

Český svaz kanoistů

Vodácký sportovního park Kadaň

Závěrečná práce

2022

Autor: Ing. PETR HOŘENÍ

Závěrečná práce - trenérská škola, licence B

Abstrakt:

Tato práce se zabývá plánováním a realizací nového Vodáckého sportovního parku v městě Kadaň. V teoretické části je pozornost věnována umělým slalomovým drahám, zmíněna je teorie, design a materiály použité k jejich výstavbě. Práce dále popisuje autorovu roli v projektu, zejména s ohledem na shánění financí a pohled investora na celý projekt. Jedním z hlavních milníků v práci je také vytvoření a demonstrace hydraulického fyzikálního modelu.

Klíčová slova: slalomová dráha, modelování vodních toků, simulace fyzikálních procesů, zdroje financování, Vodácký park Kadaň.

1 OBSAH

2 ÚVOD

3. CÍLE PRÁCE

4 TEORETICKÁ ČÁST

4.1 Základní popis USD

4.2 Klasifikace obtížnosti divoké vody

4.3 Shrnutí parametrů slalomové dráhy dle ICF

4.4 Funkce umělých slalomových drah

4.5 Konstrukce USD

4.6 Rozdíl mezi USD a přírodní tratí

4.7 Modelování Proudění

4.8 Matematické modelování

4.9 Simulace Proudění Tekutin (CFD)

4.10 Fyzikální Modelování

4.11 Interpretace Výsledků Fyzikálního Modelování

4.12 Hydraulický návrh USD (umělé sportovní dráhy) klíčové body

5 PROJEKT USD KADAŇ

5.1.1 Lokalita

5.1.2 Současný stav

5.1.3 Zaměření areálu

5.1.4 Plán rekonstrukce

5.1.5 Projektová dokumentace

5.2 Dotační výzva Národní sportovní agentury

5.2.1 Žadatelé a podmínky dotace

5.2.2 Současný stav sportovního zařízení ve městě Kadaň

5.2.3 Věcný popis akce

5.2.4 Klíčové přínosy výstavby nového areálu

6 PRAKTICKÁ ČÁST

6.1 Matematický model

6.2 Příprava fyzikálního modelu

6.3 Prezentace fyzikálního modelu

6.4 Porovnání výsledků matematického a fyzikálního modelu, další využití

7 ZÁVĚR

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

2 ÚVOD

Tato závěrečná práce se věnuje konstrukcím umělých slalomových drah (USD). Tyto dráhy představují specifickou oblast vodního hospodářství a v poslední době zažívají globální renesanci jak v oblasti návrhu, tak rekonstrukce. Přestože jsou primárně navrženy pro vodní slalom, mohou sloužit i pro další aktivity v divoké vodě. V práci se zaměřujeme na existující konstrukce a různé metody jejich realizace.

Klíčovým aspektem umělých slalomových drah je využití fyzikálních hydraulických modelů pro jejich návrh. V rámci této práce jsme se podívali na moderní technologie, které by mohly vylepšit práci s těmito modely a dosáhnout lepších výsledků. Předkládaná práce je spojena s reálným projektem USD a jeho přípravou.

Dalším důležitým aspektem je proces získání dotací, které jsou pro realizaci takových projektů klíčové. Vzhledem k tomu, že se jedná o méně běžný typ konstrukce, může být získání dotace náročnější. Projekt je navíc spojen s rekonstrukcí přilehlého jezu v roce 2024, což přináší další výzvy vzhledem k zapojení různých stran, jako jsou vlastníci pozemků, investoři a provozovatelé.

Celkově je tento projekt komplexní a tato práce se snaží přiblížit jeho různé aspekty a výzvy.

3. CÍLE PRÁCE

Prvním hlavním cílem této práce je provést rešerši a poskytnout ucelený přehled o umělých slalomových drahách. Má za úkol poskytnout základní informace o jejich konstrukci a fungování, které by mohly sloužit jako vodítko pro budoucí projekty, ať už rekonstrukce či nové výstavby. Také se snaží zdůraznit klíčové výhody a nevýhody různých používaných materiálů, lokalit a funkcí.

Druhým cílem je zaměřit se na konkrétní projekt Vodáckého sportovního parku v Kadani, který je navrhován v kontextu rekonstrukce lokálního jezu. Klíčovým úkolem v této části je shromáždit a eventuálně získat veškerou potřebnou dokumentaci pro získání nezbytné dotace pro realizaci projektu.

Třetí a závěrečný cíl se týká fyzikálního modelování slalomové dráhy. Zde je kladen důraz na prezentaci moderních technologických přístupů k modelování. Úkolem je popsat proces tvorby modelu, jeho praktické využití a zhodnotit výhody a nevýhody použitých technologií při jeho sestavování.

4 TEORETICKÁ ČÁST

4.1 Základní popis USD

Umělé slalomové dráhy (USD) představují významnou infrastrukturu pro sport divoké vody. Jsou vytvořeny s cílem napodobit hydraulické jevy přírodních koryt a poskytnout sportovcům, vodákům a záchranným týmům optimální podmínky pro trénink, soutěže a výcvik. Jednotlivé dráhy se liší jak materiálem, tak způsobem nakládání s vodou a svým určením. Od náročných olympijských a závodních tratí, přes tratě nižších úrovní, až po tréninkové tratě pro začátečníky. Tyto USD mají klíčový význam nejen pro rozvoj a prezentaci sportu, ale také pro zvyšování povědomí o sportu, což vede k vyšší úrovni a kvalitě sportovních výkonů. Kromě toho zpřístupňují divokou vodu i ostatním obyvatelům a novým zájemcům, což může mít pozitivní dopad na turistický ruch a ekonomiku regionu. Taková rozmanitost a specializace tratí umožňuje vyhovět různým potřebám a zájmům uživatelů, od profesionálních sportovců po rekreační vodáky.

Dělení USD lze uvažovat z mnoha směrů

Dle materiálu konstrukce

- Přírodě blízké – upravená říční koryta
- Přírodu napodobující – nově vystavěné koryto s přírodu napodobujícími překážkami a břehy
- Umělá koryta - umělá nově vystavěná koryta s betonovými břehy a umělými překážkami

Dle nakládání s vodou

- Gravitační – využívající přirozený spád řeky mezi prostorem nad a pod jezem, nebo využívající jen spád říčního koryta.



Obrázek: konstrukce USD v prostoru staré vorové propusti na toku (USD Roudnice nad Labem dostupné na

[https://www.ckait.cz/content/vodni-elektrarna-roudnice-nad-labem-vedomice\)](https://www.ckait.cz/content/vodni-elektrarna-roudnice-nad-labem-vedomice)

- Přečerpávací – využívající systému čerpadel, které recirkulují vodu mezi horní a spodní nádrží, mezi nimiž je vedena dráha. Částečně přečerpávací – většinou jde o konstrukce gravitačního řešení, které mají možnost nadlepšení průtoku pomocí čerpání vody ze spodní nádrže. Vzorovým příkladem tohoto řešení je dráha v La Seu d'Urgell.



Obrázek: konstrukce USD mimo tok se systémem čerpadel (Deodoro Olympic whitewater stadium dostupné na

[http://rededoesporte.gov.br/en/news/check-out-some-of-the-main-rio-2016-competition-venues-in-detail\)](http://rededoesporte.gov.br/en/news/check-out-some-of-the-main-rio-2016-competition-venues-in-detail)

Další dělení

- **Závodní** – kanály pro pořádání závodů nadnárodních úrovní. Tyto kanály jsou vybaveny většinou zázemím s ubytováním pro závodníky, dobrým připojením k elektrické síti a dalšími konstrukcemi jako jsou tribuny, lodní výtahy, a podobně. Některé (především olympijské) musí splňovat parametry mezinárodní kanoistické asociace. Například slalomová dráha v Praze Troji.
- **Tratě nižších úrovní** – u těchto tratí je většinou obtížnost o něco jednodušší než u závodních tratí a jejich spád a délka nemusí mít velké parametry. Vybavení je většinou nižší než u závodních tratí. Většinou jsou bez ubytovacího a hostinského zázemí a bez tribun. Častým vybavením těchto tratí je připravené připojení na elektrickou síť a systém zavěšení bran. Například slalomová dráha v Brandýse nad Labem.
- **Tréninkové tratě pro mládež a začátečníky** – většinou se jedná o tratě přírodní na říčním toku. Brány jsou často zavěšeny na okolních stromech a zázemí je velmi základní. Většina těchto tratí je závislá na průtoku v říčních korytech a nejsou v provozu celoročně. Například slalomová dráha Vír na řece Svratka.

Tratě slalomových drah lze dělit podle mnoha dalších faktorů.

