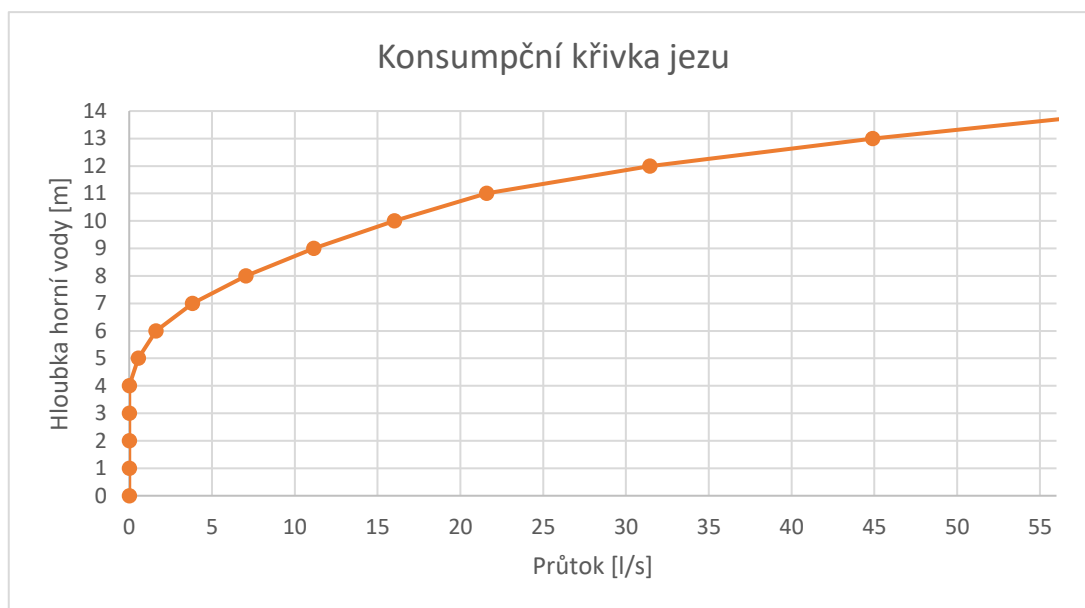
Kde: h - přepadová výška [m]

s - výška přelivu [m]

Hodnota součinitele přepadu „m“ je proměnlivá s výškou hladiny. Použití vzorce je navíc omezeno okrajovými podmínkami, a to:

$0,2 < b < 2$ [m]; $0,2 < s < 1,13$ [m]; $0,1 < h < 1,24$ [m].

Dvě z těchto podmínek (s, h) nebyly splněny, a tak je hodnota součinitele zatížena nejistotou a tedy potenciálně významnou chybou. Vzhledem k průběhu funkce závislosti průtoku na hladině horní vody (konkrétně rychlého zvyšování průtoku s malým nárůstem výšky, viz konsumpční křivka průtoku přes jez) však tato nejistota nehraje významnou roli, i při chybě určení „m“ v řádu desítek procent (předpokládám případný pohyb jeho hodnoty dolů) dojde k nárůstu hladiny o milimetry. To je dáno geometrií jezu, kdy voda začne přetékat všechna jezová pole při výšce hladiny 11 cm nade dnem.



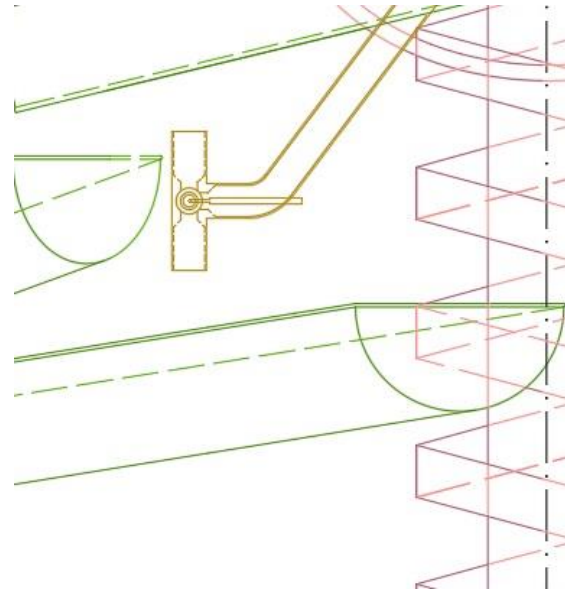
Graf 2: Konsumpční křivka jezu při úplném uzavření všech stavidel

