



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**NÁVRH STABILIZACE VYBRANÉ ČÁSTI BŘEHU
ZATOPENÉ PÍSKOVNY**

STABILIZATION OF THE FLOODED SAND PIT NEAR HULÍN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

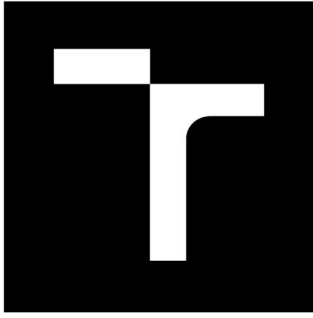
Aneta Patková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Dr. Ing. MILOSLAV ŠLEZINGR

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**NÁVRH STABILIZACE VYBRANÉ ČÁSTI BŘEHU
ZATOPENÉ PÍSKOVNY**

STABILIZATION OF THE FLOODED SAND PIT NEAR HULÍN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Aneta Patková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Dr. Ing. MILOSLAV ŠLEZINGR

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Aneta Patková
Název	Návrh stabilizace vybrané části břehu zatopené pískovny
Vedoucí práce	prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger
Datum zadání	25. 11. 2020
Datum odevzdání	26. 5. 2021

V Brně dne 25. 11. 2020

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Lukáč, M. a kol. Účinky vetrových vln na konstrukciu priehrady, svahy nádrže a protiabrázne opatrenia, STU Bratislava 1977

Spanilá, T. Problematika přetváření břehů na vodních nádržích, In. Přehradní dny 1992

Šlezinger, M. Břehová abraze, CERM Brno 2004

Šlezinger, M. Vegetační doprovod vodních toků a nádrží, CERM Brno 1996

Úradníček, L., Šlezinger, M. Stabilizace břehů, VUT Brno 2007

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Posouzení stávajícího stavu břehů

Zaměření řešené části vybrané lokality

Zpracování teorie využití prvků břehové stabilizace

Hydrotechnické výpočty a výpočty ústupu břehové čáry

Zpracování výkresové dokumentace - řezy břehovým územím s návrhem stabilizačních prvků

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem předkládané bakalářské práce je posouzení současného stavu břehu poškozeného abrazí zatopené štěrkopískovny v Hulíně s následným návrhem vhodné biotechnické či biologické stabilizace a provedení hydrologických výpočtů vedoucích ke stanovení prognózy ústupu břehové čáry. V rámci terénního průzkumu byla pořízena fotodokumentace abrazních srubů vzniklých působením větrových vln a kolísáním vodní hladiny. Součástí práce je také návrh celkem šesti stabilizačních opatření, jejichž konstrukce by měla zamezit či zpomalit účinky abraze.

KLÍČOVÁ SLOVA

Abraze, stabilizace, břehová čára, nádrž

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to assess the current state of the bank damaged by abrasion of the flooded gravel and sand pit in Hulín with the subsequent proposal of suitable biotechnical or biological stabilization and hydrological calculations to determine the prognosis of the prognosis retreat of the coast. As part of the field survey, photo documentation of abrasive log cabins caused by wind waves and water level fluctuations was taken. Part of the work is also the proposal of a total of six stabilization measures, the construction of which should prevent or slow down the effects of abrasion.

KEYWORDS

Abrasion, stabilization, bank line, water reservoir

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Aneta Patková Návrh stabilizace vybrané části břehu zatopené pískovny. Brno, 2021. 61 s., 57 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem Návrh stabilizace vybrané části břehu zatopené pískovny je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26. 5. 2021

Aneta Patková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Návrh stabilizace vybrané části břehu zatopené pískovny zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2021

Aneta Patková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu práce prof. Dr. Ing. Miloslavu Šlezingrovi za odborný dohled, rady a jeho čas strávený při konzultacích. Dále bych ráda poděkovala své rodině, kolegům a přátelům za jejich trpělivost, cenné rady, podporu a důvěru.

OBSAH:

1. Úvod.....	11
1.1. Všeobecně.....	11
1.2. Terminologie.....	12
1.3. Cíl práce.....	13
2. Průvodní zpráva.....	14
2.1. Identifikační údaje.....	14
2.2. Seznam vstupních podkladů	14
2.2.1. Geodetické podklady.....	14
2.2.2. Geologické údaje.....	16
2.2.3. Hydrologické podklady	18
2.2.3.1. Podzemní vody.....	19
2.2.3.2. Klimatické údaje	19
2.2.4. Čistota vod	20
2.2.5. Požadavky na odběry.....	21
2.2.6. Průmysl.....	21
2.2.7. Zemědělství.....	22
2.2.8. Lesnictví	22
2.2.9. Splavnost.....	23
2.2.10. Rekreační využití	23
2.2.11. Životní prostředí.....	23
3. Technická zpráva.....	26
3.1. Správní orientace.....	26
3.2. Úvodní část	26
3.3. Popis stávajícího stavu.....	26
3.3.1. Fotodokumentace	27
3.4. Návrh stabilizace břehu	34
3.4.1. Stabilizace části břehu štěrkopískovny v úseku A	36
3.4.1.1. Návrh biotechnické stabilizace zápleťovým plůtkem.....	37
3.4.1.2. Návrh biologické stabilizace výsadbou orobince.....	38

3.4.2. Stabilizace části břehu štěrkopískovny v úseku B	39
3.4.2.1. Návrh biotechnické stabilizace haťoštěrkovým válcem	40
3.4.2.2. Návrh biotechnické stabilizace haťovým válcem	41
3.4.3. Stabilizace části břehu štěrkopískovny v úseku C	42
3.4.3.1. Návrh biotechnické stabilizace oživeným záhozem.....	43
3.4.3.2. Návrh biotechnické stabilizace oživeným srubem	44
3.5. Vyhodnocení navržených opatření.....	45
4. Hydrotechnické výpočty	48
4.1. Prognóza ústupu břehové čáry	48
4.1.1. Stanovení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}	49
4.1.2. Stanovení návrhové výšky vlny h_n	50
4.1.3. Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH	51
4.1.4. Určení střednice vlny h_0	52
4.1.5. Určení výškové úrovně paty nejnvýše položeného abrazního srubu V_a .	52
5. Závěr	54
Použitá literatura a internetové zdroje	55
Seznam obrázků.....	58
Seznam tabulek.....	60
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	60
Seznam příloh.....	61

1. ÚVOD

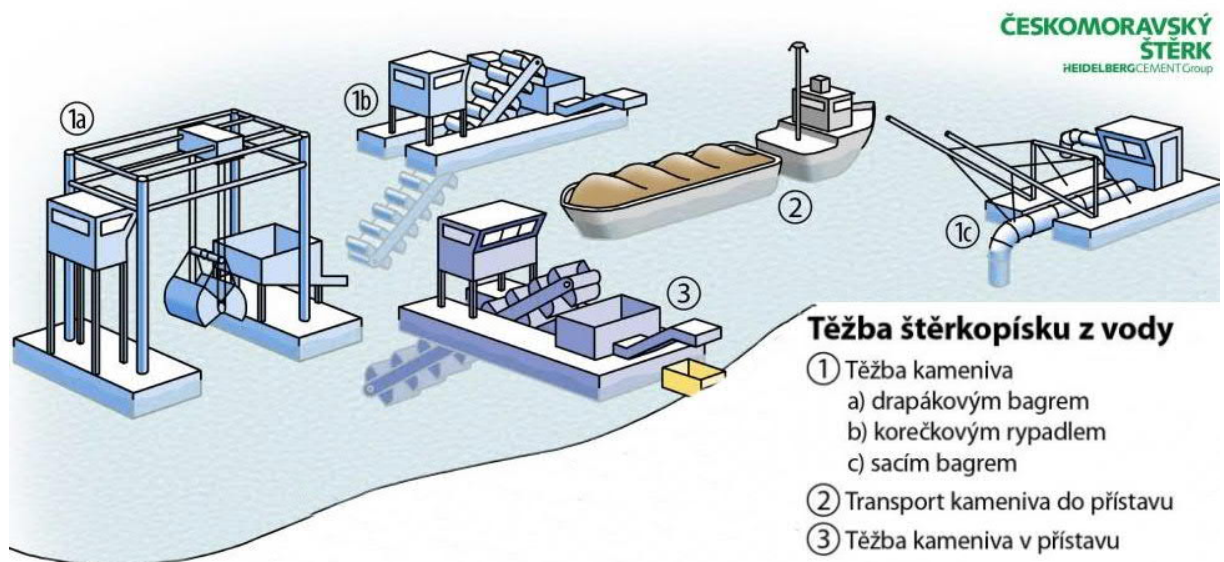
1.1. VŠEOBECNĚ

Bakalářská práce se zabývá posouzením a následným návrhem stabilizace části břehu zatopené štěrkopískovny. Posuzovaný úsek se nachází ve Zlínském kraji České republiky, konkrétně mezi městy Hulínem a Kroměříží, v nadmořské výšce asi 191 m n.m.

Těžební činnost započala v roce 1977 a probíhá dodnes. Rozloha této štěrkopískovny byla postupem času z důvodu těžby zvětšována až do rozměrů, jak ji známe dnes, tedy na rozlohu 93,5 ha.

V této lokalitě je prováděna mokrá těžba, tzv. těžba z vody. Suroviny jsou získávány pomocí plovoucích strojů a to sacím bagrem, drapákovým bagrem a korečkovým rypadlem, které jsou pod správou společnosti Českomoravský štěrk, a.s.

Vytěžená surovina je velmi žádaná u odběratelů díky vysokému obsahu jemných zrn. Konkrétně se v lokalitě těží široké spektrum frakcí kameniva, štěrku a písku. Jedná se o frakce 0/4, 4/8, 8/11, 8/16, 11/22, 16/22, 0/32 a 32/63 mm. Primárně jsou suroviny odbírány stavebním průmyslem jako například příměsi do betonů, krytů vozovek, nátěrů, podkladů pro dlažby, případně pro použití zemních prací, ale také i z jiných odvětví k použití například jako dekorační a okrasné prvky. [1]



Obrázek 1 - Ilustrace těžby z vody prováděné na Hulínské štěrkopískovně [1]

Především z důvodů splavnosti jezera a působením větru dochází k opětovným narušením břehů abrazními vlivy. Již v minulosti byla značná část břehů biotechnicky stabilizována k ochraně, případně ke zpomalení účinků abraze.

1.2. TERMINOLOGIE

Terminologie použitých pojmů v této práci vychází z platné ČSN 75 0120 a použité literatury. [12]

Abraze – obrušování horninových částic pohybem vody (vlněním, tekoucí vodou, ledem) spojené s unášením pevných částic uvolněného materiálu.

Abrazní plocha – erozní tvar, plocha zaříznutá do svahu vznikající na březích (například jezer) působením vln (abrazí).

Abrazní srub – abrazní přetvořená část břehu.

Délka vlny – vodorovná vzdálenost vrcholů dvou sousedních vln.

Eroze – soubor procesů vedoucí k uvolňování, rozrušování, rozpouštění a přemísťování uvolněného materiálu.

Gabion – drátěná konstrukce s urovnanou výplní z lomového kamene, říčních valounů nebo betonových úlomků.

Litorální pásmo – pobřežní pásmo obvykle zarostlé rostlinami, vymezené kolísáním vodní hladiny.

Lužní les – porosty tvořené směsí listnatých dřevin, snášející krátkodobé záplavy.

Mokřad – podmáčené, hospodářsky neobdělávané území s osobitou faunou a flórou.

Ponton – speciální zařízení, nejčastěji dutý plovák či speciální člun, konstruováno pro plovoucí stavby.

Rybí pásmo – jedná se o pásmo vodního toku charakterizované množstvím vody v dané lokalitě a množstvím rozpuštěného kyslíku ve vodě.

Remorkér – loď s výkonným motorem a malou vlastní tonáží. Používá se především k tažení a nebo tlačení jiných lodí a nákladů.

Sádka – umělá vodní nádrž určená k chovu ryb.

1.3. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je návrh vhodné protiabrazní konstrukce a následná stabilizace postižené části břehu zadaného úseku zatopené štěrkopískovny, a tím zamezit či zpomalit rozšiřování abrazního poškození. Součástí práce jsou také hydrotechnické výpočty vedoucí k určení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu.

2. PRŮVODNÍ ZPRÁVA

2.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Zatopená štěrkopískovna Hulín se nachází v regionu Moravy, konkrétně na okraji města Hulín, cca 25 km severozápadně od Zlína, v nadmořské výšce asi 191 m n.m.

Od konce 70. let minulého století zde probíhá těžba štěrkopísku pod hladinou spodní vody, která zapříčinila vznik nového jezera, jak jej dnes známe. Aktuálně ve vodní nádrži probíhá tzv. mokrá těžba štěrkopísku pomocí strojů, které se nacházejí na zbudovaném pontonu.

Název stavby: Návrh stabilizace vybrané části břehu zatopené pískovny

Místo stavby: Štěrkopískovna Hulín
k.ú. Hulín
okres Kroměříž, kraj Zlínský

Souřadnice GPS: 49°17'57.3"N 17°27'38.5"E

Projektant: Aneta Patková, Vysoké Učení Technické v Brně, fakulta stavební, ústav vodních staveb

Provozovatel: Českomoravský štěrk, a.s. – Štěrkopískovna Hulín
Záhlinická 806
768 24 Hulín
IČO: 25502247
DIČ: CZ25502247