4.2 Klasifikace obtížnosti divoké vody

Pro lepší pochopení různých stupňů obtížnosti divoké vody je následující klasifikace:

- **ZW** (Stojatá klidná voda): Klidné jezero nebo řeka bez proudů. Ideální pro začátečníky a rodiny.
- **WW I**: Malé rychlé proudy s jednoduchými vlnami. Bez vážných překážek. Ideální pro začátečníky.

- **WW II:** Mírně divoké vody s pravidelnými vlnami, malými vodopády a několika překážkami, které lze snadno obeplout. Vhodné pro začátečníky s nějakými zkušenostmi.
- **WW III:** Větší vlny a překážky, možná malé rychlé proudy a krátké pasáže s vyšší obtížností. Vyžaduje zkušeného kormidelníka.
- **WW IV:** Velmi divoká a výzvou bohatá voda s dlouhými, složitými prahy a vodopády. Pro pokročilé vodáky s mnoha zkušenostmi.
- **WW V:** Extrémně obtížné a nebezpečné sekce s velkými vodopády, vysokými vlnami a mnoha překážkami. Pouze pro elitní vodáky s vysokou úrovní zkušeností.
- **WW X:** Technicky nesjízdné nebo extrémně nebezpečné sekce, obvykle včetně vysokých vodopádů a komplikovaných pasáží. Sjíždění těchto úseků je považováno za extrémní sport a je vyhrazeno pro elitu s předchozími zkušenostmi na konkrétním úseku.

Faktory ovlivňující obtížnost

Jak bylo zmíněno, hodnocení obtížnosti není pevně stanoveno pouze podle hydraulických prvků, ale závisí na mnoha dalších faktorech, mezi které patří:

Průtok vody: Stejná sekce může být snazší nebo těžší v závislosti na množství vody v řece.

Velikost a charakter toku: Malé potoky mohou mít rychlé a neočekávané změny, zatímco velké řeky mohou mít dlouhé a složité pasáže.

Viditelnost: Některé řeky umožňují vodákům vidět překážky daleko dopředu, zatímco jiné mohou skrývat překážky až do poslední chvíle.

Dostupnost: Vzdálenost od civilizace a dostupnost záchranných služeb mohou zvyšovat obtížnost řeky, protože riskujete více v případě nehody.

Je důležité si uvědomit, že obtížnost je subjektivní a co je pro jednoho vodáka snadné, může být pro druhého obtížné. Proto je důležité znát své schopnosti a hranice a přistupovat k řekám s respektem a opatrností.

4.3 Shrnutí parametrů slalomové dráhy dle ICF

Mezinárodní kanoistická federace (ICF) je hlavní řídicí orgán pro kanoistický slalom a stanovuje několik kritérií a specifikací pro konstrukci a použití slalomových tratí. Dle těchto pokynů:

Hlavní tratě:

Obtížnost: Dráha by měla mít obtížnost WW III s některými peřejemi o obtížnosti WW IV.

Délka:

- Celková délka: 200-400 metrů
- Cílová rovina: Minimálně 50 metrů

Spád: Ne více než 2% na 100 metrů.

Vodní skoky: Maximálně 2 výrazné vodní skoky a ne vyšší než 0,8 metru.

Šířka: 10 metrů

Hloubka:

- Obecná hloubka: 1,5 metru
- Minimální hloubka v peřejích: 0,6 metru
- Hloubka v "vracácích": Minimálně 1 metr

Průtok: 8–16 m³/s

Rychlost vody:

- V peřejích: Bez omezení
- Ve vracácích: Ne více než 1,5 m/s
- Materiál: Betonové koryto s plastovými překážkami ukotvenými do dna.

Vodní zdroj: Upřednostňuje se recirkulační čerpaná USD.

Tréninková dráha pro olympijské závody:

Obtížnost: WW II

Délka: Minimálně 100 metrů

Tyto parametry jsou zásadní pro konstrukci a provoz trati, aby byly zajištěny rovnoměrné podmínky pro všechny závodníky a aby byla zajištěna bezpečnost všech účastníků. Navíc konstrukce tratě by měla také zohlednit ochranu a zachování životního prostředí v oblasti konání závodu.

4.4 Funkce umělých slalomových drah

Umělé slalomové dráhy představují multifunkční technickou konstrukci, která má mnoho významných aplikací v různých oblastech:

Technický a výzkumný význam:

- Studium proudění: Umožňují detailní pozorování a analýzu charakteristik proudění vody.
- Kalibrace modelů: Poskytují platformu pro ověřování a kalibraci hydrodynamických modelovacích programů.
- Rozvoj hydraulického designu: S rozmanitostí tvarů a velikostí překážek a prvků lze na nich navrhovat inovativní konstrukční řešení pro jiné hydraulické konstrukce jako přepady, spadiště, podjezdy atd.

Sportovní a rekreační význam:

- Nácvik a soutěže: Slouží jako hlavní tréninkové a soutěžní místo pro kanoistický slalom.
- Aktivita na divoké vodě: Jsou ideální pro rafting, padelboarding, riverboarding a další sporty na divoké vodě.
- Nácvik záchrany: Poskytují realistické podmínky pro nácvik záchranných technik na divoké vodě pro hasiče, vodní záchranáře a širokou veřejnost.

Urbanistický a environmentální význam:

- Integrace do městského prostředí: Mohou být součástí parkových komplexů, přispívající k estetice a rekreační hodnotě oblasti.
- Klimatizace: Vodní plochy mohou působit jako klimatizační faktory v letních měsících.
- Modrozelená infrastruktura: Významným prvkem městské zeleně, který může pomoci v boji proti klimatickým změnám a intenzivním deštům.

Vodohospodářský význam:

- Bezpečnostní přelivy a jiné funkce: Když je dráha umístěna na říčním toku, může sloužit k rozšíření bezpečnostního přelivu, převádění ledů, šterkovým propustem nebo jako rybí přechod.
- Spojení s přečerpávací elektrárnou: V případě dostatečně velké horní a spodní nádrže lze slalomovou dráhu propojit s přečerpávací vodní elektrárnou.
- Umělé slalomové dráhy tak nabízejí širokou škálu využití, která sahá od technického výzkumu až po sportovní, rekreační, ekologické a urbanistické aplikace.

4.5 Konstrukce USD

Konstrukce univerzálních slalomových drah (USD) jsou skutečně komplexní a různorodé. Přestože neexistuje standardní metodika pro jejich konstrukci, existuje mnoho kreativních přístupů, jak tyto dráhy navrhnout a postavit tak, aby vyhovovaly potřebám sportovců, diváků a lokálního ekosystému.

Zde je stručné shrnutí hlavních bodů:

Typy koryt: Obdélníkové betonové koryto je běžně používaný typ, ale existují i lichoběžníková koryta nebo přírodě blízká koryta. Rovné dno umožňuje snazší připevnění překážek.

Překážky: Nejčastěji se používají plastové stavebnicové boxy, ale existují i různé další materiály, včetně betonu, kamene, dřeva, plastu a kovu. Některé starší dráhy používají nekonvenční materiály jako pneumatiky vyplněné betonem.

Vzdouvací prvky: Dráhy obvykle obsahují stavitelné vzdouvací prvky, jako jsou klapky, hydrostatické jezové tělesa nebo stavidla. Tyto prvky umožňují regulaci průtoku vody.

Přírodně blížká řešení: Některé dráhy napodobují přirozené říční koryto svým designem a využíváním přírodních materiálů, což může zvýšit biodiverzitu a přispět k místnímu ekosystému.

Recirkulující systémy: Čerpací systémy, které recirkulují vodu mezi horní a spodní nádrží, se stávají populárnějšími, protože nejsou závislé na přítomnosti přirozeného vodního toku.

Speciální prvky: Některé dráhy obsahují unikátní prvky, jako jsou vlny pro říční surfing, stavitelné překážky pomocí hydraulických ramen nebo dokonce umělé vodopády.



Obrázek: Překážky z dřevěných vrat na USD Trnávka. (dostupné z <https://www.turistika.cz/mista/umely-slalomovy-kanal-na-trnavce/detail>)

4.6 Rozdíl mezi USD a přírodní tratí

Design a konstrukce slalomových drah jsou multidisciplinární oblastí, která vyžaduje pečlivé plánování a inovace. Pro ty, kteří se podílejí na návrhu a výstavbě těchto drah, je důležité znát nejen základní principy hydrotechniky, ale také pochopení pro sport, ekologii a komunitní potřeby.

Vysvětlení níže se zaměřuje na hydrodynamické aspekty proudění vody v obou typech koryt a jejich dopad na sportovce v rámci vodního slalomu.

Přírodní tratě:

Nebyly upraveny lidskou činností.

Charakter toku je přirozený, což vede k větší vzdálenosti mezi prudšími částmi dráhy.

Spád a převýšení jsou výsledkem přirozené geologie.

Proudění vody je komplexní a ovlivněno různými faktory, včetně hloubky, tvaru koryta a drsnosti.