4.3.3 Objekty

4.3.3.1 Objekt I: Trojice Archimedových šroubů

První objekt na pravém břehu koryta je soustavou tří Archimedových šroubů, každý o jiné výšce: první sahá 90 cm nad terén, druhý 65 cm, třetí 130 cm. Prostřední a nejmenší ze šroubů má rovněž subtilnější ostění závitů, bude lehčí na otáčení. Voda ze šroubů bude sváděna soustavou kaskádovitých korýtek přes odpadní koryto zpět do toku. Všechna koryta jsou nerezová, otevřená, ve tvaru rozříznuté trubky o vnitřním průměru 60 cm.

Z nejvyššího ze šroubů bude voda částečně přepravována uzavřenou průhlednou plastovou trubkou o délce téměř 1 m, překonávající spád 70 cm. Trubka se zužuje z počátečního vnitřního průměru 30 mm na 20 mm a je zakončena trojcestným kulovým ventilem. Ten umožní vodě vytékat buď horním, nebo dolním koncem T-kusu do přilehlého odpadního korýtky.



Obrázek 4.3.1: Detail trojcestného kulového ventilu v pohledu

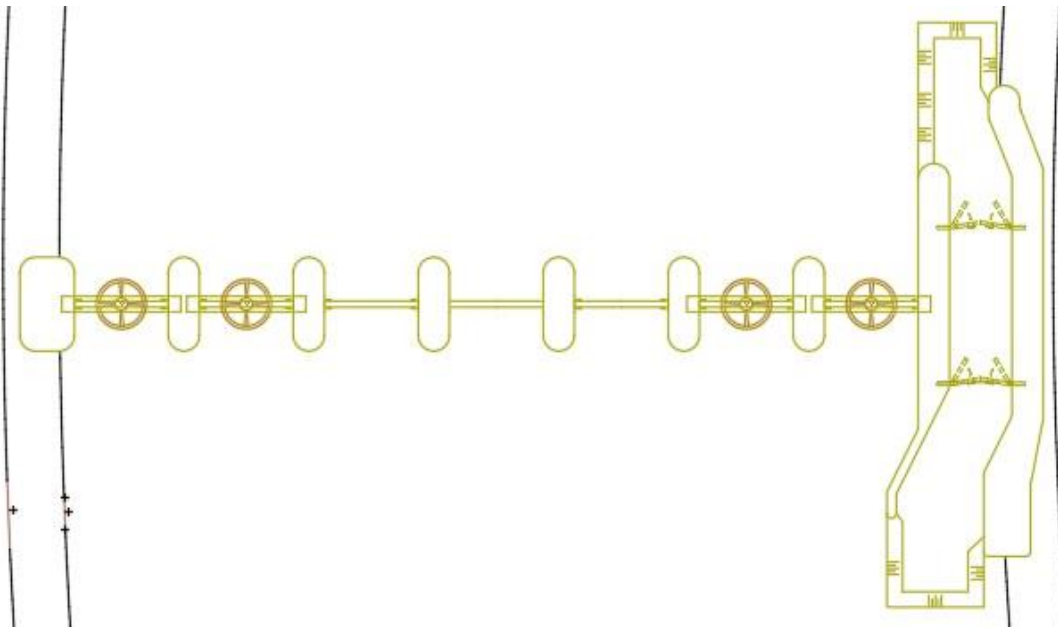
4.3.3.2 Objekt II: Archimedův šroub a povodňový stůl

Druhý objekt se skládá z totožného Archimedova šroubu a přilehlé čtvrtkulové nádrže, jako v první variantě návrhu. Proti ní je „povodňový stůl“ prodloužen o metr. Vzniklý prostor je zaplněn větším množstvím magnetických kostek pro libovolné přehrazování toku a také vyboulenými útvary ve dně při výtoku ze stolu.