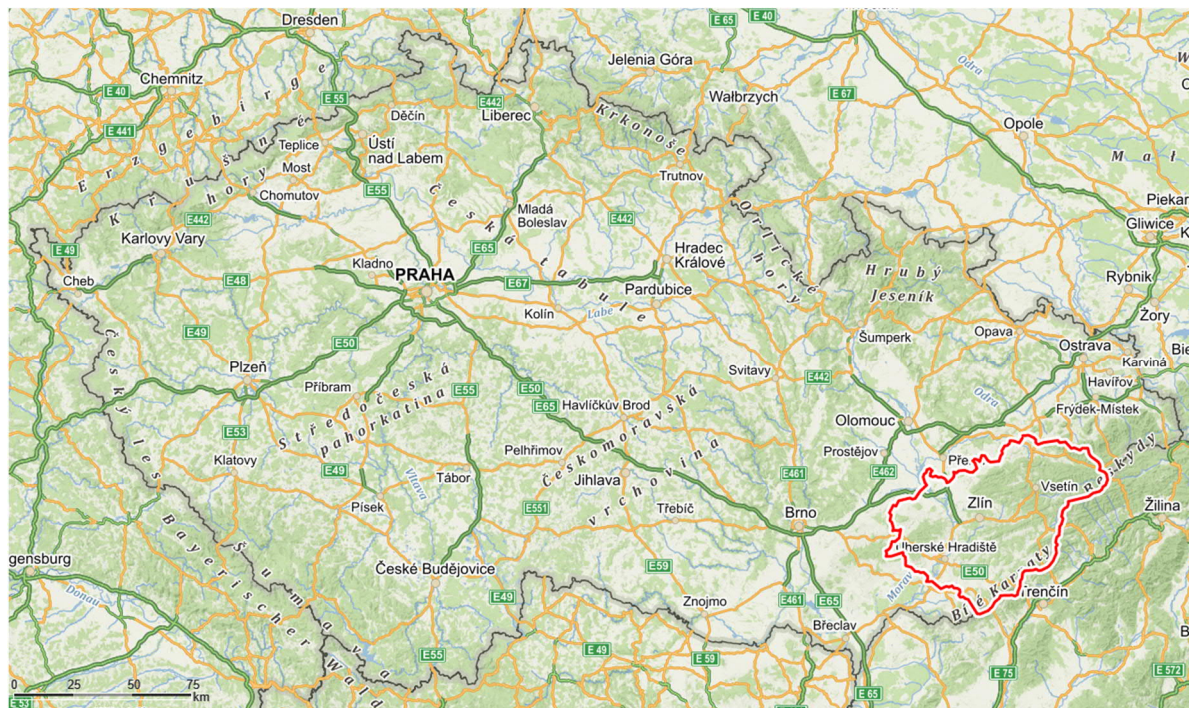
Rozloha stavby: 93,5 ha

Délka řešeného úseku: 540 m

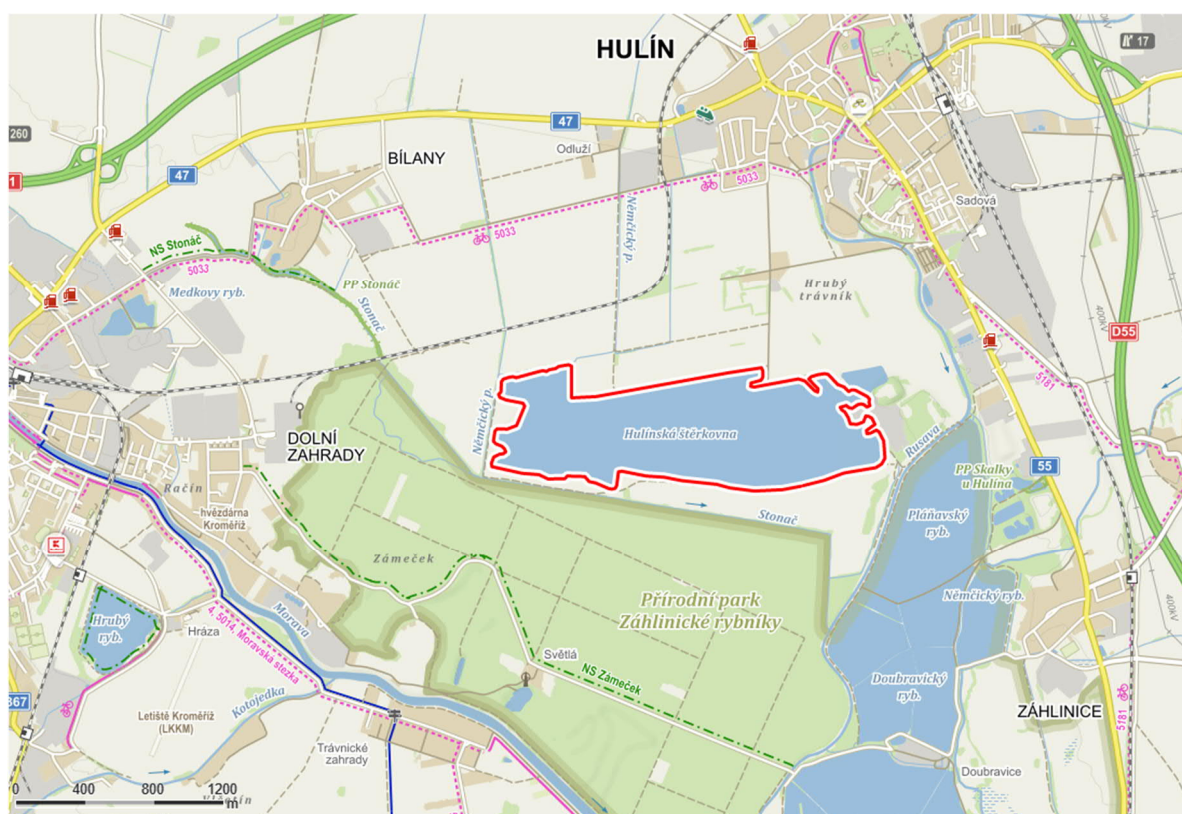
2.2. SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ

2.2.1. Geodetické podklady

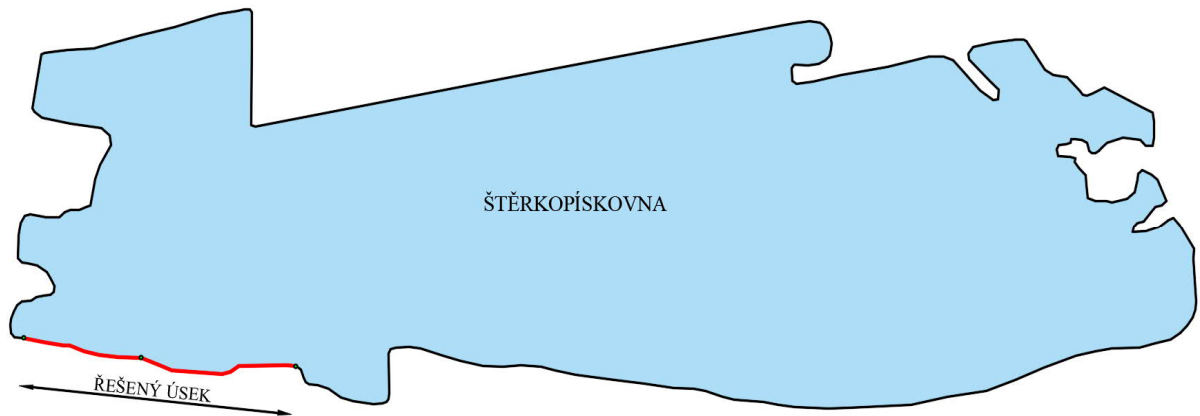
Štěrkopískovna se nachází na území státu České Republiky v její jihovýchodní části ve Zlínském kraji v okrese Kroměříž ve městě Hulín.



Obrázek 2 - Přehledná mapa s vyznačením Zlínského kraje [2]



Obrázek 3 - Lokalizace Hulínské šterkopískovny na mapě [2]



Obrázek 4 – Schéma zadaného úseku štěrkopískovny ke stabilizaci [20]

2.2.2. Geologické údaje

Geomorfologické poměry jsou nutnou součástí znalostí k vyhodnocení a návrhu pro určitý stavební záměr. Nacházíme-li se v určitém horninovém prostředí, lze odvodit tzv. inženýrskogeologické podmínky výstavby vycházející z informací pro dané prostředí.

Zkoumaná lokalita se dle geomorfologického hlediska nachází na území provincie Západních Karpat, konkrétně na území Středomoravské nivy, nacházející se v okrsku Holešovské plošiny. Tato protáhlá sníženina podél řeky Moravy se rozkládá na ploše od města Litovle až k městu Napajedla. Délka tohoto úseku dosahuje přibližně 70 km o proměnné šířce 2 – 13 km. Typické horniny tohoto útvaru jsou břidlice a pískovce. Jelikož oblast byla využívána člověkem již od doby kamenné, je také četným nalezištěm archeologických nálezů.

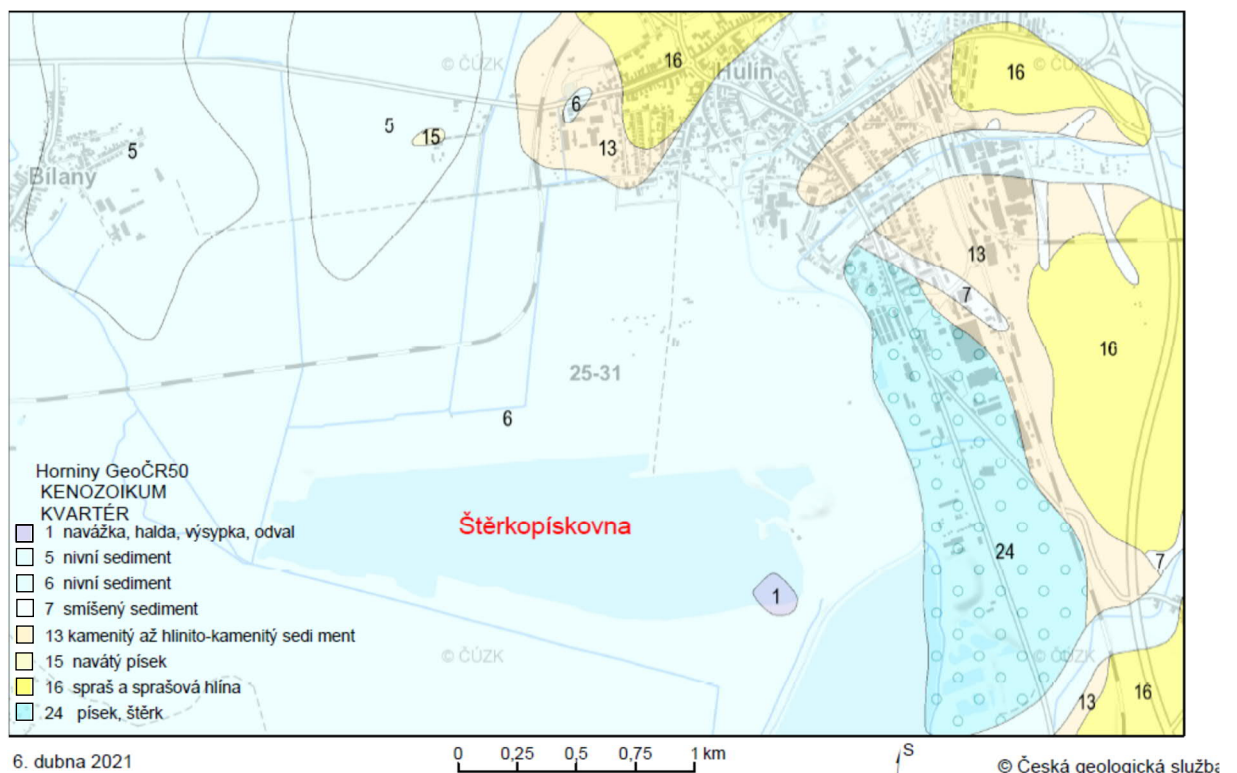
Ložisko dané lokality tvoří fluviální sedimenty (vzniklé činností vody a vodních toků) a eolické sedimenty (přenášeny větrem), které se postupem času ukládaly na podložní tortonské jíly. Zkoumaná oblast je převážně tvořena ze tří vrstev. Svrchní skladbu tvoří hlíny a jíly, prostřední skladbu tvoří štěrkopísky a spodní vrstvu tvoří písky. Průměrná mocnost v oblasti Hulína je 37 m. [3]

Dle provedeného průzkumného vrtu s ID 490036 objednaného společností Českomoravský štěrk, a.s. byla zjištěna skladba profilu do hloubky 30 m [5]:

<i>Hloubka [m]</i>	<i>Stratigrafie</i>	<i>Popis</i>
0,00 – 0,30	Kvartér	Hlína humózní jílovitá, šedé barvy
0,30 – 0,90	Kvartér	Hlína jílovitá smouhovitá, šedé barvy
0,90 – 1,90	Kvartér	Jíl jemně písčítý smouhovitý, šedé a hnědé barvy
1,90 – 2,40	Kvartér	Štěrkopísek střednězrný, šedé a žluté barvy. Jíl ve vložkách, šedé barvy
2,40 – 3,20	Kvartér	Štěrkopísek střednězrný, šedé barvy
3,20 – 8,40	Kvartér	Štěrkopísek opracovaný maximální velikosti částic 8 cm, šedé barvy. Pískovec ve valounech
8,40 – 8,60	Kvartér	Jíl silně písčítý, šedé barvy
8,60 – 12,60	Neogén	Písek hrubozrný nestejnozrný, šedé barvy
12,60 – 30,00	Neogén	Písek hrubozrný nestejnozrný, šedé barvy Jíl ojediněle ve vložkách

Tabulka 1 - Skladba profilu průzkumného vrtu ID 490036 [5]

Zjištěná hloubka hladiny podzemní vody je 2,4 m.



Obrázek 5 - Geologická mapa zájmové lokality [5]

2.2.3. Hydrologické podklady

Město Hulín se rozkládá na ploše 3 211,9 ha, z čehož 9,3 % (299,5 ha) tvoří vodní plochy. Mezi nejvýznamnější toky dané lokality patří řeka Morava a řeka Rusava.

Rusava

Řeka Rusava o celkové délce 29,8 km a ploše povodí 148,4 km² procházející zastavěnou částí města Hulín s přechodem do volné krajiny o délce 7,9 km. V této lokalitě do řeky ústí menší přítoky, kde hlavním je potok Stonač, který je zároveň přírodní památkou. [6]

Koryto řeky má typický lichoběžníkový tvar o průměrném průtoku 0,8 m³/s. Jeho svahy jsou převážně zatravněny, mimo úseky např. pod mostem, kolem výústí a podobně, kde je koryto zpevněno dlažbou lomového kamene do betonu, případně dlažbou na sucho v okolí splavu. Koryto je doprovázeno typickou dřevinnou vegetací. Řeka nakonec ústí jako levostranný přítok do řeky Moravy v oblasti u Záhlinic.

Morava

Řeka Morava o celkové délce 354 km a ploše povodí 26 658 km² tvoří hranici města Hulín o délce 3 km. Řeka tvoří tzv. páteř zdejší přírody s okolními lužními lesy. Koryto řeky v této lokalitě má také typický lichoběžníkový tvar o průtoku cca 51,5 m³/s se zatravněnými svahy doprovázenými dřevinnou vegetací. Postupem času v místech odškrcených meandrů řeky došlo ke vzniku drobných jezer, která také tvoří část těchto vodních ploch. [7]

Dále za zmínku stojí založené rybníky, například v nivě U Záhlinic (Pláňavský, Doubravický, Němčický a Svárovský rybník), které vytvářejí téměř nepřerušenu plochu 1 km širokou a 3 km dlouhou. Tyto sádky slouží k chovu kaprů, sumců, štik, tolstolobiků a amurů pod správou firmy Rybářství Hulín, které s okolním lesem Zámeček jsou vyhlášeny jako přírodní památka.

V místech těžby štěrkopískoven, jak stále aktivních (např. Hulín, Náklo) i neaktivních (např. Chomutov, Tovačov), vznikla průběhem času jezera do podob, jak je známe dnes. Jedno ze zmíněných jezer je právě předmětem této práce.

2.2.3.1. Podzemní vody

V nivě Dolnomoravského úvalu v oblasti Hulína a Kroměříže jsou rozmístěny zdroje podzemní vody. Jejich výskyt je dán geologickou skladbou a jsou vázány na zvodnělé vrstvy sedimentů Hornomoravského úvalu. Hladiny podzemní vody v zájmovém území se nachází poměrně mělce, v hloubce 2,4 m a z pravidla také bývá mírně hydrostaticky napjatá. Její úroveň je v průběhu roku ovlivňována zejména dotací atmosférických srážek a také momentálními vodními stavy v povrchových tocích. [5]

Řeka Morava se svými přítoky po většinu roku území odvodňuje, pouze v době mimořádných průtoků dochází k břehové infiltraci a dotaci přilehlé zvodně. V jarních měsících (únor až květen) dosahuje maximální úrovně v závislosti na množství a rychlosti tání sněhové pokrývky. Naopak v měsících září a říjen dosahují minimální úrovně.

Generelní směr proudění podzemní vody je souhlasný s vodním tokem Moravou, v menší míře se objevuje i směr proudění k vodnímu toku.