Sportovci se mohou setkat s výzvami, jako je zavadění lodí o mělké části nebo složitější proudění.

Umělé slalomové dráhy (USD):

Jsou záměrně navrženy a vytvořeny pro sportovní účely.

Obvykle se vyznačují obdélníkovými koryty s velkými překážkami a optimalizací energie spádu.

Proudění je ovlivněno překážkami a je navrženo tak, aby maximalizovalo výzvy pro sportovce.

Rozdíly v rychlosti proudění mezi středem a okraji koryta jsou méně výrazné kvůli konzistentní hloubce a nízké drsnosti.

Tyto dráhy mohou být pro některé sportovce předvídatelnější a snazší k tréninku, zatímco pro jiné mohou být náročnější vzhledem k technickým výzvám.

Zajímavý je, že někteří sportovci jsou úspěšnější na přírodních tratích, zatímco jiní excelují na USD. Toto může souviset s předchozími

zkušenostmi, tréninkovým prostředím a schopností adaptace na různé podmínky proudění.

Při návrhu a analýze říčních koryt, ať už pro sportovní, inženýrské nebo ekologické účely, je důležité mít hluboké pochopení hydrodynamiky a toho, jak různé faktory ovlivňují chování vody.



Obrázek: Přírodní trať v rakouském městě Lofer (dostupné na <https://www.augsburger-allgemeine.de/augsburg/sport/Kanuslalom-Augsburger-Kanuten-muessen-auf-Slalom-Rennen-in-Lofer-verzichten-id59397886.html>)



Obrázek: Vzhled USD s výraznými umělými prvky. Kasai canoe slalom centre (dostupné z:

4.7 Modelování Proudění

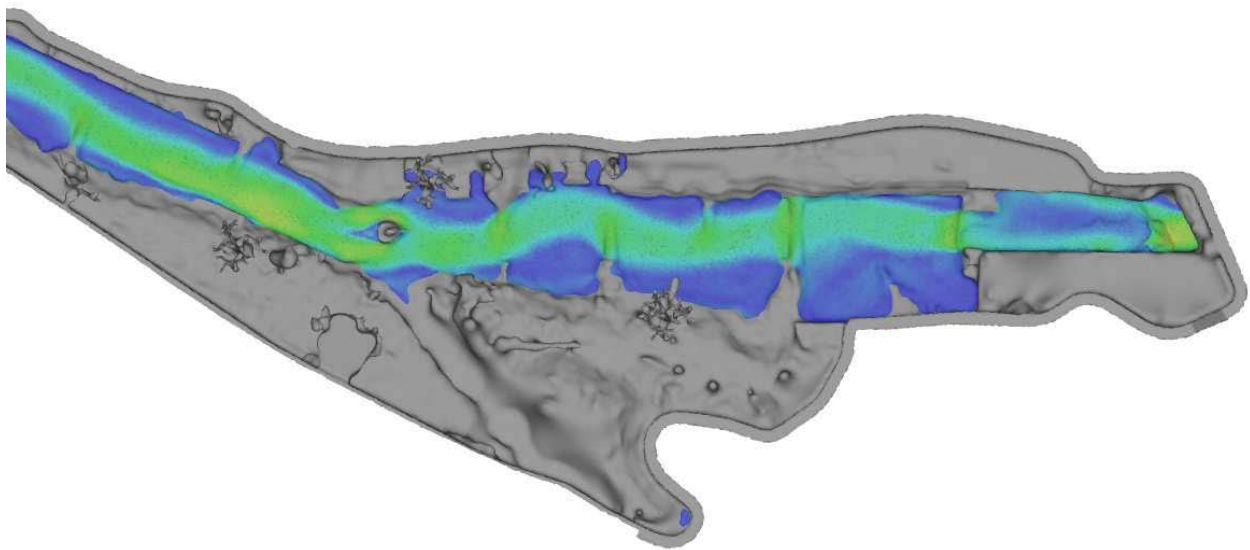
Model je reprezentativní nástroj (ať už digitální nebo fyzický), který nám umožňuje analyzovat a popsat chování vybraných procesů na zjednodušené nebo virtuální kopii skutečného objektu. V tomto kontextu označujeme skutečný objekt, který zkoumáme, jako prototyp. Modely hrají klíčovou roli při plánování rozsáhlých projektů, protože nám umožňují testovat a předvídat dopady na budoucí struktury. V oblasti vodních staveb se modely často využívají k prověření kapacity bezpečnostních přelivů velkých nádrží při povodních. Pro slalomové dráhy je modelování ideální k ověření hloubek a rychlostí vody v různých částech trati. Modely jsou v stavebnictví považovány za nesmírně užitečné, protože nabízejí možnost testovat návrhy před jejich skutečnou realizací, což vede k větší efektivitě, bezpečnosti a úsporám nákladů. V současné době je fyzikální modelování považováno za nejlepší postup při navrhování těchto tras. Fyzikální modely nejlépe reprezentují chování vodního toku, což je často složité nebo dokonce nerealizovatelné pouze na základě matematických výpočtů.

4.8 Matematické modelování

Matematické modely jsou způsobem, jakým popisujeme vztahy mezi komponentami a faktory zkoumaného systému. Tyto komponenty a faktory mohou být zjednodušeny v závislosti na potřebách konkrétního modelu. Matematické modely mohou být použity v mnoha různých odvětvích a mohou být kategorizovány podle své dimenzionality, což zahrnuje modely 1D, 2D a 3D. Modely 1D obvykle zanedbávají složky proudu ve dvou směrech a jsou nejvhodnější pro proudění v rovných korytech nebo trubkách. Modely 2D se nejčastěji používají, když jeden směr proudu má zanedbatelnou hodnotu v porovnání s ostatními, často se týká vertikálního proudu. Modely 3D poskytují plný obraz proudění ve všech směrech a jsou nejlepší pro složitější scénáře. Přesnost matematického modelu je ovlivněna kvalitou vstupních dat, metodou výpočtu a detailností sítě, která se používá k rozdělení modelu. Ačkoli matematické modely nabízejí rychlost a účinnost, mohou vyžadovat intenzivní výpočty a často je třeba ověřit je s reálnými daty nebo fyzickým modelem.

4.9 Simulace Proudění Tekutin (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) představuje metodu analýzy proudění tekutin v reálných podmínkách prostřednictvím matematických modelů. Software pro CFD modelování umožňuje simulaci a zkoušení proudění tekutin v různých virtuálních prototypích. Klíčovými parametry, na které je zde kladen důraz, jsou rychlost, tlak, teplota, hustota a viskozita tekutin. CFD modely mohou být aplikovány napříč různými odvětvími, od analýzy trubicích systémů a vzduchových ventilací až po návrhy vozidel a letadel. V oblasti umělých slalomových drah mají tyto modely zásadní význam při sledování různých proudnic, které jsou ovlivněny umístěním překážek. Program ANSYS Fluent je často používán k těmto analýzám. Jedná se o integrální část širší sady nástrojů od společnosti ANSYS, která nabízí simulaci proudění tekutin v detailně modelovaném 3D prostoru.



Obrázek: Grafický výstup rychlostí CFD modelu (dostupné z <https://optiflow.cz/wp-content/uploads/2020/11/CFD-Kadan-Water-e1604419959867.png>)

4.10 Fyzikální Modelování

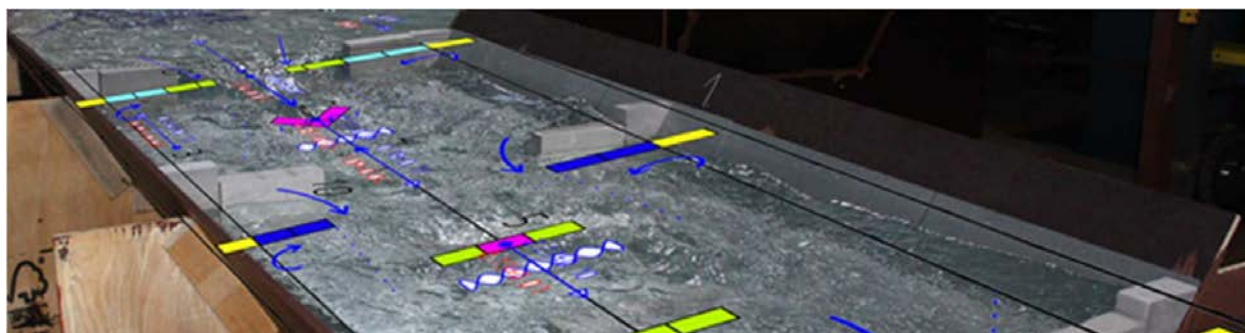
Oproti matematickým modelům jsou fyzikální modely hmatatelné zmenšeniny plánovaných staveb. Tyto modely nám umožňují vizualizovat a studovat chování konkrétního zařízení v různých simulovaných podmínkách. Mnozí preferují fyzikální modely díky možnosti skutečného měření různých parametrů. Hlavním přínosem fyzikálního modelování je jeho adaptabilita: snadnější úprava modelu a možnost rychlé změny průtoků. Oproti matematickým modelům, kde by každá změna vyžadovala kompletní přepočítání, nabízí fyzikální modelování okamžité výsledky. Omezení fyzikálních modelů spočívají v jejich velikosti a potřebě více personálu během měření a výstavby. V praxi se fyzikální modelování spoléhá na Froudovo číslo, které se zaměřuje na gravitační vlivy na proudění tekutin. Je důležité si uvědomit, že fyzikální modelování poskytuje pouze přibližný obraz skutečnosti. Modely mohou být zkreslené a přinášet určité nepřesnosti, například v důsledku tření. Interpretace výsledků by měla být prováděna s patřičnou opatrností.