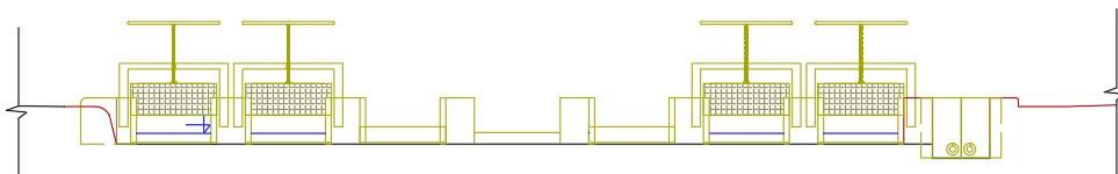
Pod výtokem ze stolu se nachází mlýnek a odpadní koryto. Oproti první variantě je mlýnek zmenšen o 10% (celkový průměr tedy činí 36 cm, průměr lopatek 135 mm), díky prodloužení stolu se totiž snižuje i výška výtoku z něj.

4.3.3.3 Objekt III: Jez a plavební komora

Deset metrů od nátoku z čistící nádrže je přes spojovací koryto navržen model jezu. Návrh je vybalancován tak, aby jeho výsledkem byla plnohodnotný a dětmi snadno ovladatelný herní prvek a zároveň zjednodušený, přesto hodnověrný model hydrotechnické konstrukce.



Obrázek 4.3.2: Půdorys jezu a plavební komory



Obrázek 4.3.3: Pohled na jez a plavební komoru proti proudu

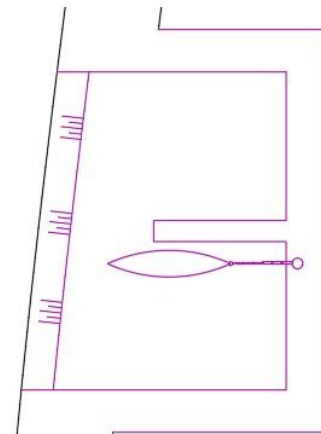
Jez je osově takřka souměrný, a to podle prostřední přelivné hrany. Ta je pevná, betonová, dlouhá 30 cm, vysoká 4 cm. Na ni po obou stranách navazují jezová pole s do drážky vloženými dřevěnými hranoly - dlužemi. Pro funkci odpovídající hydraulickému výpočtu je jejich celková výška nade dnem navržena na 6 cm, v případě potřeby může být zvýšena nebo snížena vložením či odebráním hranolů. Dále se po obou stranách nacházejí dvojice manipulovatelných stavítek, jež mohou být vytahována nebo spouštěna za pomoci šroubování otáčivých madel. Při úplném otevření činí světlá výška pro průchod vody 13 cm. Při úplném uzavření všech stavidel voda v jezové zdrži vystoupá do výšky přibližně 12 cm a začne přetékat 11 cm vysoká stavitka horem. Naplnění zdrže vytvoří prostor pro intenzivnější vodní hrátky, je také nezbytné pro zavodnění objektu IV - přístaviště, nacházejícího se nad jezem.

Délka všech jezových polí je 30 cm, stavítka jsou nerezová. Mezi ně jsou umístěny betonové pilíře o délce 30 cm, šířce 10 cm a výšce 16 cm.

Při levém břehu je koryto mírně rozšířeno a na jez navazuje model plavební komory. Mechanismus zavírání vrat, prázdnění a plnění je podobný s plavební komorou na vedlejším korytě první varianty. Vzhledem k nízké úrovni hladiny pod jezem (a při otevření stavidel i nad ním) má plavební komora, pro lepší vizualizaci principu fungování a funkčnosti při proplavení modelů loďek, prohloubené dno o 5 cm.

4.3.3.4 Objekt IV: Přístaviště

Necelý metr od plavební komory proti proudu toku se v zářezu do břehu nalézá přístaviště. Jeho dno je rovné, proti dnu koryta vyvýšené v nejnižším místě o 2 cm, v případě plného otevření jezu nebude proto zatopeno. K zatápnění dojde při plnění jezové zdrže, při maximální hladině voda vystoupá 9,5 cm nade dno přístaviště a vyzvedne tak plovoucí loďku. Loďka je řetězem uchycena k pacholetu ke břehu. Vedle ní je molo. Výška břehů je 14 cm nade dnem koryta.