2.2.3.2. Klimatické údaje

Zájmové území spadá do tepelné oblasti T2 podle klimatické rajonizace (Quitt, 1971). Tato tepelná oblast je vyznačována krátkou, suchou, mírně teplou zimou se sněhovou pokrývkou krátkého trvání. Zima přechází v mírné, krátké jaro a následně do dlouhého, suchého teplého léta. Léto dále přechází do podzimního období, které je obdobné jako jarní.

Další charakteristické údaje pro oblast T2 [8]:

Počet letních dnů:	50 až 60
Počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více:	160 až 170
Počet dní s mrazem:	100 až 110
Počet ledových dní:	30 až 40
Průměrná teploty:	
- lednová	-2 až -3 °C
- dubnová	8 až 9 °C
- červencová	18 až 19 °C
- říjnová	7 až 9 °C
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více:	90 až 100
Srážkový úhrn	
- vegetační období:	350 až 400 mm
- zimní období	200 až 300 mm
Počet dní se sněhovou pokrývkou:	40 až 50
Počet zatažených dní:	120 až 140

Počet jasných dní: 40 až 50

Nejchladnějším měsícem v roce je leden s průměrnou teplotou $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a naopak nejteplejším je červenec s průměrnou teplotou $18,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Zlínský kraj, tak jako i jiné kraje Moravy, mívá časté krátce trvající srážky s vyšší intenzitou. Dlouhodobý roční průměrný úhrn srážek je $615,4\text{ mm}$ a roční průměrná teplota vzduchu je $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nejdeštivějším měsícem je srpen s cca $13,0\%$ ročního úhrnu srážek a naopak nejsušším měsícem je únor s hodnotou $4,5\%$ ročního srážkového úhrnu. [8]

2.2.4. Čistota vod

Ve vrtech Hulínského vodárenského objektu, z hlediska požadavků na pitnou vodu a surovou vodu, byla z odebraných vzorků zjištěna mírně zvýšená koncentrace síranů a amonných iontů. Vody ze zkoumaných vrtů byly vždy po zčerpání bez zápachu, co se týká jejich čistoty většinou byly čiré, občasně mírně zakalené nebo narezlé. [9]

Samotná šterkopískovna je velice známá její čistotou a nezávadnou vodou právě díky svému podloží i navzdory stále probíhající těžbě. Doposud nebyla zaznamenána žádná havárie vzniklá těžbou na jezeře spojená s jejím znečištěním.

V blízkém okolí břehů se nacházejí pole a louky, které mohou mít vliv na znečištění vody z důvodů srážek a následným smyvem půd i látek obsažených v nich do prostoru nádrže. Jelikož nádrž nemá žádný přítok ani odtok, nehrozí znečištění vod jiným tokem.

Šterkopískovna není určena k rekreačnímu volnočasovému vyžití, přesto lidé tento zákaz ignorují, tedy následně se stávají také možným zdrojem znečištění, převážně v letním období. Rybaření mimo vyhrazené úseky je povoleno. Rybí pásmo vyskytující se v nádrži odpovídá tzv. cejnovému pásmu. Pásmo je typické pro stojaté vody s písčítým dnem a malým obsahem kyslíku nacházející se v oblasti nížin.

Samotná šterkopískovna se nachází ve II. stupni pásma hygienické ochrany vodního zdroje Hulín, tedy se ani nepředpokládá větší rybochovné a rekreační využití jezera. Odběr pitných vod se obecně s oblibou čerpá v blízkosti šterkoven / šterkopískoven, případně přímo z ní, jelikož zlepšují kvalitu pitné vody.

V roce 2018 došlo k úmyslnému znečištění vody dvou vrtů podzemních vod prameniště v Hulíně olejovitou látkou. Naštěstí nedošlo k újmám díky včasnému zachycení a zjištění situace pracovníky. Následně byla navržena sanace vrtů a čištění potrubí k opětovnému užívání. [17]

2.2.5. Požadavky na odběry

Z vodního zdroje vodárenského objektu ve správě Vodovodů a kanalizace Kroměříž, a.s. je povolen odběr podzemní vody z rozhodnutí Odboru životního prostředí Městského útvary Kroměříž v maximálním množství 100 l/s⁻¹. [9]

Z objektu štěrkopískovny nejsou žádné požadavky na odběr vody pro zásobování obyvatelstva.

2.2.6. Průmysl

Zlínský kraj již před desítkami let byl centrem obchodníků a řemeslníků a patřil mezi důležité průmyslové oblasti. V současnosti nadále tvoří silnou ekonomickou oblast s četným výskytem průmyslových podniků.

Nejvýznamnějším odvětvím této doby se stal plastikářský a gumárenský průmysl. Mezi další ekonomicky silné odvětví patří strojírenství, elektronika a elektrotechnika, stavebnictví, výroba nábytku a potravinářství. Mezi nejznámější firmy patří např.: [21]

SPUR, a.s. – výroba plastových výrobků, vlastní výzkumně-vývojové aktivity

Slovácké strojírnny, a.s. – výroba hliníkárenských jeřábů, brusek, CNC soustruhů, ozubárenských strojů a jiné

RETIGO s.r.o. – výroba konvektomatů, holdomatů, regenerátorů, šokové zmrazovače a pekařské / cukrářské pece

TON a.s. – výroba nábytku

Orkla Foods Česko a Slovensko – výroba konzervantů (původní značka OTMA)

Zaměříme-li se přesněji na zkoumanou lokalitu, tedy město Hulín, kde vždy byl nejvýznamnější a je i nadále strojírenský průmysl. Jako druhý nejvýznamnější je třeba zmínit stavební průmysl. Mezi nejznámější firmy patří například:

TOSHULIN, a.s. – výroba soustruhů se svislou osou a CNC obráběcích strojů

Modíkov, s.r.o. – výroba balčích linek, kovových dílců a součástek

Triangolo, s.r.o. – výroba kovářských výrobků a výkovek pro strojírenský průmysl

Českomoravský štěrk, a.s. – výroba kameniva

Společné obalovny, s.r.o. – výroba asfaltových směsí a litého asfaltu

ZAPA beton a.s. – výroba transportbetonu a kameniva

Z dalších odvětví stojí za zmínku například firmy zabývající se výrobou ortéz a ortopedických pomůcek jako jsou Orthopom bratří Škodové, s.r.o. a Panop CZ s.r.o. Z potravinářství například firma Hakne, s.r.o. zabývající se výrobou potravinářských a škrobářenských výrobků.

Najdeme zde samozřejmě i drobné podnikatele zabývající se jiným odvětvím, ale ne takto významné, jako zmíněné.

2.2.7. Zemědělství

Rozloha Zlínského kraje činí 3 964 km² z nichž přibližně 48,6 % (1 927,39 km²) tvoří zemědělsky využitá plocha. Většina zemědělských ploch je soustředěna v oblastech nížin, kde probíhá pěstování obilovin, brambor, kukuřice a ovoce, zatímco v oblasti hor je doménou chov ovcí a skotu.

U ministerstva zemědělství je k dubnu 2021 zaevidováno 369 subjektů se sídlem podnikání ve Zlínském kraji a přesněji pro námi zkoumanou lokalitu 36 subjektů se sídlem v okrese Kroměříž.

Konkrétně město Hulín se rozkládá na ploše 3 211,9 ha, z čehož 52,6 % (1 687,9 ha) tvoří orná půda. Na této ploše převažuje rostlinná výroba, zaměřuje se především na pěstování pšenice, ječmene, řepky olejky, brambor, kukuřice a zeleného krmiva. V menší míře zde najdeme i hospodaření v lese a těžbu dřeva. [22]

Živočišná výroba oproti rostlinné je produkována v minimálním rozsahu. Jedná se především o chov ovcí, hovězího dobytka, ryb a poměrně nově také o chov sportovních koní.

Přesněji okolí šterkopískovny je zemědělsky nevyužito, a to z důvodů plánovaného rozšíření těžby.

2.2.8. Lesnictví

Zlínský kraj nově disponuje převážně podílem listnatých stromů. V minulosti tvořily převážnou část lesnictví jehličnaté stromy, naneštěstí patřil mezi oblasti nejvíce napadené broukem kůrovcem. Loňského roku (2020) bylo z lesů vytěženo přibližně 532 000 m³ dřeva, kde převážnou část dřevin tvořily právě stromy napadeny kůrovcem. V důsledku nastalou situaci se rozhodly Lesy České republiky, s.p. vysadit přibližně 3,8 miliónů

sazenic stromů, převážně smrků, borovic, dubů a buků. Dnes již tyto sazenice vyrůstají, ale ke své původní podobě se les již nevrátí.

Plán další výsadby stromů pokračuje, pro letošní rok (2021) je v plánu vysadit 3,6 miliónů sazenic, ale nadále se zaměří především na výsadbu dubů, buků a jedlí. Díky vydatným dešťům a chladnějším počasí se výrazně zpomalil vývoj kůrovce, což velice napomohlo ke zpomalení šíření. [23]

2.2.9. Splavnost

Vodní nádrž je splavná, ale výhradně užívána pro těžbu. Samotná těžba je prováděna pomocí jednoho ze tří plovoucích strojů. Těžební stroje jsou umístěny na tzv. ocelových pontonech, které jsou ukotveny pomocí ocelového lana k břehu. Vytěžená surovina je po vytažení z vody přesunuta na nákladní člun, který se následně zapřáhne k remorkéru a je dopraven k přístavišti.

2.2.10. Rekreační využití

Štěrkopískovna není určena k rekreačnímu využití, a přesto lidé tento zákaz ignorují. Převážně v letním období je vyhledávána za účelem koupání.

Rybolov je v nádrži povolen, mimo úseky ve vzdálenosti do 200 m od těžcího zařízení, 100 m od trafostanice a výsypky štěrku z lodí do vody, dle Moravského rybářského svazu. Do nádrže bylo osazeno alespoň 15 druhů ryb. [24]

2.2.11. Životní prostředí

Území Zlínského kraje disponuje velkou rozlohou chráněného krajinného území. Zhruba 30 % území zahrnují dvě chráněné krajinné oblasti, CHKO Beskydy a CHKO Bílé Karpaty. Konkrétněji na území města Hulín se vyskytují dvě evropsky významné lokality soustavy NATURA 2000, a to Skalky a Mokřad Pumpák.

Přírodní památka Skalky

Jedná se o mokřadní biotopy bývalé pískovny s výskytem kuňky ohnivé a vážek. Nacházejí se v nivě řeky Rusavy, poblíž Plaňavského rybníku.

Přírodní památka Mokřad Pumpák

Jedná se o mokřadní společenství v uměle vytvořeném biotopu s výskytem čolka velkého, čolka obecného, kuňky obecné a rosníček. Nachází se také v nivě řeky

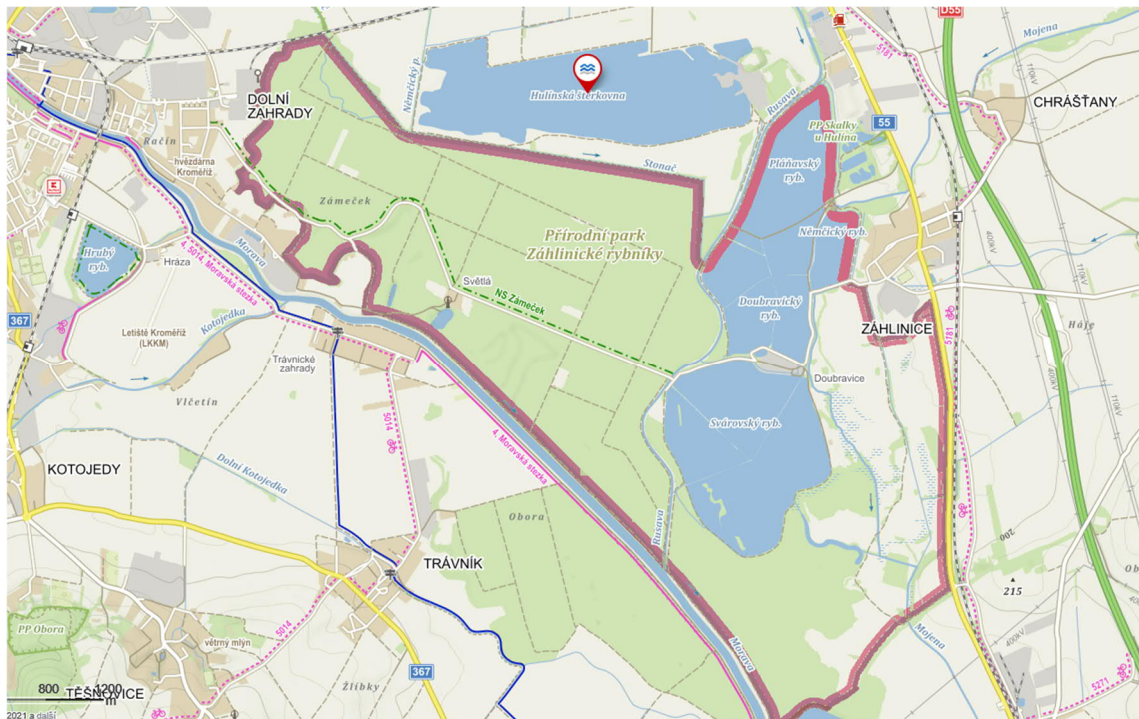
Rusavy na severovýchodním okraji města Hulín mezi dvěma tratěmi. V severní části mokřadu se nachází tůň s porostem rákosu odvodňovaná strouhou, zbytek plochy tvoří promáčená louka zarostlá převážně vrbami. [10]

Další významnou oblast tvoří Přírodní park Záhlinické rybníky, který má vysokou krajinářskou hodnotu plnící ekologickou funkci regionálního biocentra.

Přírodní park Záhlinické rybníky

Jedná se o ojedinělé území mokřadu mezinárodního významu, které zahrnuje komplex Záhlinických rybníků, přilehlého lužního lesa a luk, o rozloze přibližně 500 ha. Jeho součástí jsou také lužní lesy Filena a Zbytky. Nacházejí se jihozápadně od města Hulín a tvoří je hlavní rybníky Doubravický, Pláňavský, Němčický a Svárovský, mimo jiné jsou napájeny říčkou Mojenou a Rusavou.

Vyskytuje se zde 11 druhů chráněných obojživelníků a 3 druhy chráněných plazů. Záhlinické rybníky jsou především vyhledávány milovníky ptactva, jelikož lokalita je především osídlená mokřadními a vodními ptáky. Ornitologové zde zaznamenali přes 270 druhů ptáků, z nichž zde hnízdí alespoň 140 druhů. Dalším významným prvkem fauny v dané lokalitě je výskyt vážek a savců, kde nejznámějším zabydleným savcem je bobr evropský. [25]



Obrázek 6 - Mapa Přírodního parku Záhlinické Rybníky [2]

Přesněji k životnímu prostředí štěrkopískovny, v současném stavu oblast není nijak poddolována, břehy nejsou poškozeny důsledkem antropogenní činnosti a není poškozena důsledkem živelné katastrofy. Poslední poškození důsledkem povodně nastalo v roce 2006.

Navržené opatření protiabrazní konstrukce by nemělo mít výrazný vliv na životní prostředí.

3. TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1. SPRÁVNÍ ORIENTACE

Název stavby:	Návrh stabilizace vybrané části břehu zatopené pískovny
Místo stavby:	Štěrkopískovna Hulín
Kraj	Zlínský
Okres	Kroměříž
Katastrální území	Hulín
Souřadnice GPS:	49°17'57.3"N 17°27'38.5"E

3.2. ÚVODNÍ ČÁST

Cílem bakalářské práce je posouzení břehů zatopené štěrkopískovny Hulín s následným návrhem vhodné protiabrazní konstrukce. Při návrhu stabilizace je kladen důraz na využití biologických a biotechnických prvků, které jsou voleny ne jen pro jejich estetiku a schopnost začlenit se do krajiny, ale i pro jejich schopnost dostatečně ochránit břeh.