Obrázek: fyzikální model v laboratoři v průběhu návrhu (dostupné z: <https://www.horydoly.cz/vodaci/model-slalomoveho-kanalu-pro-rio-by-l-postaven-v-praze.html>)

4.11 Interpretace Výsledků Fyzikálního Modelování

Při interpretaci výsledků fyzikálního modelování je důležité správně identifikovat a popsat různé jevy a prvky v modelované dráze. Různé symboly, např. šipky, tečkované čáry a barevné obdélníky, mohou znázorňovat různé proudění, překážky a další aspekty. Aby byla interpretace co nejpřesnější, je důležité popsat každou část dráhy v kontextu celkového modelu.



Obrázek: část fyzikálního modelu s naměřenými výstupy rychlostí a směrů proudění. (Pollert, Whitewater Centre Rio de Janeiro, Brasil, Final Report Physical modeling 2014)

4.12 Hydraulický návrh USD (umělé sportovní dráhy) klíčové body

Hydraulický návrh umělé sportovní dráhy (USD) je komplexní a vyžaduje multidisciplinární přístup. Návrh by měl brát v úvahu potřeby různých skupin uživatelů a musí splňovat bezpečnostní normy.

Uživatelé a jejich potřeby:

Vrcholoví sportovci: Potřeba pro pořádání mezinárodních závodů, výhodné sestavení vodních prvků, snadný pohyb po dráze, ubytování a stravovací zařízení.

Začátečníci a mládež: Nižší obtížnost dráhy, snadný přístup pro nástup a výstup z koryta, oddělení peřejí klidnějšími úseky.

Sportovci jiných vodních sportů: Specifické potřeby pro různé sportovní disciplíny, například širší místa v dráze pro rafting.

Diváci a veřejnost: Dostupnost, tribuny, gastronomické vybavení a doprovodné zábavní prvky.

Bezpečnost:

- **Zajištění bezpečnosti sportovců:** Zachování potřebných minimálních hloubek, správný tvar překážek.
- **Bezpečnost pro ostatní uživatele:** Zajištění bezpečnosti na březích dráhy, zábradlí a zpevněné plochy.

Fáze návrhu:

- **Předběžná fáze:** Sloučení požadavků a parametrů dráhy.
- **Určení základního umístění koryta:** Určení sklonu, šířky a profilu koryta dle průtoku a obtížnosti.
- **Modelování jednotlivých prvků dráhy:** Vytvoření fyzikálního modelu s překážkami, měření hloubek a rychlosti v korytě.
- **Matematický model:** Ilustrace a prezentace návrhu, kontrola rychlosti v nádrži a výtokových objektů.

Hydraulický návrh USD je klíčový pro zajištění optimální funkčnosti a bezpečnosti dráhy. Je třeba pečlivě zkoumat a modelovat všechny aspekty, aby byla dráha bezpečná a odpovídala potřebám různých skupin uživatelů.

5 PROJEKT USD KADAŇ

5.1.1 Lokalita

Oblast kolem města Kadaň má bohatou historii spojenou s řekou Ohře, která zde tvoří klíčový prvek krajiny. V minulosti byl mlýnský náhon součástí vodního systému, který napájel místní mlýn a podporoval hospodářský rozvoj regionu. Původní náhon a jez byly klíčovými strukturami pro regulaci průtoku a využití vodní energie.

Město Kadaň využívá svou polohu na břehu řeky Ohře k podpoře sportovních a rekreačních aktivit. Stávající dráha pro vodní slalom přitahuje sportovce z různých částí země, což oživuje místní turistiku a podporuje místní ekonomiku. Rekonstrukce a modernizace dráhy by mohla přinést ještě větší počet návštěvníků a sportovců, což by znamenalo větší příjmy pro město a jeho obchodníky.

Oblast kolem řeky Ohře je také významná z ekologického a krajinářského hlediska. Je důležité, aby veškeré zásahy do této oblasti respektovaly místní ekosystém a přispívaly k jeho zachování a ochraně. V rámci projektu byly provedeny environmentální studie a konzultace s odborníky na ochranu přírody, aby bylo zajištěno, že rekonstrukce nezpůsobí žádné škody na místním prostředí.

Cíle a očekávání

Hlavním cílem projektu USD Kadaň je zrekonstruovat a modernizovat stávající slalomovou dráhu, aby se stala moderním sportovním areálem schopným splnit požadavky současných vodních slalomářů. Klíčovými očekáváními jsou:

- Zvýšení úrovně sportovního výkonu místních sportovců díky lepším tréninkovým podmínkám.
- Využití moderního sportoviště oddíly vodního slalomu nejen z blízkého okolí (Kláštec nad Ohří, Žatec, Karlovy Vary apod.)

- Zvýšení turistického zájmu o oblast díky modernímu sportovišti.
- Posílení místní komunity a ekonomiky díky akcím a závodům, které se budou konat na modernizované dráze.

Finanční plán

Celková odhadovaná cena rekonstrukce je 20 milionů korun. Město Kadaň vyjádřilo podporu ve formě finančního příspěvku a aktuálně probíhá získávání dotace, která by pokryla až 70% investičních nákladů.

Rozpočet zahrnuje:

- Stavební práce a rekonstrukce
- Technická infrastruktura
- Hydraulické prvky
- Systém pro zavěšení slalomových bran
- Ochranné vedení kabelů
- Projekční a inženýrské práce

Fáze projektu

Projekt bude probíhat ve více fázích:

- **Přípravná fáze** - vypracování projektové dokumentace, získání všech potřebných povolení a ujasnění dotačních podmínek.
- **Realizační fáze** - samotná stavební a rekonstrukční práce.
- **Závěrečná fáze** - dokončení všech prací, testování a oficiální otevření slalomové dráhy.

Spolupráce s partnery

Projekt se realizuje v těsné spolupráci s městem Kadaň, státním podnikem povodí Ohře a sportovním oddílem TJ DNT Kadaň. Spolupráce těchto subjektů zajišťuje hladký průběh projektu a efektivní využití zdrojů.

5.1.2 Současný stav



Obrázek: Současný stav slalomové dráhy ve městě Kadaň (vlastní foto)

V Současné době je dráha využívána oddílem TJ DNT Kadaň. Ten je využívá pro výcvik a trénování svých členů v disciplínách vodního slalomu. Za přibližně 20 metrů dlouhým náhonem oddělujícím přitékající vodu od hlavního koryta řeky navazuje rozšíření do přirozeného lichoběžníkového koryta původně opevněného kamenným pohozením ve dně i na březích. Opevnění je místy porušeno vlivem povodňových průtoků v průběhu let. Toto koryto má v šířce kolem 10 metrů a jsou v něm konstruovány překážky z kamenných hrázek skládaných na sucho bez dalšího zpevnění. Dno je ponecháno původní skladbě, které také není nijak významně zpevněno. Podél koryta je na obou stranách stromořadí rostlých stromů s nepravidelnými rozestupy kolem 10 metrů. V poslední části prochází koryto pod mostem, po kterém vede silnice 224. Za mostem se koryto náhonu opět spojuje s původním řečištěm řeky Ohře. Zázemím slalomové dráhy je především loděnice oddílu umístěná v docházkové vzdálenosti nedaleko nad jezem proti proudu řeky Ohře. Druhým místem zázemí především pro tréninky a případně pořádání soutěží je ostrov mezi náhonem a jezem.

Ostrov je přístupný po mostu přes náhon v počáteční části dráhy. Most je dostatečný pro pojezd osobních vozů. Prostor ostrova a náhonu je ve vlastnictví státního podniku povodí Ohře a dlouhodobě jsou prostory pronajímány a spravovány zmíněným vodáckým oddílem, který se zde stará o běžnou údržbu zeleně a využívá jej pro pořádání akcí.

5.1.3 Zaměření areálu

Zaměření areálu bylo provedeno pomocí moderní technologie a kombinace fotogrammetrie s využitím pozemního fotoaparátu a dronu.