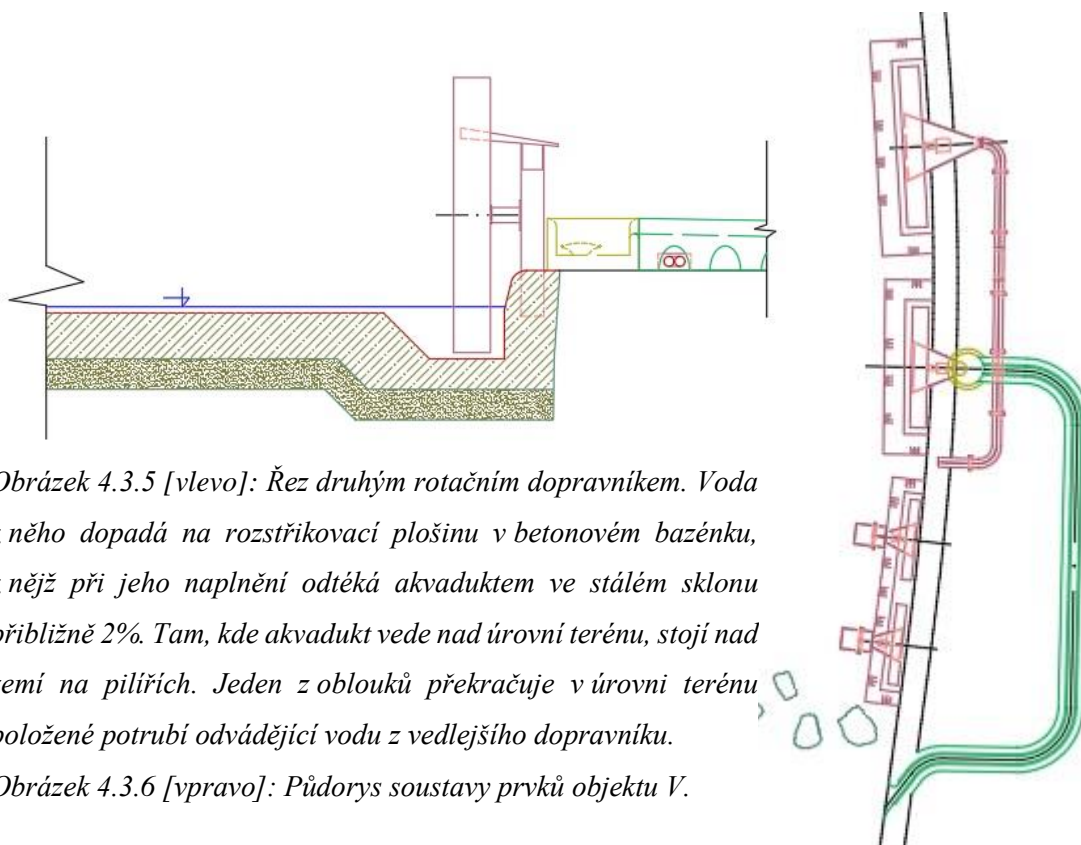


Obrázek 4.3.4: Půdorys přístaviště

4.3.3.5 Objekt V: Rotační dopravníky

Část levého břehu lemují čtveřice rotačních dopravníků, principiálně stejných, jako v první variantě.

Po proudu první, dopravník největší, má průměr kola 1,2 m. Voda z něho teče do dvojice trubek, které klesají do úrovně terénu. Po něm svádějí vodu zpět až do koryta, s výjimkou úseku, kde se souběžně zvedají do výše 18 cm. Svým tvarem a způsobem vedení by potrubí mělo připomínat horkovod, jeden z často vídaných prvků v krajině, jímž je transportována teplá voda. Model tlakového horkovodu, který bude vyveden z průhledných plastových trubek, je kontrastem k akvaduktu, dříve užívaným gravitačním způsobem dopravy vody, jehož malá verze odvádí vodu zpod druhého



Obrázek 4.3.5 [vlevo]: Řez druhým rotačním dopravníkem. Voda z něho dopadá na rozstříkovací plošinu v betonovém bazénku, z něž při jeho naplnění odtéká akvaduktem ve stálém sklonu přibližně 2%. Tam, kde akvadukt vede nad úroveň terénu, stojí nad zemí na piliřích. Jeden z oblouků překračuje v úrovni terénu položené potrubí odvádějící vodu z vedlejšího dopravníku.