Navržená stabilizace má plnit funkci za účelem zmírnění, případně zamezení abrazního poškození, neboli proti všem nežádoucím projevům abraze. Zvolené biotechnické konstrukce byly navrhovány s maximálním využitím místních materiálů a to jak zemin, tak i dřevin. Snahou bylo při návrhu také zohlednit a zachovat takové množství stávajících dřevin plnící protiabrazní funkci v litorálním pásmu, jak jen bylo možné.

Součástí práce je také výpočet efektivní délky rozběhu větru, návrhové výšky vlny a maximálního bodu ústupu břehové čáry podle zadaných hodnot.

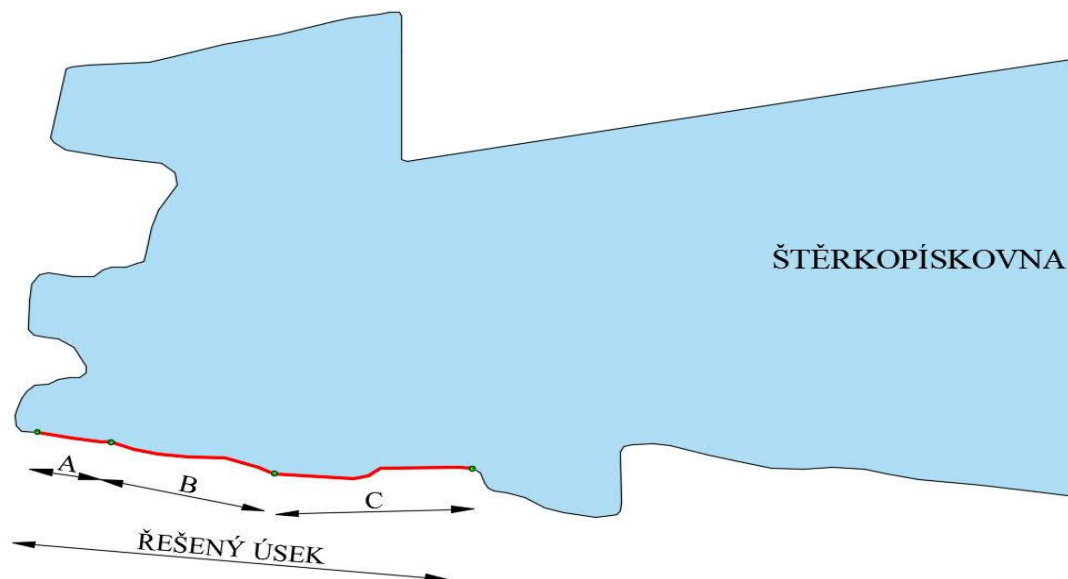
3.3. POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Zatopená štěrkopískovna Hulín se nachází ve Zlínském kraji na okraji města Hulín. Rozloha vodní nádrže činí přibližně 93,5 ha a stále zde probíhá mokrá těžba surovin. Řešený úsek o délce 540 m se nachází na JZ straně štěrkopískovny. Břeh je tvořen především hlinitým materiálem, místy štěrkopískem, tedy zeminou třídy těžitelnosti I skupiny 2 dle ČSN 73 3055. Tato zemina je málo odolná, až zcela neodolná

proti abraznímu poškození. Jedná se o lehce rozmyvatelné horniny, u kterých dochází ke značným abrazním poškozením a tvorbě větších abrazních srubů.

V zájmové lokalitě především převažuje severní nebo severozápadní směr větru. Z terénní pochůzky jsem na zvoleném úseku naměřila převážně 3 velikosti abrazních srubů. Dle přiloženého schématu, níže na obrázku č. 7, v úseku A byly naměřeny abrazní sruby do výšky cca 1,0 m. Jelikož se tento úsek nachází v tzv. větrném stínu, nevzniká zde tak značné poškození, jako ve zbylých dvou. V následujícím úseku B byly naměřeny abrazní sruby do výšky cca 1,5 m, zatím co v posledním úseku C byly naměřeny abrazní sruby o výšce cca 2,0 m a více.

Vegetace ve zkoumaném úseku byla obsažena ve značné míře. Nejčteněji zde v části zatopeného břehu nalezneme vzrostlé rákosiny dosahující výšky až okolo 3 metrů, viz obrázek č. 9. V litorálním pásmu se nejčastěji vyskytují vzrostlé traviny, rákosy a náletové dřeviny. Na korunách abrazních srubů se často vyskytují vzrostlé dřeviny, které již plní protiabrazní funkci. Na obrázku č. 19 lze vidět vzrostlé traviny také pod hladinou vody, k čemuž došlo z důvodů zvýšení vodní hladiny v nádrži, což dokazuje, že výška hladiny vody se v průběhu času neustále mění.



Obrázek 7 – Schéma rozdělení řešeného úseku podle výšky abrazního srubu [20]

3.3.1. Fotodokumentace

V zájmové lokalitě byla dne 24. dubna 2021 provedena osobní terénní pochůzka, ze které byly pořízeny fotografie. Některé z těchto fotografií jsou přiloženy a popsány viz níže.



Obrázek 8 – Stávající vegetace břehu [20]



Obrázek 9 – Stávající vegetace v porovnání s člověkem [20]



Obrázek 10 – Stávající vegetace v litorálním pásmu [20]



Obrázek 11 – Stávající vegetace v litorálním pásmu [20]



Obrázek 12 - Abrazní srub v úseku A [20]



Obrázek 13 – Abrazní srub v úseku A [20]



Obrázek 14 – Abrazní srub úseku B [20]



Obrázek 15 – Abrazní srub úseku B [20]



Obrázek 16 - Abrazní srub úseku C [20]



Obrázek 17 - Abrazní srub úseku C [20]



Obrázek 18 - Pohled na korunu stávajícího terénu abrazního srubu [20]



Obrázek 19 - Pohled na původní břeh pod stávající hladinou vody [20]

3.4. NÁVRH STABILIZACE BŘEHU

Schopnost břehu odolávat abrazním účinkům definují především jeho vlastnosti (geologické a pedologické poměry, fyzikálně-mechanické vlastnosti povrchového útvaru břehu a sklon svahu). Před samotným provedením návrhu stabilizace úseku postiženého abrazí je nutné primárně vzniklou abrazi vyhodnotit a zatřídit. Zatřídění provádíme pomocí kritérií posouzení rozsahu abraze [11]:

1. Stupeň abraze

Vlivem nejintenzivnější abrazní činnosti, především působením vln, dochází k rozsáhlým poškozením břehů. Sklony stěn abrazních srubů svahů jsou strmé až svislé a odpor vůči rozrušení je minimální. Výška abrazního srubu je větší než 3 m.

2. Stupeň abraze

Vlivem intenzivní abrazní činnosti, sklony stěn abrazních srubů jsou strmé, téměř kolmé. Vegetační kryt je v rámci protiabrazní ochrany neúčinný. Výška abrazního srubu dosahuje 1 až 3 m.

3. Stupeň abraze

Abrazní poškození břehu je nevýrazné, tvoří jej především mírně rozmyvatelné horniny. Břehy tvoří především mírné svahy. Výška abrazního srubu dosahuje 0,5 až 1 m.

4. Stupeň abraze

Abrazní poškození břehu je velmi mírné s malým množstvím rozrušeného materiálu. Břehy tvoří převážně nerozmyvatelné horniny. Výška abrazního srubu dosahuje maximální hodnoty 0,5 m.

5. Stupeň abraze

Břehy bez abrazního poškození, jsou tvořeny těžko rozmyvatelnými horninami.

Pro zkoumaný břeh lze říci, že v jeho čisti úseku A se spíše jedná o 3. stupeň abraze, zatím co pro zbylé části úseku B a C postoupilo poškození až ke 2. stupni.

Pro návrh stabilizace lze použít tzv. aktivní a pasivní protiabrazní konstrukce, které dělíme dle vlastního stabilizačního působení. [12]

Aktivní konstrukce

Mezi aktivní protiabrazní opatření patří především podélné usměrňovací stavby, které se budují podél pobřeží (např. podélná břehová lavice a podélná přerušovaná hrázka). Příčné usměrňovací stavby budující se kolmo nebo šikmo na břehovou linii (např. výhony kolmé k břehové čáře a šikmé k břehové čáře). Kombinované usměrňovací stavby, které tvoří podélné stavby a na ně kolmé příčné stavby spojující je s břehem. Za zmínku také stojí konstrukce ponořených břehových vlnolamů, které se navrhují zpravidla souběžně s břehovou čarou (např. kamenná hrázka a stěna z betonových bloků).

Aktivní protiabrazní konstrukce jsou z velké části budovány za účelem navrácení břehu do původního stavu.

Pasivní konstrukce

Mezi pasivní protiabrazní opatření patří opěrné zdi, které se budují především u břehů nádrží zasahující do intravilánu (např. nábrežní kolmé/šikmé zdi betonové, gabionové a betonové). Nevegetační opevnění a obklady břehů (např. těžké kamenné záhozy, kamenné paty, kamenné dlažby a ŽB konstrukce). Vegetační opevnění břehů, kde dnes jsou využívány především dřeviny rodu Salix (keřové druhy), Populus a další, doplněny o protierozní travní koberec či bylinné patro.

Nejvýhodnějším typem pasivní konstrukce je právě kombinované – biotechnické opevnění. Jeho základem je technický prvek umístěn do oblasti největšího namáhání břehu, který je doprovázen vegetačním oživením v méně namáhané části břehu (např. oživený kamenný zához, oživené kamenné rovnání a polovegetační tvárnice).

Dle zvoleného prvku tvořící stabilizační konstrukci lze říci o jaký způsob stabilizace se jedná. Prvním způsobem jsou technické stabilizace, tvoří je především kamenné paty svahů, kamenné záhozy a pohozy, dlažby, ŽB opěrné zdi, gabiony a další. Druhým způsobem jsou biologické stabilizace, které tvoří živá vegetační opevnění, jako jsou stromové porosty, keřové porosty, rákosiny v litorálním pásmu a travní koberce. Třetím způsobem jsou vlnolamy, které mohou být vynořené, polozatopené, zatopené, propustné, pevné nebo pohyblivé. A posledním způsobem jsou biotechnické stabilizace, které tvoří

kombinaci technických a biologických prvků, jako jsou například zápletové plůtky, haťošterkové válce, haťové válce a jiné.

Na žádost orgánu životního prostředí v Kroměříži byly pro návrh stabilizace vybrány pouze biologické a biotechnické prvky.

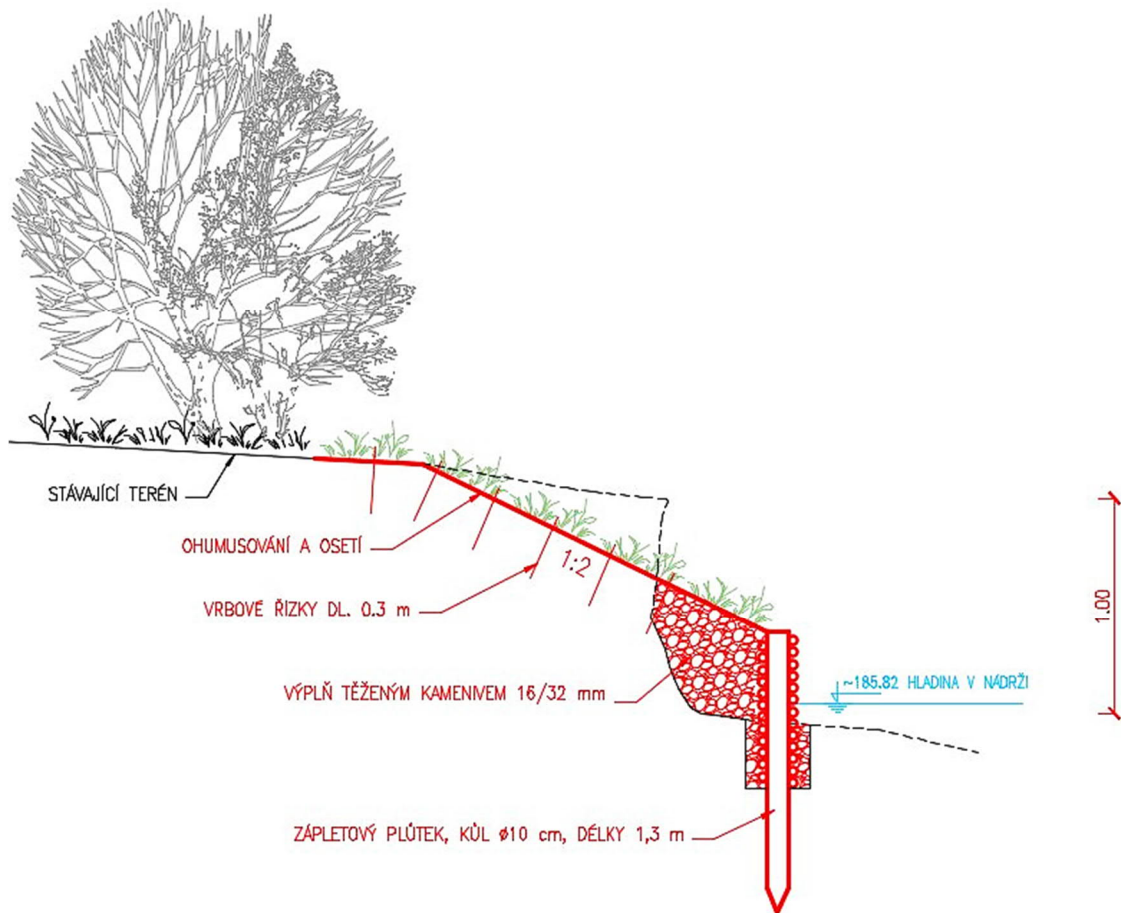
V rámci návrhu stabilizace břehu byl zvolen určitý vegetační prvek k výsadbě, jeho náhradu za jinou vegetaci, případně její upřesnění lze nalézt viz odborná literatura (NOVÁK, IBLOVÁ, ŠOPEK; 1986).

3.4.1. Stabilizace části břehu šterkopískovny v úseku A

Pro návrh stabilizace vybrané části břehu, viz obrázek č. 7, uvažujeme z naměřených hodnot výšku abrazního srubu přibližně 1,0 m. Vycházíme-li z přiložené fotodokumentace v kapitole 3.3.1, v ploše nově navržené stabilizace se značně vyskytují stávající dřeviny, které bude před začátkem úprav nutno pokácet, včetně odstranění pařezů. Všechny získané zemní materiály v rámci stavebních úprav by měly být deponovány mimo prostor staveniště.

Navržená stabilizace by měla být provedena v období jara či léta, jelikož se určitá část tohoto opatření nachází právě pod hladinou vody v nádrži. Pro jejich realizaci bude potřeba uvažovat provádění některých prací z vody, či pod vodou.