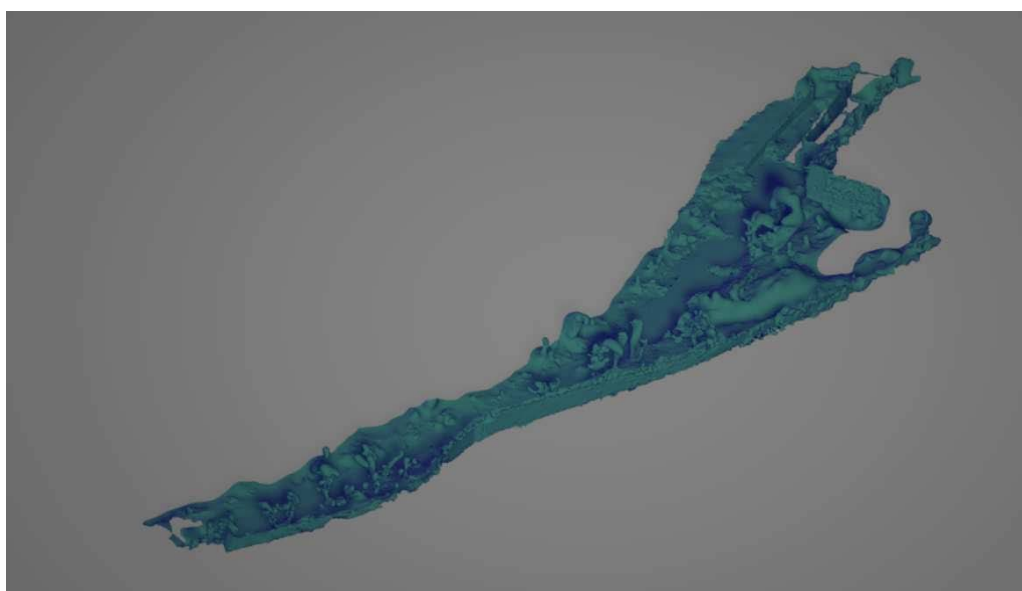
Fotogrammetrie je vědní obor, který umožňuje zpracování fotografií za účelem rekonstrukce tvarů a měření objektů. Hlavní výhody této metody zahrnují vysokou přesnost za vhodných podmínek, relativní nenákladnost v porovnání s jinými geodetickými metodami a schopnost snadno produkovat 3D modely s využitím moderní technologie. Nicméně metoda není bez svých omezení. Světelné podmínky, kvalita zařízení a geodetická přesnost mohou mít vliv na výslednou kvalitu a přesnost měření.

Pro zaměření konkrétního areálu byla použita kombinace dronových a pozemních snímků. Celkem bylo vytvořeno více než 800 vysokorozlišených fotografií s mírou překrytí mezi 70 až 80 %. Tyto snímky byly následně zpracovány v programu PIX4D, což je špičkový software v oboru fotogrammetrie. Výstupem zpracování bylo mračno bodů, které reprezentuje povrch areálu. Na základě tohoto mračna bodů byla vytvořena trojúhelníková síť reprezentující povrchovou geometrii.



Obrázek: Bodové mračno zaměření pomocí fotogrammetrie (z podkladů pro projekt Kadaň)

Vzhledem k omezením fotogrammetrie v oblastech, kde je přítomna vodní hladina, bylo nutné využít další software pro modelování dnů řeky nebo jiných vodních těles. V tomto případě byl využit Blender, což je profesionální software určený k modelování, animaci a vizualizaci ve 3D. Díky této kombinaci technologií bylo možné vytvořit podrobný a přesný model areálu.



Obrázek: výsledný virtuální 3D objekt zaměření připravený pro návrh (vlastní foto)

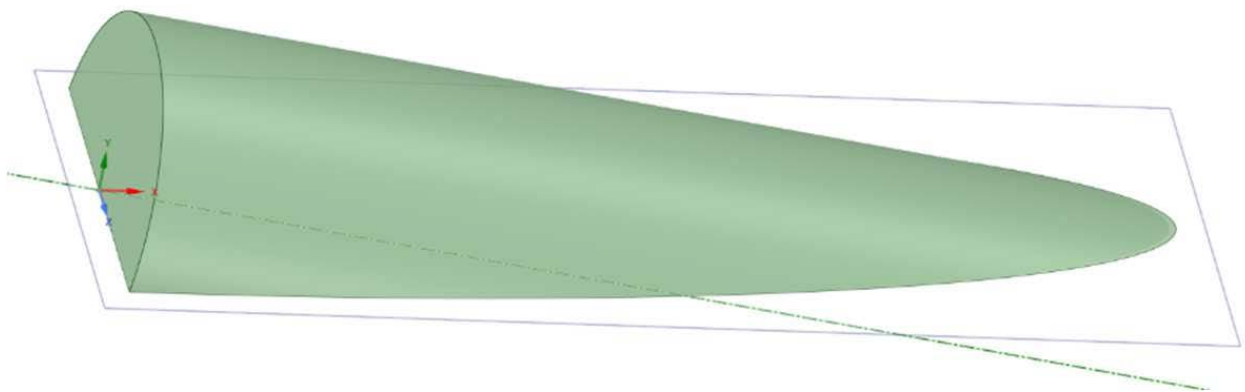
Zpráva o zaměření areálu potvrzuje možnosti moderní technologie a zdůrazňuje potřebu kombinace různých nástrojů a technik pro dosažení optimálních výsledků. (Pollert, Umělá slalomová dráha Kadaň 2020)

5.1.4 Plán rekonstrukce

V roce 2020 byla zahájena fáze plánování rekonstrukce umělé slalomové dráhy v Kadani. Tato fáze byla založena na předchozí studii proveditelnosti, která poskytla klíčové informace o terénu, hydrologických datech a stávající struktuře dráhy.

Zaměření areálu bylo dokončeno pomocí fotogrammetrie, což umožnilo přesné a detailní zpracování topografie a terénních charakteristik. Na základě těchto dat byly vypracovány návrhy pro inovace a zlepšení dráhy.

Jedním z klíčových inovativních prvků návrhu bylo zavedení dynamických překážek. Ty byly navrženy tak, aby efektivně usměrňovaly vodní proud do určitých oblastí, což umožňuje flexibilitu v tréninku a soutěžení za různých vodních podmínek. Specificky kónický tvar překážek byl zvolen pro optimalizaci vodního průtoku, přičemž menší průtoky jsou koncentrovány do jednoho průjezdu, zatímco vyšší průtoky využívají širší základnu překážky.



Obrázek: návrhový tvar překážek umožňujících provoz při rozdílných průtocích (Pollert, Umělá slalomová dráha Kadaň 2020)

Dalším významným inovativním prvkem bylo využití 3D tištěného betonu pro konstrukce opevnění břehů. Tato technologie nabízí mnoho výhod v porovnání s tradičními stavebními metodami, včetně rychlejšího času stavby, nižších nákladů a větší flexibility v designu. Tímto způsobem by bylo možné kombinovat funkce, jako jsou opevnění, schodiště a tribuny, do jednoho integrovaného prvku.

Celkově plán rekonstrukce umělé slalomové dráhy v Kadani představuje ambiciózní a inovativní přístup k vylepšení sportoviště, který může sloužit jako model pro budoucí projekty v oblasti vodního sportu. (Pollert, Umělá slalomová dráha Kadaň 2020)



Obrázek: vizualizační návrh břehů z 3D tištěného betonu (Pollert, Umělá slalomová dráha Kadaň 2020)

5.1.5 Projektová dokumentace

Projektová dokumentace pro stavební povolení je klíčovou součástí plánování a realizace výstavbového projektu.

Zvláštní pozornost byla věnována ekologickým a ochranným požadavkům v rámci soustavy chráněných území Natura 2000. Aby byly tyto požadavky splněny, došlo k revizi původního návrhu, kde bylo nahrazeno pevné betonové dno kombinací betonových stabilizačních pasů a kamenné dlažby.

Zatímco levý břeh má opěrnou zeď pro optimalizaci prostoru a ochranu blízkých staveb, pravý břeh využívá inovativní technologii 3D tisku z betonu. Tyto betonové bloky kombinují funkci opevnění s možnostmi pro diváky, přístupem k vodě a estetickým designem. Tato řešení demonstrují moderní přístupy v oblasti stavebnictví a urbanismu.

K oběma břehům budou přidány ocelové sloupy s vodícím lanem, což umožní upevnění bran. Součástí projektu je také instalace elektrického a komunikačního vedení pro hladký průběh sportovních soutěží.

Z hlediska kvality vody bylo nutné zohlednit odpad z Kadaňského potoka, který se vlévá do dráhy. Aby se předešlo kontaminaci, byl navržen příčný nátokový žlab, který bude převádět vodu do uzavřeného potrubí. Toto řešení je považováno za dočasné až do doby, kdy dojde ke zlepšení kvality vody v potoku.