Obrázek 4.3.6 [vpravo]: Půdorys soustavy prvků objektu V.

rotačního dopravníku, jehož kolo má průměr 90 cm, a to po naplnění kruhové betonové nádržky. Délka akvaduktu je přibližně 4,5 m, jeho koryto má lichoběžníkový tvar a hloubku 5 cm a je navrženo jako betonové. Ústí do hlavního toku mezi kamennou cestičkou přes koryto a přístavištěm.

Zbývající dva dopravníky jsou určeny menším návštěvníkům, jejich průměr je 60 cm. Jsou orientovány na opačnou stranu, tedy doprostřed koryta. S jejich pomocí lze napouštět vodu do nerezové nádoby, která se při naplnění překlopí a svůj obsah vylije. Rotační dopravníky stojí hned vedle sebe a jsou identické. Dvojice hráčů tak mohou soutěžit v tom, komu se povede nádobu překlopit jako prvnímu.

4.3.4 Zhodnocení návrhu

Ve druhé variantě řešení se objevují typově podobné prvky, jako ve variantě první, a sice v bohatších variacích. Absence malých konstrukcí na chybějícím vedlejším korytě je vyvážena rozšířením větších objektů (např. prodloužení povodňového stolu) a jejich variací v podobě menších prvků - malých rotačních dopravníků a menšího Archimedova šroubu, které zvládnou rozpořehovat i menší děti.

Největším rozdílem je umístění jezu přes celé koryto. Manipulací s jeho uzávěry (stavítky) mohou návštěvníci měnit výšku hladiny u všech prvků a tím umožnit, nebo naopak ztížit jejich používání. Tento fakt může vyústit v hádky mezi dětskými návštěvníky, především je však učí koordinaci a spolupráci. Funkční jez a plavební komora jsou sice velmi zjednodušenou, avšak o to názornější ukázkou fungování vodních

děl a mají významný edukativní potenciál. Další atributem jezu je možnost zadržování a poté rychlého vypouštění významného množství vody. Tento druh manipulace bude uspokojující pro návštěvníky napříč všemi věkovými kategoriemi.

Obdobně jako v první variantě, i zde navrhuji drobné tabulky se stručným a informativním popisem hraček, případně QR kódem, odkazujícím na příslušné internetové stránky.

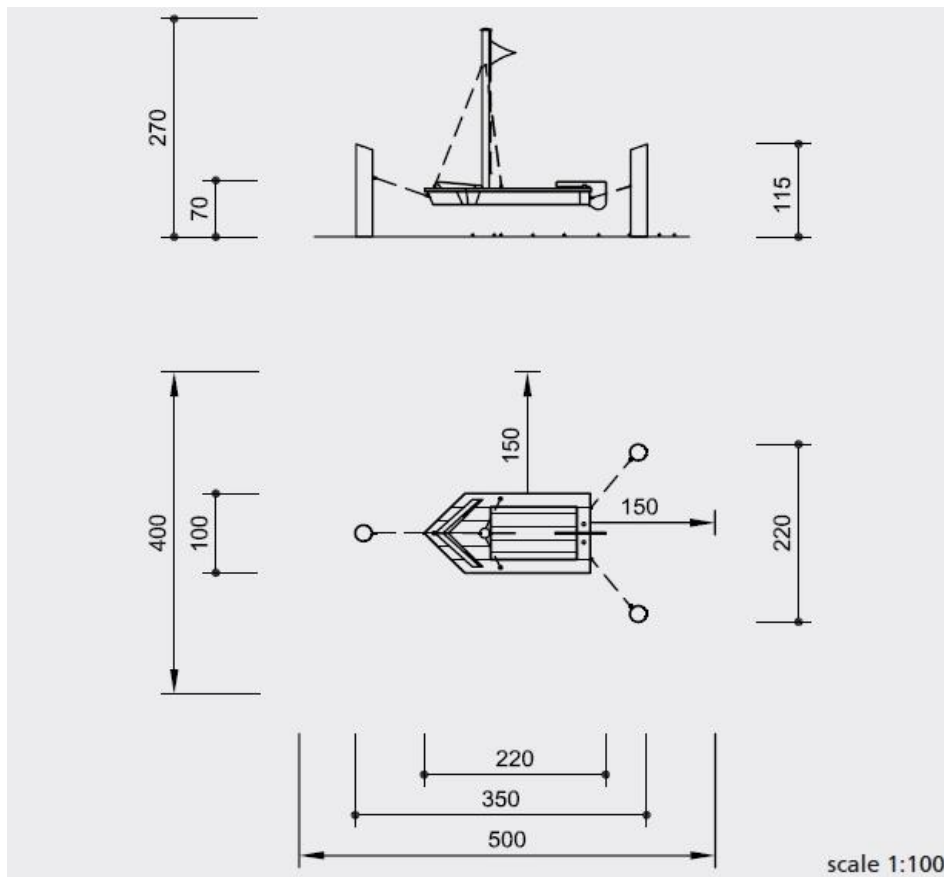
4.4 Další možné varianty a doplňková řešení