3.4.1.1. Návrh biotechnické stabilizace zápleťovým plůtkem



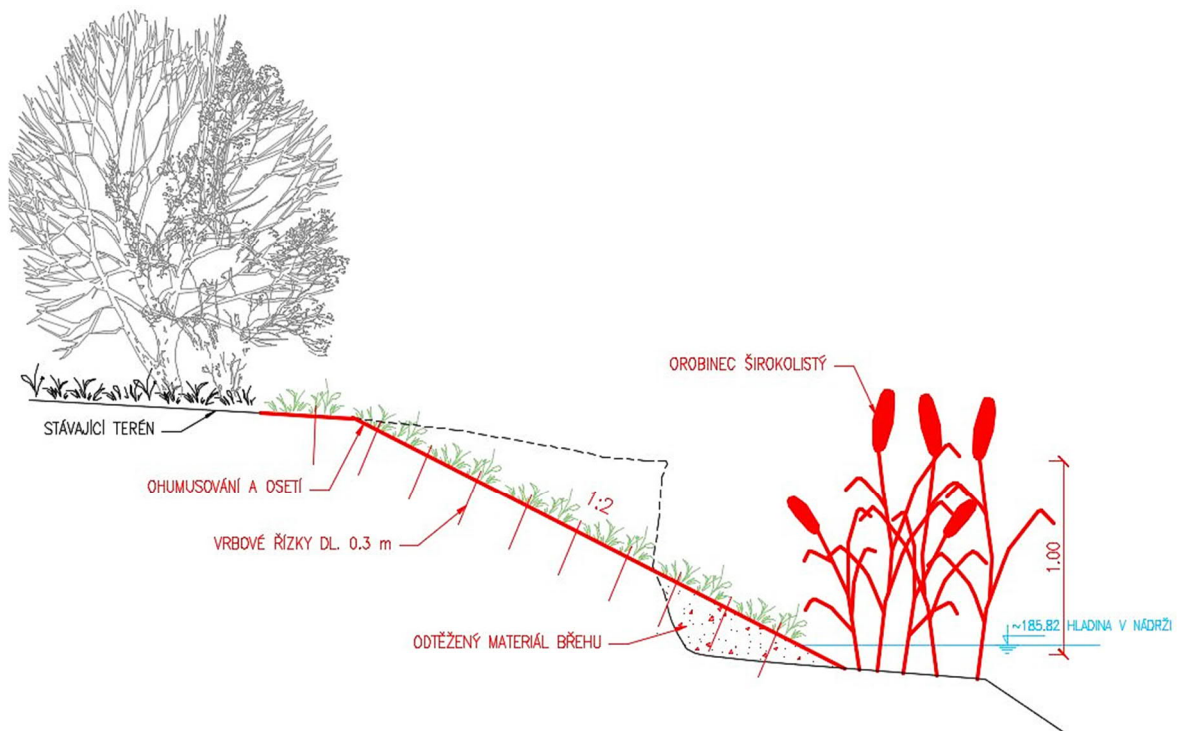
Obrázek 20 - Schéma stabilizace břehu pomocí zápleťového plůtku [20]

V dotčené ploše úseku postiženého břehu bude provedeno sejmutí humózní vrstvy v tloušťce 20 cm. V délce opatření bude proveden výkop rýhy v hloubce 30 cm a šířce 30 cm. Zápleťový plůtek tvoří kůly $\varnothing 10$ cm s propleteným klestem místního materiálu (nejlépe vrbového) o průměru 2 až 4 cm. Plůtek bude založen se zápletem 30 cm pod terénem, aby plnil ochrannou funkci před podemletím a se zbývajícím zápletem cca 40 cm nad terénem. Výška zápletu se může lišit dle rozměrů poškození břehu abrazí, každopádně by neměla být menší než 30 cm. Část stávajícího terénu bude odkopána a přesunuta na mezideponii. Zbylý prostor abrazního srubu po zápleťový plůtek bude vyplněn místním těžným kamenivem frakce 16 / 32 mm, aby nedocházelo k vymílání jemných částic zeminy. Svahování terénu bude provedeno ve sklonu 1 : 2, na něj bude rozprostřena humózní vrstva o tloušťce 15 cm a oseta vhodnou protierozní travní směsí. V rovině napojující se na stávající terén bude rozprostřena a oseta humózní vrstva o tloušťce 20 cm a taktéž oseta vhodnou protierozní travní směsí. Vrbové řízky délky

30 cm o tloušťce cca 1 cm budou zatlačeny do země ve sponu 30 x 50 cm tak, aby nad terénem vyčnívalo cca 5 cm, které plní jak ztužující funkci navrženého svahu, tak zároveň náhradu pokácených dřeviny.

Vrbové řízky získáváme z proutí sklizeného v době vegetačního klidu (prosinec - únor) z vyzrálých kvalitních proutů, pomocí seříznutí nožem a nebo zahradnickými nůžkami, abychom vytvořili hladký kolmý řez. Horní konec řízku by měl končit cca 1 cm nad pupenem. Výroba těchto řízků bude provedena těsně před výsadbou.

3.4.1.2. Návrh biologické stabilizace výsadbou orobince



Obrázek 21 - Schéma stabilizace břehu pomocí výsadby orobince [20]

V dotčené ploše řešeného úseku bude před započítím terénních úprav provedeno sejmutí humózní vrstvy o tloušťce 20 cm. Část stávajícího terénu bude odkopána a uložena se zhuštěním dle výkresové dokumentace do paty abrazního srubu. Před zpětným rozprostřením humózní vrstvy bude terén srovnán v rovině a provedeno svahování ve sklonu 1 : 2. Ohumusování svahu bude nejprve provedeno v tloušťce 12 cm po výšce hladiny vody v nádrži, v rovině napojující se na stávající stav o tloušťce 17 cm. Dále budou upevněny protierozní HDPE rohože o plošné hmotnosti 420 g/m² pomocí dřevěných kolíků o délce 30 cm o počtu 2 ks/m². Následně bude provedená výsadba

vrbových řízků, nejlépe z místního materiálu, o sponu 30 x 50 cm a celkové délce 30 m. Ty zajistí ztužení nově navrženého svahu a zároveň nahradí dřeviny, které byly nutné pokácet k realizaci opatření. Nakonec bude rozprostřena zbylá humózní vrstva o tloušťce 3 cm a oseta travní směsí s vysokými protierozními účinky.

Hlavní biologickou stabilizaci bude tvořit výsadba orobince širokolistého (*Typha latifolia*) o vzrůstu alespoň 1 m. Rostliny budou vysazeny do hloubky cca 30 cm alespoň do tří řad ve vzájemném rozestupu 70 cm a rozstup řad bude 50 cm. Prostřední řada sazenic by měla být umístěna vždy ve středu mezi dvě sazenice předchozí řady. Oddenky orobinců mají vlastnost se velmi rychle šířit jak pomocí oddenku, tak semen, tedy v průběhu tří měsíců jsou schopny zformovat hustý porost. Tento porost by měl dostatečně utlumovat účinky působících vln na břeh a plnit funkci tzv. vlnolamu.

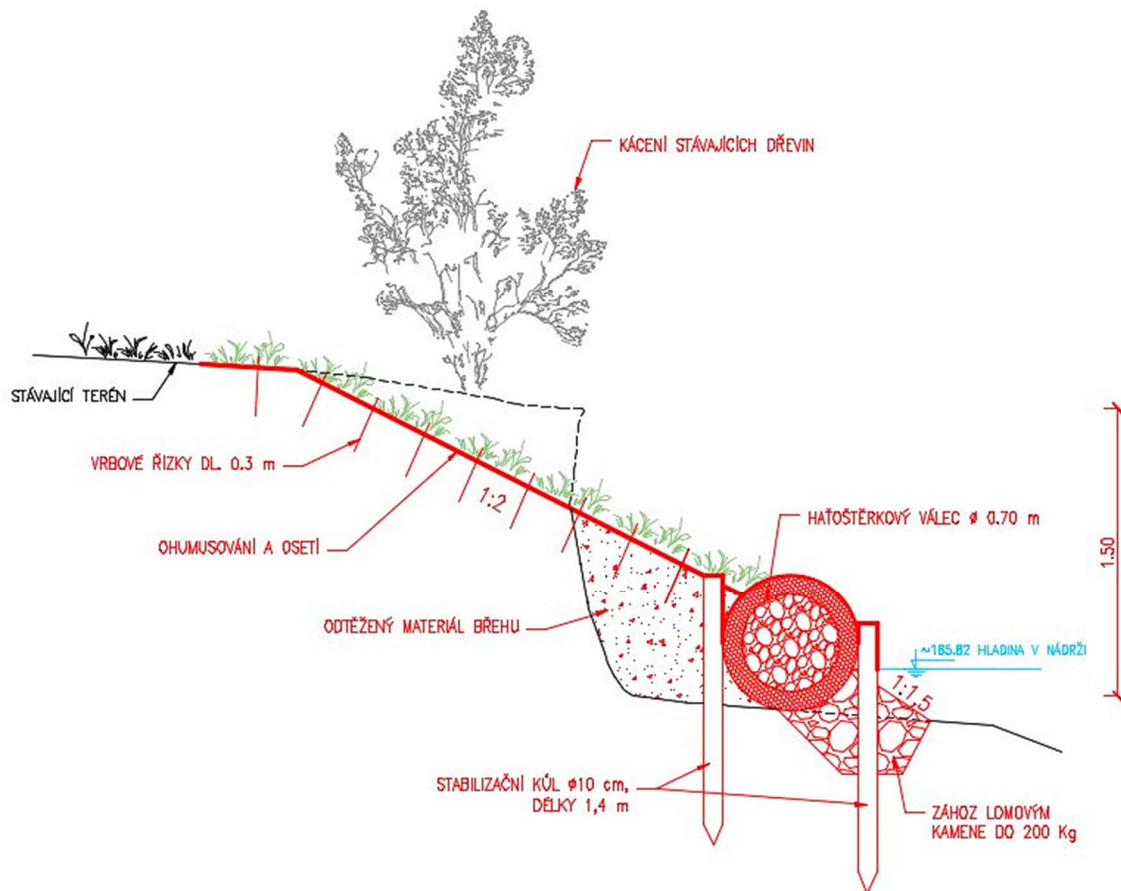
Navržený sklon svahu je volen s ohledem na výskyt stávajících vzrostlých dřevin, viz obrázek č. 12, které se v rámci navržené stabilizace snažím alespoň částečně zachovat.

3.4.2. Stabilizace části břehu štěrkopískovny v úseku B

Pro návrh stabilizace vybrané části břehu, viz obrázek č.7, uvažujeme dle naměřených hodnot výšku abrazního srubu přibližně 1,5 m. Z přiložené fotodokumentace v kapitole 3.3.1 se v ploše nově navržené stabilizace vyskytují stávající vzrostlé dřeviny, které před začátkem úprav bude nutno pokácet, včetně odstranění pařezů. Veškeré získané zemní materiály v rámci stavebních úprav by měly být deponovány mimo prostor staveniště.

Navržená stabilizace by měla být provedena v období jara či léta, jelikož se určitá část tohoto opatření nachází právě pod hladinou vody v nádrži. Pro jejich realizaci bude potřeba uvažovat provádění některých prací z vody, či pod vodou.

3.4.2.1. Návrh biotechnické stabilizace haťoštěrkovým válcem



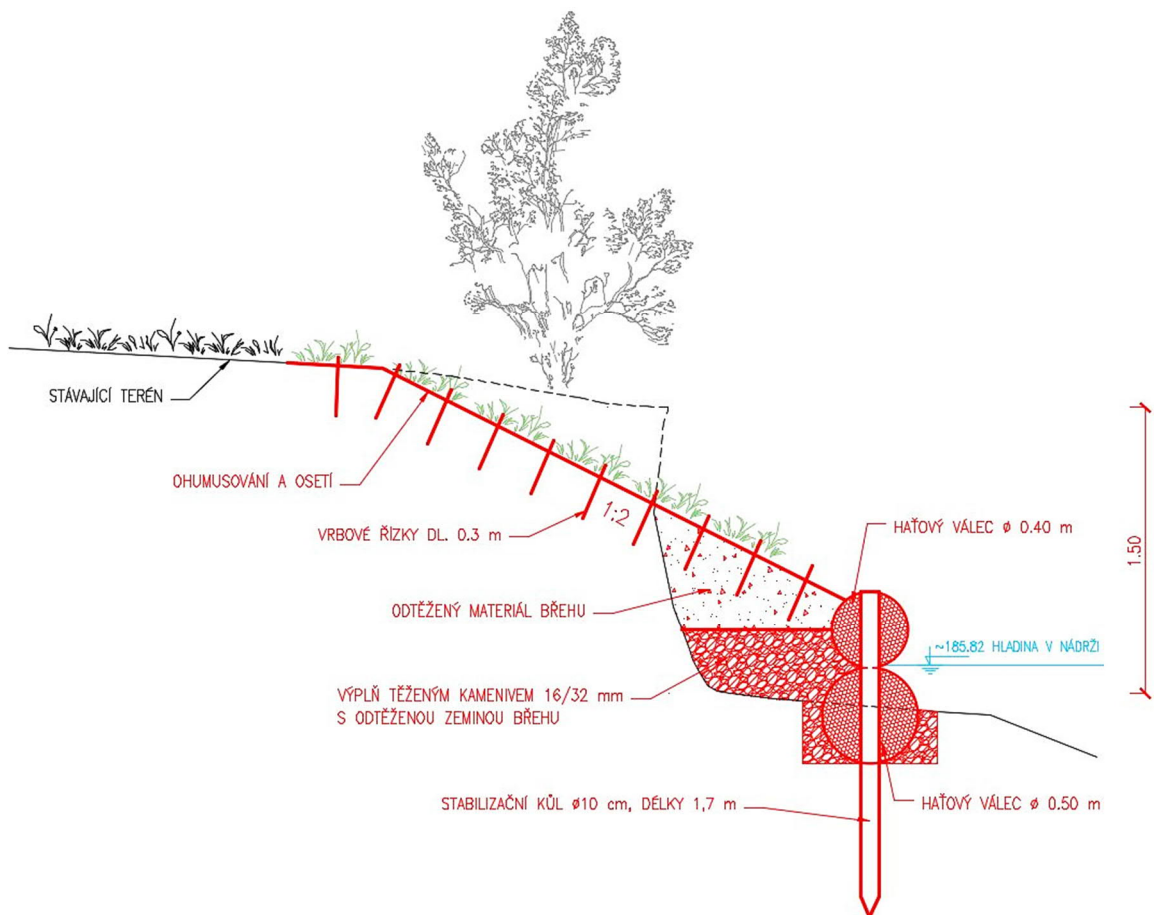
Obrázek 22 - Schéma stabilizace břehu pomocí haťoštěrkového válce [20]

Před započítím terénních úprav bude provedeno v dotčené ploše řešeného úseku sejmutí humózní vrstvy o tloušťce 20 cm. V celé délce opatření bude v oblasti abrazní plošiny proveden výkop k založení paty z lomového kamene v hloubce 30 cm, jako ochrana proti podemletí. Taktéž bude odkopána část koruny abrazního srubu. Stabilizační dřevěné kůly délky 1,4 m budou nastraženy a zaberaněny ve vzájemném rozestupu 70 cm a ve vzdálenosti co 50 cm po délce tak, aby přibližně 2 / 3 délky byly umístěny pod terénem. Následně bude vyplněn výkop záhozové paty lomovým kamenem hmotnosti do 200 kg do výšky původního terénu. Mezi jednotlivými kůly bude utvořen obal z vrbového klestu s kamennou výplní, kde v rámci návrhu bude primárně využit místní těžební materiál kamenivem frakce 16 / 32 mm, o celkovém průměru 70 cm. Klestový obal o minimální tloušťce 15 cm bude co 50 cm stahován pomocí dvojnásobného ovinutí páleným drátem průměru 3 mm. Takto zhotovené válce lze vytvářet v libovolných délkách a jejich konce musí být uzavřeny proutím tak, aby se výplň nevysypala. Po

zhotovení haťošterkové konstrukce bude z návodní strany doplněna záhozová pata lomovým kamenem po úroveň 185,82 m n.m. ve sklonu 1 : 1,5. Následně bude ze strany břehu doplněn zásyp vytěženým materiálem se zhutněním. Svahování terénu bude provedeno ve sklonu 1 : 2, na něj bude rozprostřena humózní vrstva tloušťky 15 cm a oseta vhodnou protierozní travní směsí. V rovině napojující se na stávající terén bude rozprostřena humózní vrstva o tloušťce 20 cm a taktéž oseta vhodnou protierozní travní směsí. Nakonec jako náhradu za pokácené dřeviny budou v navržené travní ploše osazeny vrbové řízky délky 30 cm ve sponu 30 cm x 50 cm, aby nad terénem vyčnívalo cca 5 cm. Vrbové řízky budou následně také plnit protiabrazní funkci.