V závěru je důležité poznamenat, že situační výkres, který podrobně znázorňuje celý návrh a rozmístění jednotlivých prvků, je k dispozici jako příloha závěrečné práce.



Obrázek: foto situačního výkresu stavební dokumentace (Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. 2021)

5.2 Dotační výzva Národní sportovní agentury

Projekt se zaměřuje na získání finančního podpory jak od města Kadaň, tak z prostředků Národní sportovní agentury (NSA) v rámci dotační výzvy Regiony 2021/2022. Cílem této dotační výzvy je modernizace a výstavba sportovní infrastruktury na regionální úrovni v České republice.

5.2.1 Žadatelé a podmínky dotace

Dotační výzva je určena obcím a sportovním klubům, které neprovádějí výdělečnou činnost. Maximalizován je dotační příspěvek na 70 % celkových nákladů projektu s omezením výše finančního příspěvku, který se pohybuje v rozmezí jednoho až čtyřiceti miliónů korun.

Bodové hodnocení

Pro získání dotace je nezbytné dosáhnout minimálního počtu bodů, který je stanoven na 80 bodů z maximálního možného počtu 145. V případě, že není uzavřena smlouva o dílo, je třeba dosáhnout alespoň 90 bodů.

Potřebná dokumentace a specifika dotace

Na projektovou dokumentaci bylo třeba získat dodatečné informace. Byla také vznesena otázka týkající se kombinace pronájmu pozemku od podniku povodí a nákladů na straně města, protože dle dotačního titulu musí být pozemek ve vlastnictví nebo v dlouhodobém pronájmu města. To vytváří složitost, jelikož dotační titul nepovoluje možnost pronájmu a zároveň nesmí být financována vysoká částka do sportovního klubu.

5.2.2 Současný stav sportovního zařízení ve městě Kadaň

Zařízení je lokalizováno u levého břehu řeky Ohře ve městě Kadaň. Jedná se o šterkovou propust původního mlýnského náhonu. Nachází se v blízkosti centra města, a areál navazuje na nábřeží Maxipsa Fíka, což zvyšuje jeho atraktivitu pro návštěvníky a sportovce.

V současné době slouží náhon pro trénink vodního slalomu a kanoistiky. Náhon je upraven překážkami z kamení, které simulují malé hráze pro pestrost proudu. Místní oddíl TJ DNT Kadaň zde pravidelně pořádá žákovské závody.

Většina pozemků, na nichž se nachází náhon, včetně ostrova, patří do vlastnictví Povodí Ohře s. p. Zbývá část, konkrétně levý břeh a příjezdová cesta, je v majetku soukromé společnosti REAL ESTATE a.s.

Technicky je náhon v nefunkčním stavu. Byl upraven v místě bývalého mlýna, kde je profil zúžen dvěma stěnami. Koryto má jednotný sklon, končící umělým stupněm a vodním pádem do laguny. Břehy jsou opevněny kamenem či stěnami budov. Koryto má tvar lichoběžníka o šířce přibližně 10 m, lemováno vysokým stromořadím. Další vodní tok, Kadaňský potok, ústí do koryta u ostrova.

Ostrov je pokryt travní vegetací, která je pravidelně udržována. Slouží jako zázemí při různých sportovních akcích, jako jsou závody nebo tréninky. Na konci ostrova se koryto napojuje zpět do hlavního toku řeky Ohře.

Přístup k pozemku na horním konci ostrova je možný přes mostek. Pod tímto mostkem proudí část vody, která je odkloněna z řeky Ohře do náhonu, který je plánován jako budoucí vodácká dráha. Aktuální struktura náhonu, nyní využívaná pro vodní slalom, je z technického hlediska a vzhledem k směrovému uspořádání řeky Ohře v dané lokalitě velmi citlivá na povodňové události. Ty mohou rychle změnit stávající stav náhonu - přesunout kameny tvořící překážky nebo způsobit nepravidelnosti na dně koryta.

Současná konstrukce dna a překážek, která je vytvořena z kamene brigádnickým způsobem dobrovolníky, není vhodná pro začínající kanoisty. Je to dáno hlavně proudovým uspořádáním a bezpečnostními riziky, zejména pro mladší začátečníky v kanoistice.

V tuto chvíli není na ostrově zavedeno elektrické vedení. Absence trvalého elektrického připojení znamená, že organizace závodů je závislá na přivedení pomocí prodlužovacích kabelů z budov na levém břehu nebo na mobilních agregátech. Trvalé elektrické připojení je základním předpokladem pro kvalitní pořádání těchto sportovních akcí.

Závěrem, sportovní zařízení ve městě Kadaň je v současné době v nefunkčním stavu, ale má velký potenciál pro rozvoj vodních sportů, zejména kanoistiky. S podporou města a při správném investičním záměru by mohl areál poskytnout moderní a kvalitní podmínky pro trénink a pořádání závodů, což by přispělo k oživení tradice kanoistiky v regionu.

5.2.3 Věcný popis akce

Akce spočívá ve vytvoření dráhy pro vodní slalom prohloubením koryta, úpravou břehů a umístěním překážek. Začne se prohloubením dna, které po svém dokončení bude následně zpevněno, aby odpovídalo standardům odboru životního prostředí. Zpevnění je nezbytné pro správné uchycení překážek a zajištění delší životnosti konstrukce, zvláště v obdobích zvýšených průtoků vody během povodní. Dno bude mít charakteristický a

předvídatelný povrch, což je výhodné pro začátečníky a děti, protože minimalizuje riziko zranění v případě, kdy je potřeba rychle opustit loď.

Břehy budou navazovat na zpevněné dno a budou upraveny tak, aby kopírovaly stávající terén. Budou mít jednotný sklon 2:3. V určitých místech budou instalovány lavičky, schody pro snadný přístup k vodě a další terénní prvky. Hlavním cílem těchto úprav je usnadnit přístup do všech částí tratě, aby byl snadný výstup a nástup do lodí, pohyb trenérů během tréninku, nebo snadné vytažení lodi z vody v případě potřeby.

Překážky budou mít tvar seříznutého válce a budou upevněny na dno koryta. Tyto překážky budou navrženy tak, aby byly schopny adaptovat se na měnící se vodní podmínky, a to zejména s ohledem na kolísání hladiny vody. Překážky budou optimalizovány tak, aby splňovaly potřeby různých úrovní kanoistů - od začátečníků po zkušené jezdce.

Součástí projektu je i úprava přilehlého ostrova, který bude sloužit jako zázemí pro návštěvníky areálu. Ostrov bude travnatá plocha s možností doplnění cvičebními prvky pro trénink mimo vodu. Elektřina bude dovedena na ostrov, s ohledem na záplavové území, pomocí speciální chráničky proti vodě.

Další významnou částí projektu je instalace systému pro brány vodního slalomu. Tento systém bude zahrnovat sloupy spojené ocelovým lanem, na které budou připevněny příčné systémy regulující polohu jednotlivých bran.

5.2.4 Klíčové přínosy výstavby nového areálu

Zvýšená dostupnost: Pro oblast Ústeckého a Karlovarského kraje by tento areál znamenal první a hlavní sportoviště pro vodní slalom a další vodní aktivity. Jeho existence by významně usnadnila přístup k těmto sportům pro mládež i dospělé.

Komplexní výcvik: Areál bude kombinovat vodní slalom s doprovodným tréninkovým prostorem, což poskytne kompletní zázemí pro sportovce, kteří chtějí kombinovat vodní a pozemní trénink.

Rozšíření nabídky sportů: Kromě tradičních vodních sportů, jako je vodní slalom, by areál mohl hostit i novější sporty jako paddelboarding, riverboarding a rafting.

Zvýšená kapacita: Vzhledem k tomu, že existující sportoviště jsou již z většiny obsazena profesionály, nový areál by nabídl potřebné zázemí pro mládež a amatérské sportovce.

Rozvoj místního sportu: Zvýšený zájem o vodní sporty v České republice, podpořený úspěchy domácích sportovců, znamená, že existuje poptávka po nových tréninkových zařízeních.

Podpora místních akcí: Díky lepšímu zázemí by bylo možné uspořádat více místních závodů a soutěží, což by přilákalo více účastníků a diváků.

Ekonomický přínos: Větší počet sportovních akcí a závodů by mohl přilákat více návštěvníků do oblasti, což by mělo pozitivní dopad na místní ekonomiku.