Hračky a objekty z obou variant návrhu mohou být dle technických možností a volného prostoru kombinovány dle ekonomické a estetické vhodnosti a přání investora. V případě cílení návrhu pouze na určitou věkovou skupinu lze použít pouze prvky o určité velikosti, případně jejich velikost upravit.

Návrh pracuje pouze s tokem, spojujícím obě nádrže biotopu Radotín a s bezprostředně přilehlým prostorem. Poměrně rozlehlý areál přírodního koupaliště však nabízí mnoho míst, jež by mohly být oživeny herními prvky. Na některých místech se již herní prvky, jako například skluzavka, nacházejí. Ty mohou být doplněny například dalšími typickými prvky z dětských hřišť (houpačka, kolotoč). Ta mohou být umístěny jak na solárium, tak přímo do vody, která znásobí a ozvláštní jejich používání.



Obrázek 4.4.1: Pohled na koupací nádrž biotopu. V současné době se zde již několik zábavných prvků (skluzavka, rozstřikovač) nachází. Po pravé straně možno vidět vyústění spojujícího koryta.



Obrázek 4.4.2: Schéma loďky od firmy Richter Spielgeräte, zajímavé hračky pro vodní parky [1]

Kromě „tradičních“ herních prvků je nádrž vhodná i pro umístění prvků vodních, které se pro své rozměry nebo požadavek na větší hloubku vody do spojovacího koryta nehodí. Příkladem může být na schématickém obrázku vyobrazená loďka z katalogu firmy Richter Spielgeräte GmbH, uchycená nataženými řetězy na pevných podporách. Prvek je vhodný pro děti předškolního a školního věku, učí je koordinaci a spolupráci, podporuje fantazii a cvičí děti v rovnováze. Dalšími z možných řešení je použití rozstřikovačů, vodních pistolí či plovoucích chodníků.



Obrázek 4.4.3: Plovoucí chodníček, další z potenciálních kandidátů pro umístění na přírodní koupaliště [1]

5 Závěry

Hlavní cíle práce (zhodnocení a popis existujících vodních hřišť, výběr a konkrétní hydraulických a architektonický návrh prvků pro vybranou lokalitu s důrazem na funkčnost a popularizování vodního hospodářství zábavnou a interaktivní formou) byl splněn. Součástí bakalářské práce jsou podrobně zpracované hydraulické a architektonické návrhy vodních prvků ve dvou variantách. Prvky fungují samostatně i jako celek a tvoří tak atraktivní vodní hřiště s významným zábavním i edukativním potenciálem pro širokou veřejnost všech věkových kategorií, které se na biotopu Radotín střídají.