V případě nedostatku vrbového kletu lze použít také jiné dřeviny, jako například klest dubu, lísky, olše, modřínu, habru a dalších viz odborná literatura. [13]

3.4.2.2. Návrh biotechnické stabilizace haťovým válcem



Obrázek 23 - Schéma stabilizace břehu pomocí haťových válců [20]

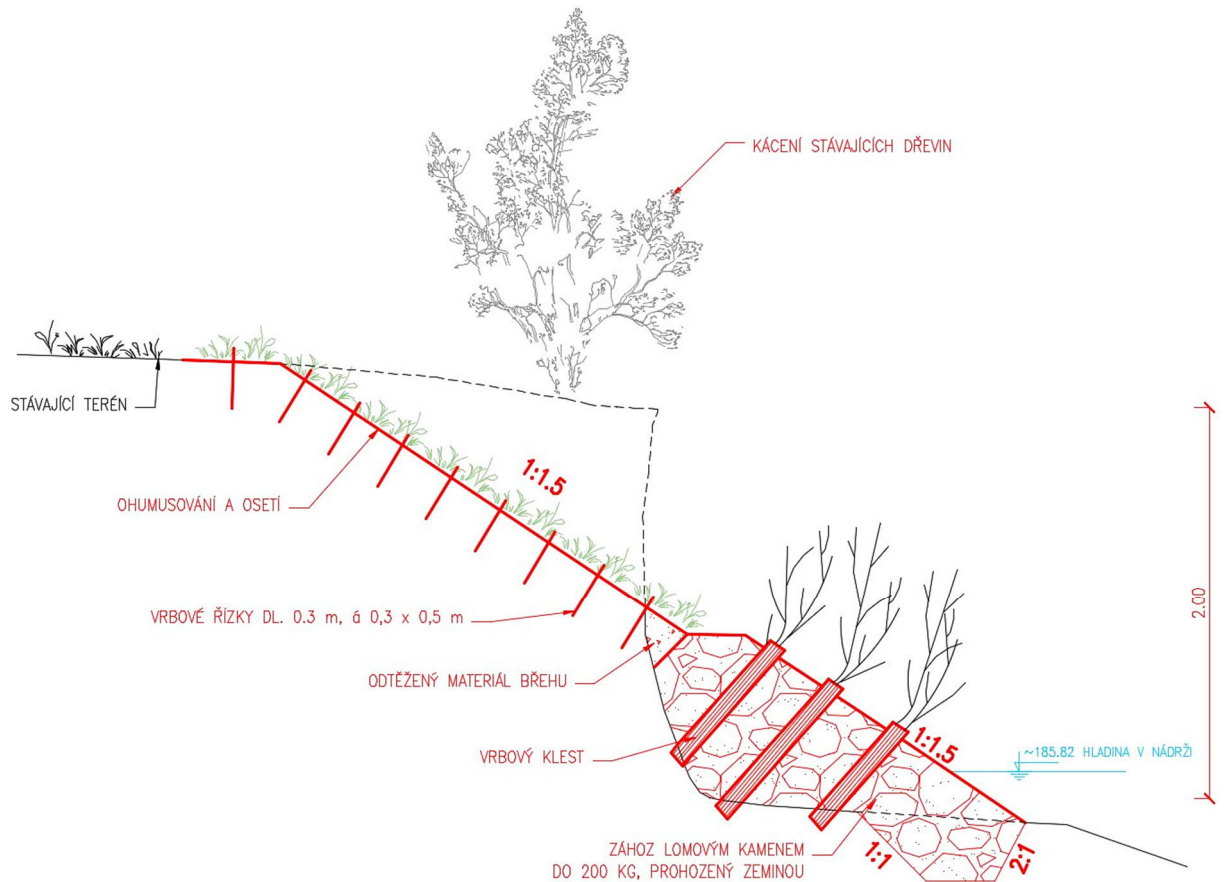
V dotčené ploše řešeného úseku bude před započítáním terénních úprav provedeno sejmutí humózní vrstvy o tloušťce 20 cm. V délce navrženého opatření bude odkopána část koruny abrazního srubu a také proveden výkop rýhy v jeho plošině o hloubce 30 cm a šířce 30 cm. Do provedené rýhy bude umístěn haťový válec o průměru 50 cm, který v ní bude plnit ochrannou funkci proti podemletí. Zbylá část bude sloužit jako stabilizační prvek svahu. Volný prostor rýhy bude vyplněn místním těžným kamenivem frakce 16 / 32 mm smíšeným s odtěženou zeminou do výšky původního terénu. Nad haťový válec průměru 50 cm bude umístěn druhý haťový válec o průměru 40 cm. Jejich poloha bude následně zajištěna probitím dřevných kůlů o průměru 10 cm a délce 1,7 m, umístěných co 50 cm v délce řešeného úseku. Haťové válce jsou tvořeny z vrbového kletu o průměru prutů 2 cm až 4 cm a délce alespoň 3 m. Připravená klest se následně dvojnásobně ovine páleným drátem o průměru 3 mm co 50 cm. Délka válce se upravuje dle potřeby. Ze strany břehu bude ke zhotoveným válcům doplněna výplň těžným kamenivem smíšeným s odtěženou zeminou po kótu 186,01 m n.m., aby při působení vln na konstrukci docházelo k co nejmenšímu vyplavování zemních částic. Zbylý prostor původního abrazního srubu bude následně zasypán se zhutněním zbylým odtěženým materiálem břehu. Svahování terénu bude provedeno ve sklonu 1 : 2, na něj se rozprostře humózní vrstva tloušťky 15 cm a oseje vhodnou protierozní travní směsí. V rovině napojující se na stávající terén bude rozprostřena humózní vrstva o tloušťce 20 cm a také oseta vhodnou protierozní travní směsí. Jako náhradu za vykácené dřeviny budou do terénu osazeny vrbové řízky délky 30 cm ve sponu 30 cm x 50 cm tak, aby nad terénem vyčnívalo cca 5 cm. Řízky po vzrůstu budou plnit nejen estetickou funkci, ale také budou celkově ztužovat konstrukci a chránit ji proti abraznímu působení.

3.4.3. Stabilizace části břehu štěrkopískovny v úseku C

Pro návrh stabilizace vybrané části břehu, viz obrázek č. 7, uvažujeme dle naměřených hodnot výšky abrazního srubu přibližně 2,0 m. V ploše nově navržené stabilizace se vyskytují stávající vzrostlé dřeviny, které bude potřeba před začátkem úprav odstranit, včetně odstranění pařezů. Tato vegetace je zachycena na obrázcích přiložených v kapitole 3.3.1 Fotodokumentace. Všechny získané zemní materiály v rámci stavebních úprav by měly být deponovány mimo prostor staveniště.

Navržená stabilizace by měla být provedena v období jara či léta, jelikož se určitá část tohoto opatření nachází právě pod hladinou vody v nádrži. Pro jejich realizaci bude potřeba uvažovat provádění některých prací z vody, či pod vodou.

3.4.3.1. Návrh biotechnické stabilizace oživeným záhozem



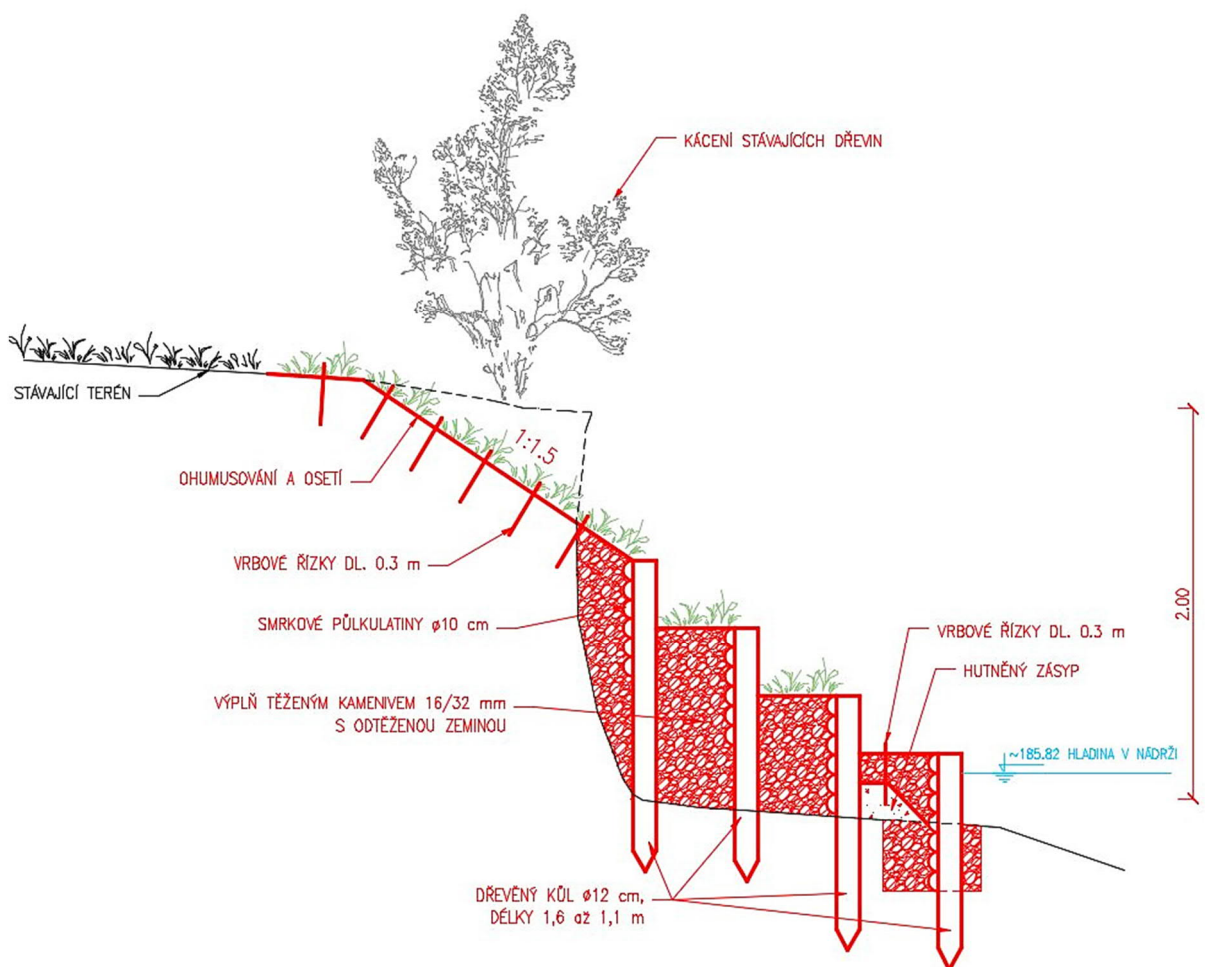
Obrázek 24 - Schéma stabilizace břehu pomocí oživeného záhozu [20]

Před započítáním terénních úprav bude v dotčené ploše řešeného úseku provedeno sejmutí humózní vrstvy o tloušťce 20 cm. V celé délce opatření bude odkopána část koruny abrazního srubu a proveden otevřený výkop v jeho plošině o hloubce 30 cm a šířce 30 cm se sklonem svahu dle výkresové dokumentace. Zde bude založena pata z lomového kamene do 200 kg sloužící jako ochrana proti podemletí. Zbýlý prostor abrazního srubu bude vyplněn lomovým kamenem do 200 kg s prohozením vytěžené zeminy ve sklonu svahu 1 : 1,5 a zásypem hutněné zeminy až po kótu 186,52 m n.m. Při provádění záhozu bude mezi kamenný materiál zastrkáván vrbový klest po celé délce úseku pro jeho oživení. Kles by měl být nejlépe zarážen tak, aby jeho konec byl vsunut do původního

břehu. Svahování stávajícího odtěženého terénu bude provedeno ve sklonu 1 : 1,5, následně na něj bude rozprostřena humózní vrstva o tloušťce 15 cm a oseta vhodnou protierozní travní směsí. V rovině napojující se na stávající terén bude rozprostřena humózní vrstva o tloušťce 20 cm a taktéž oseta vhodnou protierozní travní směsí.

V případě potřeby vyššího ztužení svahu bude cca 3 cm pod terén osazena kokosová geotextílie o plošné hmotnosti 400 g / m² pomocí dřevěných kotvících kolíků o délce 30 cm a počtu 2 ks / m².

3.4.3.2. Návrh biotechnické stabilizace oživeným srubem



Obrázek 25 - Schéma stabilizace břehu pomocí oživeného srubu [20]

V dotčené ploše řešeného úseku bude před započítím terénních úprav provedeno sejmutí humózní vrstvy o tloušťce 20 cm. V celé délce opatření bude odkopána část koruny abrazního srubu a proveden výkop rýhy v jeho plošině na kótu 185,32 m n.m. o hloubce cca 34 cm a šířce 50 cm. V rýze budou rozmístěny kůly o průměru 12 cm

a zatlučeny do hloubky 40 cm pod terén ve vzájemném rozestupu 50 cm po délce úseku. K těmto předchystaným kúlům budou upevněny smrkové půlkulatiny délky 2,0 m o průměru 10 cm pomocí hřebů (případně drátu) o celkové výšce 70 cm. Rýha bude následně zasypaná zeminou z výkopu po výšce původního terénu. Plůtek založený pod terénem bude plnit ochrannou funkci proti podemletí. V osové vzdálenosti 52 cm směrem ke břehu budou kaskádovitě umístěny a zatlučeny další kůly o průměru 12 cm a délce 1,3 m nebo 1,6 m dle výkresové dokumentace. Kůly následující úrovně budou vždy umístěny do středu vzdálenosti mezi kůly předchozí úrovně po délce úseku. Půdorysně by měli tvořit osovou vzdálenost mezi jednotlivými kůly 26 cm. Na kůly budou následně také upevněny pomocí hřebů smrkové půlkulatiny průměru 10 cm, celkové výšky 60 cm. Vzniklý meziprostor kúlů bude následně vyplněn. Jelikož vytěžené zeminy není dostatek pro vyplnění prostoru abrazního srubu, bude také použit místní materiál těžebního kameniva frakce 16 / 32 mm. Pouze v prostoru mezi kůly první a druhé řady z návodní strany, kde budou vysazeny vrbové řízky, bude jeho část vyplněna čistě zeminou z výkopu o výšce přibližně 20 cm a šířce 15 cm, pro lepší podporu růstu dřevin. Zbytek bude doplněn již zmíněným těžebním kamenivem smíšeným se zeminou a následně do výplně budou zatlačeny vrbové řízky délky 30 cm o tloušťce cca 1 cm ve sponu 50 cm tak, aby nad terénem vyčnívalo přibližně 5 cm jeho délky. Na zbylé vyplněné prostory mezi kůly bude rozprostřena humózní vrstva bez zhutnění o tloušťce 15 cm a oseta vhodnou protierozní travní směsí. Taktéž stávající odtěžený terén bude vysvahován ve sklonu 1 : 1,5, na něj bude rozprostřena humózní vrstva o tloušťce 15 cm a oseta vhodnou protierozní travní směsí. V rovině napojující se na stávající terén bude rozprostřena humózní vrstva o tloušťce 20 cm a taktéž oseta vhodnou protierozní travní směsí. Do této roviny a svahu budou následně také osazeny vrbové řízky stejných rozměrů v rozestupu 30 cm x 50 cm.