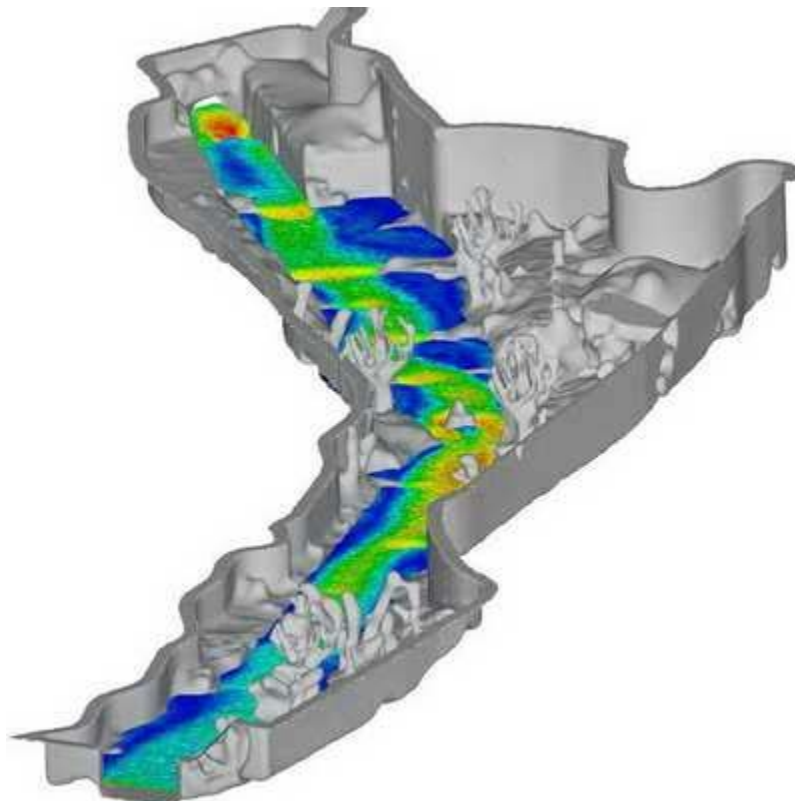
Podpora ze strany veřejných institucí: Jak bylo zmíněno, města a kraje mohou poskytnout podporu tomuto typu projektů, což by mohlo pomoci s financováním a propagací areálu.

Investiční akce do vodního sportoviště v regionu je nejen žádoucí, ale i nezbytná z mnoha důvodů. Vytvořením tohoto sportoviště umožníme místním klubům efektivnější trénink bez potřeby dlouhých cest do jiných areálů. Toto sportoviště by také mohlo otevřít dveře k možnosti pořádání místních, národních a potenciálně i mezinárodních závodů přímo v regionu. Důraz bude kladen na moderní design, což zajišťuje větší bezpečnost pro všechny sportovce, zejména začátečníky. Očekává se, že takový projekt by mohl inspirovat více mladých lidí k vyzkoušení vodních sportů, čímž by se talent v regionu mohl rozvíjet rychleji. Kromě sportovního dopadu by

pořádání závodů a událostí přilákalo návštěvníky, což by mělo pozitivní ekonomický přínos pro místní ekonomiku. Navíc by nové sportoviště zvýšilo rekreační hodnotu oblasti, nabízelo by místním obyvatelům místo pro pikniky, sledování závodů nebo jednoduše relaxaci u vody. Historie podkrušnohorského regionu s kanoistickými kluby naznačuje, že obnova sportoviště by mohla znovu oživit sportovní kulturu oblasti a přilákat nové členy. Navíc podpora od větších organizací, zejména od Českého svazu kanoistů, by mohla znamenat přístup k dodatečnému financování, vybavení a odborným školením. Proto je jasné, že investice do tohoto sportoviště přináší obrovské přínosy pro komunitu, sportovce a návštěvníky a je klíčová pro další rozvoj regionu.

6 PRAKTICKÁ ČÁST

6.1 Matematický model

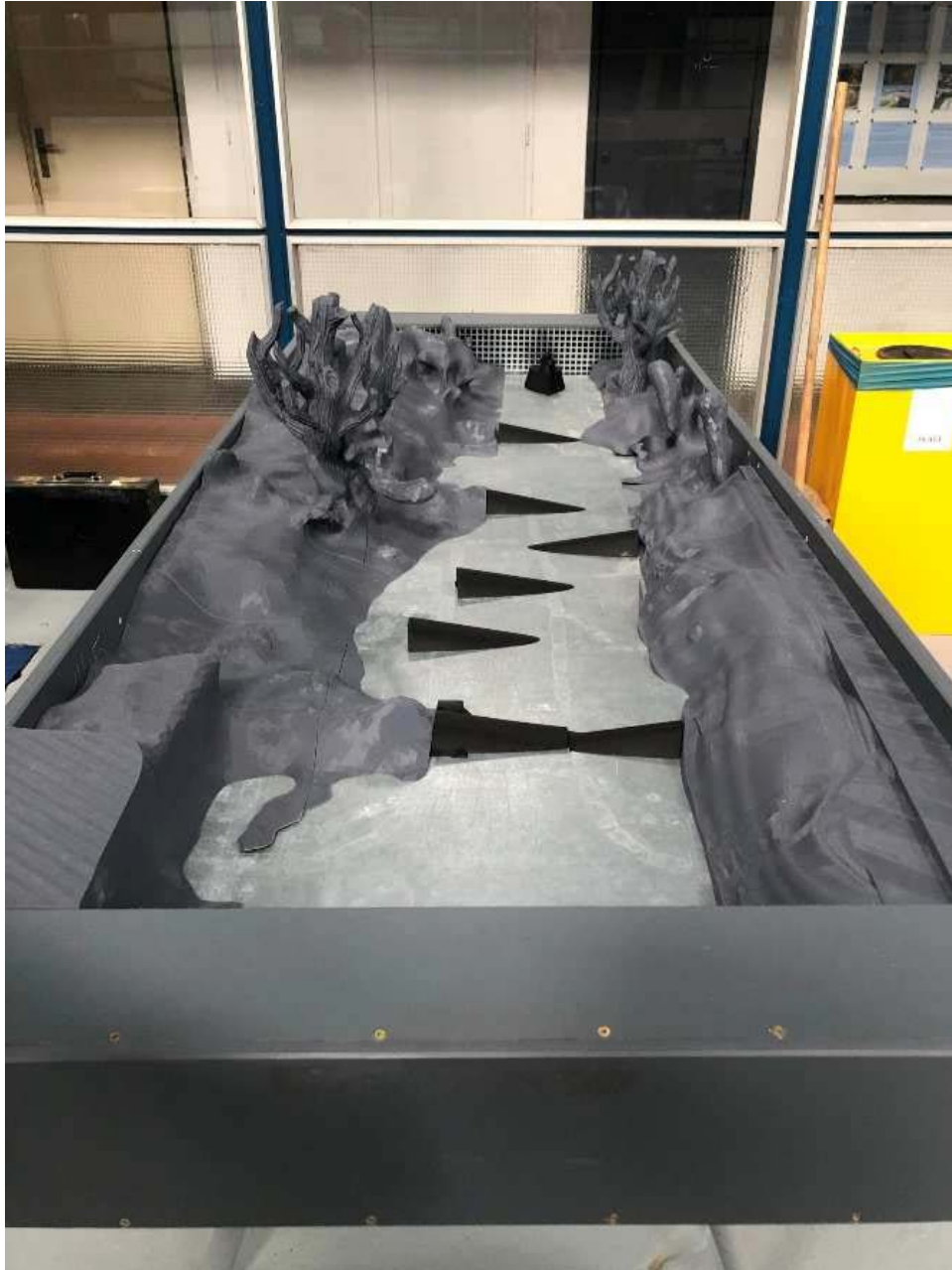


Obrázek: matematický model slalomové dráhy (dostupné z <https://optiflow.cz/matematicke-modelovani/>)

Matematický model pro projekt zpracoval vedoucí této práce prof. Ing. Jaroslav Pollert Ph.D. Pro model byla využita CFD simulace v programovém prostředí ANSYS Fluent. Matematický model na obrázku výše zobrazuje rychlostní rozdělení u hladiny ve slalomové dráze. Výsledek matematické modelu byl následně upraven pro možnost převedení do virtuálních brýlí a následné zobrazení uvnitř fyzikálního modelu. Na modelu lze sledovat rozlivy a odvodit místa, ve kterých budou břehy více namáhány. Tvorba matematického modelu nebyla součástí této diplomové práce, ale jeho výsledky jsou následně využity v prezentaci fyzikálního modelu.

6.2 Příprava fyzikálního modelu

Pro konstrukci fyzikálního modelu byl vyzkoušen nový přístup ke stavbám fyzikálních modelů za pomoci 3D tisku. S využitím 3D tiskáren je možné v případě přesného zaměření rychle a efektivně vytvořit model ve zkráceném měřítku. Pro prezentační konstrukci modelu je využit stůl s nastavitelným sklonem pomocí výškově nastavitelných nohou.