6 Seznam použitých zdrojů

6.1 Literatura

1. Richter Spielgeräte GmbH, katalog výrobce herních prvků [online], 2015, [vid. 1.3. 2020]. Dostupné z: <https://www.richter-spielgeraete.de>
2. Stavba přístavišť na Labi je ve skluzu. Někde je lidé nechtějí [online], iDnes, 2015, [vid. 2. 3. 2020]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/praha/zpravy/buovani-pristavist-na-labi.A151031_2202260_praha-zpravy_nub
3. Fronty jako na Vánoce. Česko zachvátila nákupní panika, z regálů mizí trvanlivé potraviny. [online], echo24 [vid. 27. 2. 2020]. Dostupné z: <https://echo24.cz/a/SyywX/fronty-jako-na-vanoce-cesko-zachvatila-nakupni-panika-z-regalu-mizi-trvanlive-potraviny>
4. Ministerstvo zdravotnictví ČR, dopis ředitelům KHS a ZÚ [online], [vid. 17. 3. 2020]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/Doporuceni_MZ_pro_provedeni_odberu_vzorku_pitne_vody_v_dobe_nouzoveho_stavu.pdf
5. Deming, David et al. The Aqueducts and Water Supply of Ancient Rome. Groundwater 58. 10.1111/gwat.12958
6. Vodní svět [online], AVČ Gutovka, 2019, [vid. 19. 2. 2020], Dostupné z: <https://www.gutovka.cz/letni-cenik/vodni-svet/>
7. Vodní svět [online], AVČ Gutovka, 2019, [vid. 19. 2. 2020]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130817072258/http://www.gutovka.cz/Pro-deti/Vodni-svet.aspx>
8. EXNER, Oskar. Nový park Maxe van der Stoela v Praze 6 [online], praha.eu, 2014, [vid. 11. 3. 2020]. Dostupné z: http://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/zivot_v_praze/zivotni_prostredi/velky_park_slouzi_nejen_detem.html
9. iQLANDIA [online], [vid. 21. 3. 2020]. Dostupné z: <https://iqlandia.cz/o-nas/historie>
10. Reference - fontána Staroměstské nám., Mladá Boleslav [online], KTS - AME s.r.o., 2019, [vid. 21.3.2020]. Dostupné z: <http://www.kts-ame.cz/reference/fontany-kasny-a-jezirka/fontanyreference-staromestske-namesti-mlada-boleslav>

11. O Hydropolis, centrum wiedzy o wodzie [online], Hydropolis Wrocław, 2019, [vid. 10. 3. 2020]. Dostupné z: <https://hydropolis.pl/o-hydropolis/>

12. Punkt Informacji Kulturalnej Wrocław [online], pik Wrocław, 2008, [vid 10. 3. 2020]. Dostupné z: <https://pik.wroclaw.pl/miejsca/hydropolis/>

13. V Radotíně byl slavnostně otevřen krytý bazén [online], Informační server Městské části Praha 16, [vid. 29. 2. 2020]. Dostupné z: <https://www.mcpraha16.cz/V-Radotine-byl-slavnostne-otevren-kryty-bazen.html>

14. Biotop Radotín [online], [vid. 11. 2. 2020], Dostupné z: <http://biotopradotin.cz/biotop/>

15. Mapy.cz [online], 2020. Seznam.cz [vid. 22. 3. 2020]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.1403115&y=49.7466582&z=7&source=base&id=2028468> a <https://mapy.cz/zakladni?x=14.3594990&y=49.9792652&z=18&base=ophoto&source=base&id=2028468>

16. Výběr potřebných tabulek a grafů, [online], 2015. Katedra hydrauliky a hydrologie FSv ČVUT [vid. 1.5.2020], Dostupné z: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/cviceni/tabulky_1.pdf

6.2 Seznam obrázků

Obrázek 3.2.1: Vodní svět v Gutovce ze vzduchu [6]

Obrázek 3.2.2: Vodním parku Gutovka: vodní mlýnek

Obrázek 3.2.3: Vodním parku Gutovka: popisková tabule

Obrázek 3.2.4: Vodním parku Gutovka: rotační dopravník

Obrázek 3.2.5: Vodním parku Gutovka: čerpací kolo

Obrázek 3.2.6: Pohled na část parku Maxe van der Stoela

Obrázek 3.2.7: Stavidla na zajímavě řešeném úseku potoka, park Maxe van der Stoela

Obrázek 3.2.8: Hydropolis Wrocław, model odkanalizování města Vratislav [12]

Obrázek 3.2.9: Vodní příkop, Itálie [foto: Králík]

Obrázek 3.2.10: Vodní hřiště ve Vancouveru [foto: Králík]

Obrázek 3.2.11: Park Mirakulum, Milovice [foto: Králík]

Obrázek 4.1.1: Satelitní snímek přírodního koupaliště Radotín [15]

Obrázek 4.1.2: Mapa Česka s vyznačením přírodního koupaliště Radotín [15]