V případě potřeby vyššího ztužení svahu bude cca 3 cm pod terén osazena kokosová geotextilie stejných parametrů jako v kapitole číslo 3.4.3.2.

3.5. VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ

Pro návrhy stabilizací břehu byl zpracován podrobný položkový rozpočet jednotlivých opatření pro převládající výšku abrazního srubu řešeného úseku cca 2,0 m, aby bylo možné jednotlivé návrhy porovnat také z ekonomického hlediska.

Na obrázku č. 26, viz níže, lze vidět rekapitulaci kalkulací jednotlivých stabilizací narozpočtovaných za 1 bm. Kompletní zpracovaný rozpočet nalezneme jako přílohu č. 9 této práce.

Kód	Popis	Cena bez DPH [CZK]
Náklady stavby celkem		29 994,98
3411	Zápleťový plůtek za 1 bm, abrazní srub výšky 2 m	2 725,95
3412	Výsadba orobince za 1 bm, abrazní srub výšky 2 m	4 267,35
3421	Haťošťerkový válec za 1 bm, abrazní srub výšky 2 m	5 346,93
3422	Haťový válec za 1 bm, abrazní srub výšky 2 m	6 510,36
3431	Oživený zához za 1 bm, abrazní srub výšky 2 m	4 425,16
3432	Oživený srub za 1 bm, abrazní srub výšky 2 m	3 867,00
3412_2	Výsadba orobince za 1 bm, abrazní srub výšky 1 m	1 699,70
3411_2	Zápleťový plůtek za 1 bm, abrazní srub výšky 1 m	1 152,53

Obrázek 26 - Rekapitulace zpracovaného rozpočtu pro jednotlivé návrhy za 1 bm [20]

Z kalkulací jsme zjistili, že nejnákladnější opatření vychází z konstrukcí haťošťerkových a haťových válců. Naopak jako ekonomicky nejvýhodnější vychází stabilizace zápleťovým plůtkem, případně na druhém místě oživeným srubem. Ač se biologická stabilizace zdá jako nejméně invazivní řešení, tak pro sruby postižené 2. stupněm abraze a výše bych toto řešení nedoporučovala z důvodů značných nákladů za provedení zemních prací.

Pro řešení úsek štěrkopískovny bych z technicko-ekonomického hlediska zvolila způsob stabilizace břehu pomocí zápleťového plůtku. Je vhodným řešením pro všechny navrhované výšky abrazních srubů a z velké části by bylo možné k realizaci konstrukce použít také místní materiál (těžené kamenivo, dřevní materiál), který je také z ekonomického hlediska nejvýhodnější.

Každopádně nehledě na ekonomickou stránku návrhu, bych doporučila jako stabilizační opatření břehu řešeného úseku B a C spíše oživený zához. Z hlediska životnosti se toto opatření zdá jako nejodolnější, realizace je poměrně jednoduchá a časově ne příliš náročná. Jelikož prozatím není znám budoucí záměr s využitím oblasti řešeného úseku, pokud se například provozovatel rozhodne pokračovat těžít v úseku stabilizovaného břehu, lze snadno navržené opatření odstranit odtěžením a opětovně použít na stabilizaci jiné části postiženého břehu.

Pro část břehu řešeného úseku A, kde dosahují abrazní sruby maximální výšky 1 m, bych doporučila biologickou stabilizaci výsadbou orobince širokolistého. Na základě osobní prohlídky posuzovaného břehu byla přibližně polovina jeho části spíše minimálně poškozená abrazí, jelikož se částečně nachází v tzv. větrném stínu. Svou protiabrazní funkci také dostatečně plní stávající vegetace břehu, kterou bych se snažila ponechat. Z těchto důvodů bych v úseku A provedla jen potřebné terénní úpravy a v části abrazní plošiny vysadila orobinec širokolistý, který je pro své rozměry a vlastnosti množení (šíření) vhodný k tlumení účinků vln na břeh, mimo jiné také z estetické stránky.

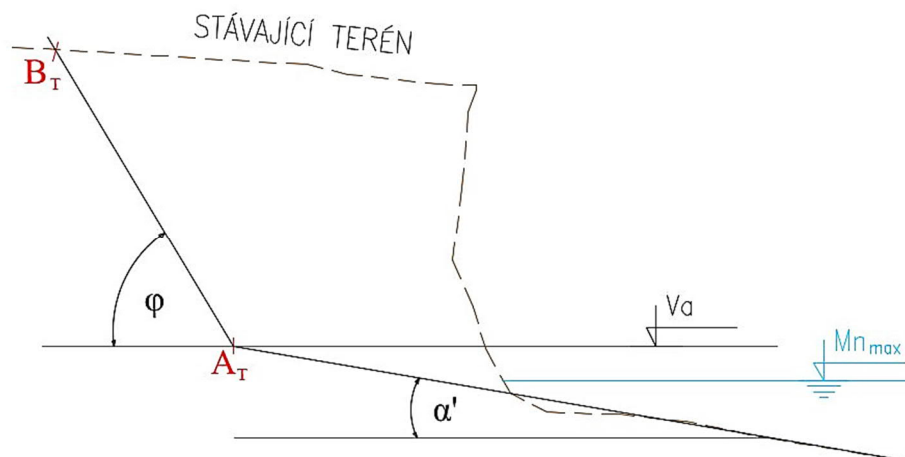
4. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

4.1. PROGNOZA ÚSTUPU BŘEHOVÉ ČÁRY

Abraze je činnost, při které dochází k obrušování podkladu dna a břehu pohybem vody společně s přemísťováním a ukládáním uvolněného materiálu. Tento jev vzniká především v oblasti břehů se sklonem svahu větším než $4^\circ - 5^\circ$, k jeho vzniku samozřejmě přispívají také jiné faktory (např. geologické, antropogenní, klimatické, ekologické a jiné).

Pro stanovení prognózy ústupu břehové čáry je použita metoda založená na stanovení bodu abrazní terminanty A_T , neboli bodu, kde se postup abraze samovolně zastaví. K určení ústupu břehové čáry je nutno prvně určit (znát) nejčtenější hladinu Mn_{max} , návrhovou výšku vlny h_n , střednici vlny h_0 a výšku „nahnání“ hladiny větrem ΔH . Následně vypočteme hodnotu nadmořské výšky paty abrazního srubu V_a . Určíme-li sklon abrazní plošiny α' řešeného úseku, tak průsečíkem přímky charakterizující ustálený sklon zkoumané plošiny a vodorovné přímky ve výšce V_a získáme hledaný bod A_T . Od tohoto bodu vyneseme přímku svírající úhel vnitřního tření zeminy ϕ abrazního srubu s již vynesenu přímku ve výšce V_a , jejímž průsečíkem se stávajícím terénem je hledaný bod B_T , neboli bod maximálního ústupu břehové čáry. Vzniklá linie znázorňuje předpokládaný maximální ústup břehové čáry, neboli prognózu ústupu břehové čáry zkoumané lokality.

Na obrázku č. 27 níže lze vidět vzorový příčný profil abrazního srubu s grafickým znázorněním hledaných bodů A_T a B_T . [12]



Obrázek 27 - Grafické znázornění stanovení abrazní terminanty dle modifikované metody [20]

4.1.1. Stanovení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}

Abychom stanovili efektivní délku rozběhu větru je nutné znát převládající směr větru. Dle dohody s vedoucím práce uvažujeme pro výpočet severozápadní směr větru. Pro zjednodušení výpočtu předpokládáme, že vítr vane účinně v hlavním směru větru $\pm 45^\circ$ na obě strany. K výpočtu stanovíme 15 radiál, kde střední radiála je rovná hlavnímu směru větru a od ní z každé strany vykreslíme 7 radiál v intervalech po 6° až k protějšímu břehu. Tedy první a patnáctá radiála bude svírat úhel 42° s osmou, středovou radiálou. [11]

Pro výpočet efektivní délky rozběhu větru L_{ef} je použit vzorec:

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} \quad (4.1.1.1)$$

kde i ... i-tá radiála [1-15]

L_i ... délka i-té radiály [m]

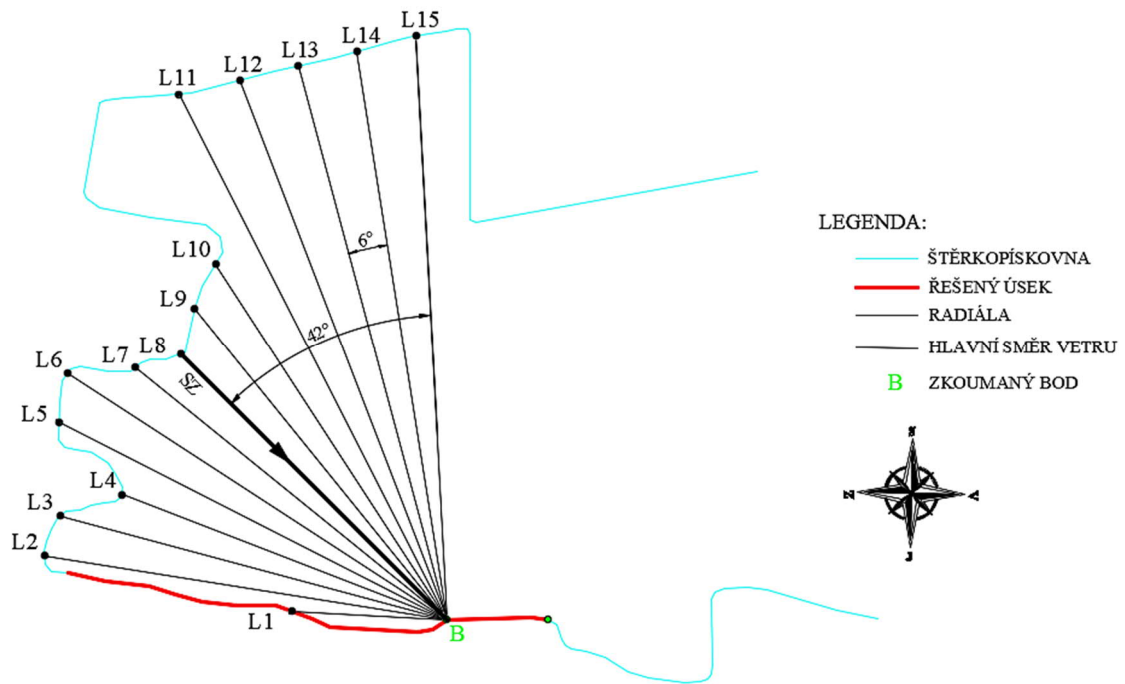
φ_i ... úhel svírající i-tou radiálu a hlavní směr větru [$^\circ$]

Vypočtenou hodnotu L_{ef} je nutno porovnat se skutečnou rozběhovou délkou L , abychom zjistili, která z hodnot je vyšší. Efektivní délka nemusí být vždy větší než skutečná. K následujícím výpočtům bude použita vyšší hodnota ze zmíněných dvou délek.

Tabulka 2 - Hodnoty použity pro výpočet L_{ef} [20]

Radiála	1	2	3	4	5	6	7	8
Délka [m]	171,31	449,20	441,44	383,84	480,17	498,67	442,21	415,41
ϕ [$^\circ$]	42	36	30	24	18	12	6	0
ϕ [rad]	0,733	0,628	0,524	0,419	0,314	0,209	0,105	0,000

Radiála	9	10	11	12	13	14	15
Délka [m]	442,21	468,39	651,31	637,73	633,18	635,14	645,46
ϕ [$^\circ$]	6	12	18	24	30	36	42
ϕ [rad]	0,1047	0,2094	0,3142	0,4189	0,5236	0,6283	0,7330



Obrázek 28 - Schéma řešeného úseku pro výpočet L_{ef} [20]

Dosažení hodnot z tabulky č. 2 do vzorce (4.1.1.1):

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} = \frac{6058,17}{13,51} = 448,39 \text{ m}$$

Vypočtená efektivní délka rozběhu větru L_{ef} je 448,39 m.

Skutečná délka rozběhu větru L je 415,41 m.

$$\frac{L_{ef}}{L} = \frac{448,39}{415,41} = 1,0794 > 1$$

Ze vzorce výše vyplývá, že efektivní délka rozběhu větru je větší než skutečná délka rozběhu větru, tedy pro následující výpočty bude použita hodnota $L_{ef} = 448,39 \text{ m}$.

4.1.2. Stanovení návrhové výšky vlny h_n

Pro stanovení návrhové výšky vlny použijeme k výpočtu zjištěnou délku rozběhu větru a návrhovou rychlost větru w_{10} , kde pro výpočet uvažujeme po konzultaci s vedoucím práce rychlost 15 m/s.

Pro výpočet návrhové výšky vlny h_n použije vzorec [12]:

$$h_n = 0,0026 \cdot \frac{w_{10}^{1,06} \cdot L_{ef}^{0,47}}{g^{0,53}} \quad (4.1.2.1)$$

kde w_{10} ... návrhová rychlost větru [m/s]
 L_{ef} ... efektivní délka rozběhu větru [m]
 g ... tíhové zrychlení [m/s²]

Dosazení hodnot do vzorce (4.1.2.1):

$$h_n = 0,0026 \cdot \frac{15^{1,06} \cdot 448,39^{0,47}}{9,81^{0,53}} = 0,241 \text{ m}$$

Vypočtená hodnota pro návrhovou výšku vlny h_n je rovna 0,241 m.

4.1.3. Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH

U nádrží se skutečnou délkou rozběhu větru menší než 1 000 m hodnotu nahnání hladiny větrem ani není třeba počítat. Ve většině případů je výpočet nahnání vody ve směru větru zanedbatelný, jelikož výsledné hodnoty dosahují rozměru v milimetrech. K hromadění vody v oblasti protilehlých břehů dochází právě ve směru působení větru.

Pro stanovení výpočtu je třeba znát rychlost větru ve výši 10 m nad hladinou vody, délku rozběhu vlny, úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru a hloubku vody v nádrži. Do výpočtu byla uvažována rychlost větru $w_{10v} = 15$ m/s, úhel $\delta = 45^\circ$ a hloubka nádrže H je rovna 20 m. [12]

Pro výpočet hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH použijeme vzorec:

$$\Delta H = k_w \cdot \frac{w_{10v}^2 \cdot L_{ef}}{g \cdot H} \cdot \cos \delta \quad (4.1.3.1)$$

Kde k_w ... součinitel závislý na rychlosti větru

pro $w_{10v} < 20$ m/s = $2,1 \cdot 10^{-6}$

pro $w_{10v} < 30$ m/s = $3,0 \cdot 10^{-6}$

pro w_{10v} mezi hodnotami 20 a 30 m/s = hodnota dle lineární interpolace

w_{10v} ... rychlost větru ve výši 10 m nad hladinou vody [m/s]

L_{ef} ... efektivní délka rozběhu větru [m]

g ... tíhové zrychlení [m/s²]

H ... hloubka vody v nádrži [m]

δ ... úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru [°]

Dosazení hodnot do vzorce (4.1.3.1):

$$\Delta H = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{15^2 \cdot 448,39}{9,81 \cdot 20} \cdot \cos 45^\circ = 0,0008 \text{ m}$$

Vypočtená hodnota pro „nahnání“ hladiny větrem je rovna 0,0008 m.