Obrázek: fyzikální model v laboratoři (vlastní foto)

Tento stůl je tvořen vodotěsným obdélníkovým korytem doplněným o přívod a odpad vody na jednotlivých koncích stolu. V ideálním případě je stůl doplněn o kovovou podložku nebo desku, která usnadní přesouvání a uchycení překážek pomocí magnetů. Takto připravený prezentační model lze využít pro více různých projektů, pro změnu prezentovaného nebo sledovaného projektu stačí pouze obměnit vnitřní části. Vnitřní části jsou pak tvořeny pomocí převedení návrhu do 3D virtuálního objektu. Toto je možné vytvořit v mnoha různých software. 3D objekt je pak rozdělen do množství dílů v závislosti na velikosti tiskáren a konstruovaném měřítku fyzikálního modelu. Jednotlivé díly je pak třeba pro ideální zpracování opatřit uzavíratelnými otvory na spodní části. Do těchto otvorů jsou následně umístěny magnety, které zajistí ukotvení dílu na dráze. S takto připravenými částmi je možné sestavit model dle předlohy do stolního koryta. Za pomoci magnetů je snadné následně přesunout překážky v tělese a tím nastavit nejefektivnější nastavení dráhy. V případě využití recyklovatelného materiálu pro výtisk z 3D tiskárny lze tento způsob fyzikálního modelování považovat za velmi vhodný s ohledem na eliminaci ekologické zátěže a s tím spojených odpadů.

6.3 Presentace fyzikální modelu

Fyzikální model je určen především pro návrh hydrauliky koryta umělé slalomové dráhy. Fyzikální model však může najít využití i v prezentačních možnostech jak pro výuku, tak především v případě zájmu z řad společnosti investorů. Fyzikální model s protékající vodou více zaujme a upřesní představu o organizovaném projektu. Pro tento projekt byl proto sestrojen model v měřítku 1:25.



Obrázek: Prezentace fyzikálního modelu na místním šetření stavby (Foto prof. Ing. Jaroslav Pollert Ph.D.)

Větší měřítko sice není velmi kvalitní pro sledování fyzikálních jevů, ale s touto velikostí se část dráhy vmísť do předpřipraveného stolu o rozměrech 200x80 cm, který lze snadno přepřipravit na místo stavby, prezentace projektu s dodavateli nebo investory, či výuky pro studenty v terénu nebo veřejnost na otevřených akcích. Pomocí takovýchto modelů umožňujících flexibilitu a snadnou realizaci není snadné velmi přesně měřit rychlosti průtoku a další veličiny. Na druhou stranu jsou však takovéto modely, které se dostanou přímo k široké veřejnosti a nezůstanou za zdmi laboratoře, velmi přístupné pro zvyšování povědomí veřejnosti o hydraulický jevech, pohybech a důvodech proč k nim dochází. Nemalou měrou takovéto projekty zvyšují zájem o specifické disciplíny. V tomto případě konkrétně vodní slalom a kanoistické disciplíny obecně.

6.4 Porovnání výsledků matematického a fyzikálního modelu, další využití

Pro porovnání výsledků jednotlivých modelů bylo možné v rámci této práce využít další z dnes rozvíjejících se technologií, kterou je propojení

fyzikálního a matematického modelování pomocí rozšířené reality. Jde o technologii, která doplňuje reálný svět a vidění pozorovatele o digitálně vytvořené prvky. Tyto prvky mohou mít od zábavního využití pro digitální hry, přes zjednodušené mobilní aplikace a sociální sítě po technické objekty zobrazující konstrukci nebo chování tekutin na skutečném fyzikálním místě. Pro projekt byl vyzkoušeno zobrazení matematického modelu uvnitř fyzikálního za pomoci speciálních brýlí Hololens 2 zobrazujících objekty rozšířené reality.

Při tomto pokusu byl matematický výstup rychlostí na hladině zobrazen v brýlích a vizuálně přesunut do spuštěného fyzikálního modelu. Přes zobrazení lze sledovat, jestli se prolínají barevně zvýrazněná místa s vyššími hodnotami rychlostí a místy, kde se proudnice skutečně pohybuje rychleji v korytě.

U pokusu se jednalo o ověření možností této technologie a možnosti dalšího využití na dalších projektech. V případě zajištění přesného ukotvení matematického modelu lze vzájemně ověřit výpočty rozlivů, charakteristiky hodnot intenzit vírovitostí, nebo také trajektorie jednotlivých proudů. V rámci prezentačních programů tak lze veřejnosti a studentům za pomoci této technologie umožnit sledovat chování proudění v korytech a jeho dílčí směry.

7 ZÁVĚR

Počátek práce se věnuje dělení konstrukcí USD. Tyto konstrukce se klasifikují podle umístění jako gravitační, čerpané a částečně čerpané. Další rozdělení se týká materiálu konstrukce, kde rozeznáváme přírodní, přírodě blízké a umělé. V závislosti na účelu použití můžeme konstrukce USD dělit na závodní, tréninkové a dráhy nižších úrovní. Nejčastěji se navrhuje kombinace betonových nebo zděných konstrukcí s překážkami vyrobenými z plastů, dřeva nebo betonových prvků. Při hydraulických návrzích je kvůli složitosti výpočtů upřednostněn využití fyzikálních modelů, jež jsou praktické a efektivní. Tyto modely pomáhají určit ideální umístění překážek a dalších prvků.

Pro vytvoření fyzikálního modelu byl použit 3D tisk, jenž v praxi zatím není tak rozšířený. Výhodou plastových modelů je jejich vysoká přesnost, což může v budoucnosti zlepšit fyzikální modelování. 3D tisk umožňuje přesné napodobení nepravidelných částí konstrukcí, což vede k vyšší přesnosti modelu. Navíc plastové komponenty jsou snadno upravitelné. Pokud jsou využívány recyklovatelné materiály, je takový přístup ekologičtější. Model byl aktivně využíván během místního jednání a bylo také zkoumáno jeho propojení s výsledky matematického modelu pomocí rozšířené reality, což je užitečné pro prezentaci výsledků.

Realizace tohoto projektu v Kadani by měla posílit zájem o vodní sporty v regionu, což povede k větší finanční podpoře sportovišť. Zlepšené zázemí umožní lepší přípravu soutěží a zároveň se očekává nárůst úrovně sportovců v regionu. Obnova sportoviště je také žádoucí z hlediska integrace nábřeží a ostrova do městského parku, což zvýší jeho atraktivitu.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Čábelka J. a Gabriel P. Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice (1) Výzkum na hydraulických modelech a ve skutečnosti. Praha: Academia, 1987.

Hydrostadium GROUPE EDF. <https://www.hydrostadium.com/>. nedatováno. <https://www.hydrostadium.com/en/catalogue/produit/omniflotts-mobile-obstacles> (přístup získán 20. Prosinec 2021).

INTERNATIONAL CANOE FEDERATION (ICF). „CANOE SLALOM ICF OPERATIONAL REQUIREMENTS.“ VERSION 2020-1. JULY 2020.

—. „Olympic Canoe slalom - whitewater venue.“ Technical requirements for recirculating courses. březen 2015.

Kolář V., Patočka V., a Bém J. Hydraulika. Bratislava: Státní nakladatelství technické literatury, 1983.

Matoušek, prof. Dr. ing. Václav. „Přednáška k předmětu HY3V - k141 fakulta Stavební ČVUT.“ 2020.

Pollert, Ph.D. prof. ing. Jaroslav. Umělá slalomová dráha Kadaň. Praha: Optiflow Solutions s.r.o., 2020.

—. „Whitewater Centre Rio de Janeiro, Brasil, Final Report Physical modeling.“ Praha: CTU - Czech technical university in Prague, faculty of civil engineering, June 2014.

Rapid Blocs. Rapid Blocs . nedatováno. <http://www.rapidblocs.com/> (přístup získán 15. prosinec 2021).

Vladimír Havlík, Ivana Marešová. Hydraulika II - Příklady. Praha: Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze, 1995.

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. „Projektová dokumentace - Vodácký sportovní park Kadaň.“ Praha, 2021.

Voves, Bc. Ladislav. Vývoj umělých drah pro účely vodního slalomu - Diplomová Práce. Praha: Fakulta tělesné výchovy a sportu UK, 2014.

„What is CFD |Computational Fluid Dynamics?“ SIMSCALE. nedatováno. <https://www.simscale.com/docs/simwiki/cfd-computational-fluid-dynamics/what-is-cfd-computational-fluid-dynamics/> (přístup získán Prosinec 2021).

„základy fotogrametrie.“ informační systém Masarykovy univerzity . podzim 2009. https://is.muni.cz/el/sci/podzim2009/Z8101/um/9030264/Fotogrammetrie_1.pdf.

Diplomová práce “Příprava realizace Vodáckého sportovního parku Kadaň” - ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ - Jan Havelka. 2021