Obrázek 4.1.3: Spojovací koryto mezi nádržemi koupaliště Radotín

Obrázek 4.1.4: Horní nádrž koupaliště Radotín

Obrázek 4.2.1: Výřez ze situace variantního řešení 1

Obrázek 4.2.2: Vzorový příčný řez hlavním korytem varianty 1

Obrázek 4.2.3: Pohled „zezadu“ na soustavu šroubů a odpadních koryt (objekt I)

Obrázek 4.2.4: Pohled proti proudu: spirála a Archimedův šroub (objekt II)

Obrázek 4.2.5: Boční pohled na soustavu prvků objektu III

Obrázek 4.2.6: Rotační dopravník, pohled proti proudu (objekt IV)

Obrázek 4.2.7: Řez rozvětveným korytem s pohledem na jeden z mlýnků (objekt 10)

Obrázek 4.3.1: Detail trojcestného kulového ventilu v pohledu (objekt I)

Obrázek 4.3.2: Půdorys jezu a plavební komory (objekt III)

Obrázek 4.3.3: Pohled na jez a plavební komoru proti proudu (objekt III)

Obrázek 4.3.4: Půdorys přístaviště (objekt IV)

Obrázek 4.3.5: Řez rotačním dopravníkem (objekt V)

Obrázek 4.3.6: Půdorys soustavy prvků objektu V

Obrázek 4.4.1: Pohled na koupací nádrž biotopu a její zábavné prvky

Obrázek 4.4.2: Schéma loďky od firmy Richter Spielgeräte [1]

Obrázek 4.4.3: Plovoucí chodníček, další z potenciálních kandidátů pro umístění na přírodní koupaliště [1]

6.3 Seznam grafů

Graf 1: Konsumpční křivka koryta, varianta 2

Graf 2: Konsumpční křivka jezu při úplném zavření všech stavidel

6.4 Seznam tabulek

Tabulka 1: Manningův drsnostní součinitel pro otevřená koryta [16]

Tabulka 2: Závislost průtoku na hloubce vody v korytě v hlavním kanálu, varianta 1

Tabulka 3: Závislost průtoku na hloubce vody v korytě ve vedlejším kanálu, varianta 1

Tabulka 4: Závislost průtoku na hloubce vody v korytě v korytě, varianta 2

7 Přílohy

Seznam výkresů:

- 1.1 Varianta 1, situace
- 1.2 Varianta 1, objekt I, půdorys
- 1.3 Varianta 1, objekt I, řez
- 1.4 Varianta 1, objekt I, pohled
- 1.5 Varianta 1, objekt II, půdorys
- 1.6 Varianta 1, objekt II, řez
- 1.7 Varianta 1, objekt III, půdorys
- 1.8 Varianta 1, objekt III, řez
- 1.9 Varianta 1, objekt III, pohled
- 1.10 Varianta 1, objekt IV, půdorys
- 1.11 Varianta 1, objekt IV, řez
- 1.12 Varianta 1, objekt IV, pohled
- 1.13 Varianta 1, objekty vedlejšího koryta 1-4
- 1.14 Varianta 1, objekty vedlejšího koryta 5, 6 & lávka
- 1.15 Varianta 1, objekt vedlejšího koryta 8
- 1.16 Varianta 1, objekty vedlejšího koryta 9, 10
- 1.17 Varianta 1, vzorový příčný řez koryty
- 1.18 Varianta 1, podélný profil hlavního koryta
- 1.19 Varianta 1, podélný profil vedlejšího koryta

- 2.1 Varianta 2, situace
- 2.2 Varianta 2, objekt I, půdorys
- 2.3 Varianta 2, objekt I, pohled
- 2.4 Varianta 2, objekt II půdorys
- 2.5 Varianta 2, objekt II, řez
- 2.6 Varianta 2, objekt II, pohled
- 2.7 Varianta 2, objekt III, půdorys
- 2.8 Varianta 2, objekt III, řezy
- 2.9 Varianta 2, objekt IV
- 2.10 Varianta 2, objekt V, půdorys
- 2.11 Varianta 2, objekt V, řez 1
- 2.12 Varianta 2, objekt V, řez 2
- 2.13 Varianta 2, objekt V, řez 3
- 2.14 Varianta 2, vzorový příčný řez korytem
- 2.15 Varianta 2, podélný profil koryta