4.1.4. Určení střednice vlny h_0

Při předpokladu sinusového profilu vlny dle ČSN 75 0255, můžeme střednici vlny ztotožnit s hladinou v klidu. V takovém případě uvažujeme o nulovém převýšení a hodnota střednice vlny h_0 je rovna 0 m.

$$h_0 = 0 \text{ m}$$

4.1.5. Určení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a

K zajištění stability břehu provedeme určení nadmořské výšky vzniklé paty abrazního srubu. Tato hodnota definuje oblast, na kterou bude kladen nejvyšší důraz při stabilizaci břehu.

Dle předpokládané teorie se pata abrazního srubu posune až k abrazní terminantě. Abrazní terminanta je bod určený průsečíkem přímky ustálené části abrazní plošiny a přímky nejčtetnější hladiny navýšenou o návrhovou výšku vlny. V tomto bodě by se měl postup paty abrazního srubu zastavit a břeh výše bude porušován a erodován do doby ustálení skonu svahu v závislosti na úhlu vnitřního tření zeminy φ . [12]

K výpočtu je uvažována po domluvě s vedoucím práce hodnota nejčtetnější hladiny Mn_{\max} 185,82 m n.m. a zbylé hodnoty budou převzaty z předchozích výpočtů.

Pro výpočet paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a použijeme vzorec:

$$V_a = Mn_{\max} + \frac{h_n}{2} + h_0 + \Delta H \quad (4.1.5.1)$$

kde V_a nadmořská výška paty abrazního srubu [m n.m.]

Mn_{\max} nejčtetnější hladina [m n.m.]

h_n ... návrhová výška vlny [m]

h_0 ... střednice vlny [m]

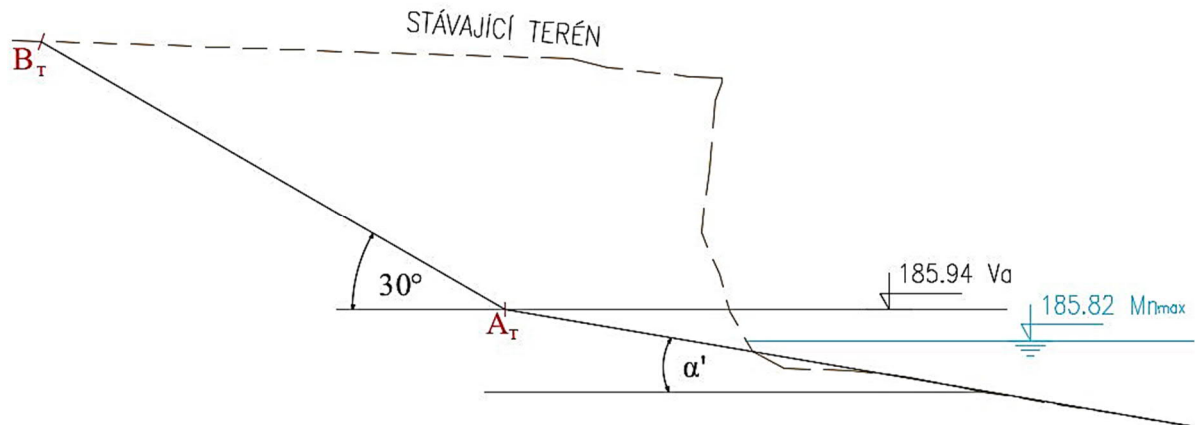
ΔH ... výška nahnání hladiny větrem [m]

Dosazení hodnot do vzorce (4.1.5.1):

$$V_a = 185,82 + \frac{0,241}{2} + 0 + 0,0008 = 185,94 \text{ m n. m.}$$

Vypočtena úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a je rovna 185,94 m n.m.

Grafické znázornění metody abrazní terminanty dle výpočtu:



Obrázek 29 - Grafické znázornění abrazní terminanty dle výpočtu [20]

Jelikož je odhalená část břehu tvořena především hlinitými písky, byl pro grafické znázornění uvažován úhel vnitřního tření zeminy $\varphi = 30^\circ$. Sklon abrazní plošiny α' byl použit ze vzorového řezu pro návrh stabilizace, tedy jeho skutečná hodnota není známá.

kde AT ... abrazní terminanta

BT ... bod maximálního ústupu břehové čáry

Mn_{max} ... nejčtetnější hladina v nádrži [m n.m.]

V_a ... nadmořská výška paty abrazního srubu [m n.m.]

α' ... sklon abrazní plošiny [$^\circ$]

φ ... úhel vnitřního tření zeminy [$^\circ$]

5. ZÁVĚR

Při zpracování bakalářské práce byla provedena osobní prohlídka stávajícího stavu řešené lokality a také byla pořízena fotodokumentace. Na základě zjištěných údajů byl vyhodnocen současný stav abraze, kde získané podklady byly přínosem při návrhu protiabrazních konstrukcí. Břehové území zde tvoří převážně hlíny a jemné písky, tedy nejnáchylnější materiál k abraznímu poškození vlivem eolického působení.

Bakalářská práce je rozdělena primárně na průvodní zprávu, technickou zprávu, hydrotechnické výpočty a výkresovou dokumentaci s oceněným soupisem prací. V průvodní zprávě jsou popsány správní a technické údaje, geologické, hydrologické poměry a další údaje o území (viz kapitola 2.2).

V technické zprávě je popsán stávající stav řešeného úseku, na který je následně proveden návrh šesti protiabrazních opatření, rozdělených dle výšky abrazního srubu. Při zpracování návrhu stabilizací byl kladen důraz na využití pouze biotechnických a biologických prvků, dle žádosti orgánu životního prostředí v Kroměříži. Návrhy jsou také zpracovány s ohledem na ekonomičnost, tedy s důrazem na maximální využití místních materiálů. Stabilizace jsou převážně tvořeny biotechnickou konstrukcí, kde biologické prvky představují vrbové pruty, řízky a další vegetační oživení. Technickou část stabilizace tvoří lomový kámen, těžené kamenivo a tzv. „mrtvé“ dřevo (půlkulatiny). Pro návrh biologické stabilizace bylo také použito vegetační oživení, kde hlavní stabilizační prvek tvoří vysazený orobinec širokolistý.

Součástí technické zprávy je také celkové vyhodnocení navržených opatření a zvolen návrh stabilizace řešeného úseku (viz kapitola 3.4).

Další zpracovanou část tvoří hydrotechnické výpočty, kde byla vypočtena výšková úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu pomocí určení efektivní délky rozběhu větru a znázornění prognózy ústupu břehové čáry pomocí schématu.

Ve výkresové dokumentaci jsou zpracovány vzorové příčné řezy jednotlivých stabilizačních opatření společně s přehlednou a podrobnou situací zájmové lokality. Pro jednotlivé návrhy stabilizací byl také zpracován rozpočet pro jednotnou výšku abrazního srubu za 1 bm řešeného úseku k následnému ekonomickému srovnání.

POUŽITÁ LITERATURA A INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1] Štěrkopískovna Hulín | HeidelbergCement Česká republika. [online]. [cit. 03.03.2021]. Dostupné z: <http://www.heidelbergcement.cz/cs/o-nas/cms>
- [2] Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.5045000&y=50.0804000&z=11>
- [3] Středomoravská niva | Moravské-Karpaty.cz. *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geomorfologie/stredomoravska-niva/>
- [4] GODANY, Josef. PASPORTIZACE LOMŮ PŘÍRODNÍHO KAMENIVA ČR. In: *Pjpk.cz* [online]. 2014 [cit. 02.04.2021]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_4_6_5_KAMENIVO/kamenivo.pdf.pdf
- [5] Česká geologická služba [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/?center=-534800%2C-1153600%2C102067&level=8>
- [6] rusava | Moravské-Karpaty.cz. *Moravské-Karpaty.cz* [online]. [cit. 09.04.2021]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/?s=rusava>
- [7] Řeka Morava, Olšava a další toky v katastru města. *Rozcestník* [online]. Copyright © 2010 [cit. 09.04.2021]. Dostupné z: http://ku.povodnoveplany.cz/lang_cs/clanek/317/
- [8] Klimatické poměry | Moravské-Karpaty.cz. *Moravské-Karpaty.cz* [online]. [cit. 09.04.2021]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/category/prirodni-pomery/klima/>
- [9] Informační systém EIA. [online]. [cit. 09.04.2021]. Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_OV8266
- [10] Aktuality - Mokřad Pumpák - Oficiální stránky města Hulín. *Město Hulín - Oficiální stránky města Hulín* [online]. Copyright © 2021 [cit. 16.04.2021]. Dostupné z: <https://www.hulin.cz/aktualne/aktuality/mokrad-pumpak-1670cs.html>
- [11] ŠLEZINGR, Miloslav. *Břehová abraze - možnosti stabilizace břehů: Bank erosion - possible ways of bank stabilization : monografie*. Brno: Mendelova univerzita v

- Brně, 2011. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-566-9.
- [12] ŠLEZINGR, Miloslav. *Břehová abraze: příspěvek k problematice zajištění stability břehů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-7204-342-0.
- [13] NOVÁK, Ladislav, Marie IBLOVÁ a Václav ŠKOPEK. *Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986. Ochrana životního prostředí.
- [14] ŠIMÍČEK, Václav. *Břehové a doprovodné porosty vodních toků - součást lužních ekosystémů*. Praha: Agrospoj, 1999. ISBN (váz.):.
- [15] ÚRADNÍČEK, Luboš a Miloslav ŠLEZINGR. *Stabilizace břehů: za využití armované zemní konstrukce s podporou kořenových systémů dřevin*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-7204-550-1.
- [16] ČSN 75 0120 (750120) A *Vodní hospodářství - Terminologie hydrotechniky: Water management - Terminology of hydrotechnics structures*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. Česká technická
- [17] *Vodník: zpravodaj společnosti Vodovody a kanalizace Kroměříž, a.s.* Kroměříž: Vodovody a kanalizace Kroměříž, 2012.
- [18] ČSN 73 3055 (733055) *Zemní práce při výstavbě potrubí : Earth works for pipelines*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018. Česká technická
- [19] ČSN 75 0255 (750255) *Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích : Calculation of wave effects on waterworks*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1987. Československá státní norma
- [20] Vlastní tvorba
- [21] Podnikatelská sféra.: Katalog firem Zlínského kraje. *Katalog firem Zlínského kraje* [online]. [cit. 01.05.2021]. Dostupné z: <https://www.katalogfiremzk.cz/profil-regionu/podnikatelska-sfera/>
- [22] Hulín | Charakteristika zájmového území. *EDPP.CZ / Elektronický digitální povodňový portál* [online]. Copyright © 2010 [cit. 01.05.2021]. Dostupné z: https://www.edpp.cz/hul_charakteristika-zajmoveho-uzemi/

- [23] 403 Forbidden. *Apache HTTP Server Test Page powered by CentOS* [online].
[cit. 01.05.2021]. Dostupné z: <https://lesy.cz/media/kurovec-caste-dotazy/zlinsky-kraj/>
- [24] [online]. Copyright © 2021 eStránky.cz [cit. 01.05.2021]. Dostupné
z: <https://mrsokromeriz.estranky.cz/clanky/reviry.html>
- [25] *Zlínský kraj - Východní Morava* [online]. [cit. 01.05.2021]. Dostupné
z: <https://www.vychodni-morava.cz/cil/956>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Ilustrace těžby z vody prováděné na Hulínské štěrkopískovně [1].....	11
Obrázek 2 - Přehledná mapa s vyznačením Zlínského kraje [2]	15
Obrázek 3 - Lokalizace Hulínské štěrkopískovny na mapě [2]	15
Obrázek 4 – Schéma zadaného úseku štěrkopískovny ke stabilizaci [20]	16
Obrázek 5 - Geologická mapa zájmové lokality [5]	17
Obrázek 6 - Mapa Přírodního parku Záhlinické Rybníky [2].....	24
Obrázek 7 – Schéma rozdělení řešeného úseku podle výšek abrazního srubu [20].....	27
Obrázek 8 – Stávající vegetace pod hladinou vody [20].....	28
Obrázek 9 – Stávající vegetace v porovnání s člověkem [20].....	28
Obrázek 10 – Stávající vegetace v litorálním pásmu [20].....	29
Obrázek 11 – Stávající vegetace v litorálním pásmu [20].....	29
Obrázek 12 - Abrazní srub v úseku A [20].....	30
Obrázek 13 – Abrazní srub v úseku A [20]	30
Obrázek 14 – Abrazní srub úseku B [20]	31
Obrázek 15 – Abrazní srub úseku B [20]	31
Obrázek 16 - Abrazní srub úseku C [20].....	32
Obrázek 17 - Abrazní srub úseku C [20].....	32
Obrázek 18 - Pohled na korunu stávajícího terénu abrazního srubu [20]	33
Obrázek 19 - Pohled na původní břeh pod stávající hladinou vody [20]	33
Obrázek 20 - Schéma stabilizace břehu pomocí zápletového plůtku [20]	37
Obrázek 21 - Schéma stabilizace břehu pomocí výsadby orobince [20].....	38
Obrázek 22 - Schéma stabilizace břehu pomocí haťoštěrkového válce [20].....	40
Obrázek 23 - Schéma stabilizace břehu pomocí haťových válců [20].....	41
Obrázek 24 - Schéma stabilizace břehu pomocí oživeného záhozu [20]	43
Obrázek 25 - Schéma stabilizace břehu pomocí oživeného srubu [20]	44
Obrázek 26 - Rekapitulace zpracovaného rozpočtu pro jednotlivé návrhy za 1 bm [20]	46

Obrázek 27 - Grafického znázornění stanovení abrazní terminanty dle modifikované metody [20]	48
Obrázek 28 - Schéma řešeného úseku pro výpočet L_{ef} [20]	50
Obrázek 29 - Grafické znázornění abrazní terminanty dle výpočtu [20]	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Skladba profilu průzkumného vrtu ID 490036 [5]17

Tabulka 2 - Hodnoty použity pro výpočet Lef [20]49

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

tzv.	Takzvaně
např.	Například
ČSN	Česká technická norma
č.	Číslo
Ø	Průměr
VUT	Vysoké učení technické
m n.m.	Metrů nad mořem
ŽB	Železobeton
bm	Běžný metr
CHKO	Chráněná krajinná oblast

SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace řešené lokality	1 : 100 000
2. Podrobná situace řešené lokality	1 : 5 000
3. Vzorový řez – zápleťový plůtek	1 : 25
4. Vzorový řez – Výsadba orobince	1 : 25
5. Vzorový řez – Haťošťerkový válec	1 : 25
6. Vzorový řez – Haťový válec	1 : 25
7. Vzorový řez – Oživený zához	1 : 25
8. Vzorový řez – Oživený srub	1 : 25
9. Oceněný soupis prací	