

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny

Stabilizace břehů údolní nádrže Letovice
Bakalářská práce

2015/2016

Ludmila Alexová

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: Stabilizace břehů údolní nádrže Letovice zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona. Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne: 28. 4. 2016..... podpis studenta

Poděkování

Nejdříve bych chtěla poděkovat za vedení této bakalářské práce, poskytnuté konzultace při zpracovávání a za cenné připomínky panu prof. Dr. Ing. Miloslavovi Šlezingrovi. Děkuji všem svým blízkým za podporu při zpracování této bakalářské práce.

ABSTRAKT

Název: Stabilizace břehů údolní nádrže Letovice

Autor: Ludmila Alexová

Bakalářská práce se zabývá návrhem stabilizací břehů údolní nádrže Letovice poškozených abrazí. Břehová abraze je způsobena působením větrových vln a kolísáním vodní hladiny. Nejvíce poškozené břehy se nacházejí na levém břehu nádrže v blízkosti rekreačního střediska Svitavice. V práci je statisticky vyhodnocena nejčtenější hladina v nádrži za posledních deset let. Výsledkem práce je stanovení abrazní terminanty a návrh zejména biotechnických způsobů ochrany břehů, které mají za účel zpomalit nebo zastavit projevy abraze.

Klíčová slova: vodní nádrž, abraze, biotechnická stabilizace, nejčtenější hladina

ABSTRACT

Title of thesis: Stabilization of the shores of Letovice water reservoir

Author: Ludmila Alexová

This thesis is focused on proposals to stabilize the shores of the Letovice water reservoir, damaged by abrasion. Shore abrasion is caused by the action of wind waves and by fluctuations in water levels. Most damaged area is located on the left bank of the reservoir near the Svitavice recreation center. The work is evaluated statistically most frequent level in reservoir for the last ten years. Results of this thesis are determination of abrasion terminant, proposal in particular biotechnical methods of protecting the banks, which are designed to slow or stop the symptoms of abrasion.

Key words: water reservoir, abrasion, biotechnical stabilisation, the most frequent level

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL PRÁCE.....	9
3	PRŮVODNÍ ZPRÁVA.....	10
	3.1 Správní orientace.....	10
	3.2 Geodetické podklady.....	11
	3.3 Hydrologické podklady.....	11
	3.4 Přírodní poměry.....	14
	3.4.1 Biogeografie území.....	14
	3.4.2 Geologie a geomorfologie.....	14
	3.4.3 Půdní poměry.....	15
	3.4.4 Klimatické poměry.....	16
	3.5 Požadavky na odběry.....	17
	3.6 Čistota vod.....	18
	3.7 Průmysl.....	19
	3.8 Zemědělství.....	19
	3.9 Lesnictví.....	20
	3.10 Rekreační využití.....	20
	3.10.1 Vodní sporty.....	21
	3.10.2 Rybolov.....	21
	3.11 Splavnost toku.....	21
	3.12 Životní prostředí – současný stav.....	21
4	Metodika.....	23
5	Technická zpráva.....	24
	5.1 Popis zájmové lokality.....	24
	5.2 Popis stávajícího stavu.....	25
	5.2.1 Základní popis.....	25
	5.2.2 Nádrž.....	25
	5.2.3 Vzdouvací objekt - hráz.....	26
	5.2.4 Výpustná zařízení.....	27
	5.2.5 Přeliv a skluz s vývarem.....	28
	5.2.6 Odpadní koryto.....	29
	5.2.7 Malá vodní elektrárna.....	29

5.3	Hydrotechnické výpočty	30
5.3.1	Stanovení nejčtetnější hladiny Mn_{max}	31
5.3.2	Stanovení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}	43
5.3.3	Stanovení návrhové výšky vlny h_n	44
5.3.4	Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH	45
5.3.5	Určení střednice vlny h_0	46
5.3.6	Určení výškové úrovně paty nejvýše položeného srubu V_a	46
5.3.7	Stanovení sklonu abrazní plošiny α' dle Pyškina	46
5.4	Vlastní návrh úpravy	47
5.4.1	Drátokamenné koše - gabiony	50
5.4.2	Kamenná rovnanina	51
5.4.3	Kulatina v kombinaci s kamenným záhozem	52
5.4.4	Dvouřadový zápletový plůtek	53
5.4.5	Haťoštěrkové válce	54
5.4.6	Kombinace zápletového plůtku a kamenného pohození	55
5.4.7	Kamenná lavice s porostem rákosin	56
5.5	Technicko-ekonomické zhodnocení	57
6	Závěr	61
7	Summary	62
8	Seznam použité literatury a zdrojů	63
	Seznam obrázků a tabulek	66

1 ÚVOD

Přehradní nádrže jsou už od nepaměti významným krajinným prvkem a důležitým prostředkem pro víceúčelové hospodaření s vodou. Vodní nádrže slouží nejenom k zásobování pitnou vodou pro obyvatelstvo, výrobě elektrické energie, vyrovnáním průtoků, ochraně před povodněmi, zásobárnou vody pro závlahy zemědělských pozemků, ale i pro rekreační využití a rybolov. Údolní nádrž Letovice postavená na dolním toku řeky Křetínské je velmi rekreačně využívána. Přehrada je v letních měsících hojně navštěvována obyvateli nejenom za účelem koupání, ale i k různým vodním sportům.

Vodní nádrže jsou nejvíce ohrožovány břehovou abrazí. Abrazie je vlastně plošné obrušování dna a břehů vlněním vody, které má za následek vznik abrazních srubů a následné možné sesuvy půdy. Obrušování břehů je také spojeno se zanášením nádrží a znečištěním vody uvolňovaným materiálem a ohrožením objektů a komunikací v blízkosti břehu. Tento problém je však řešen až po vzniku abrazního srubu, kdy jediným řešením je stabilizovat břehy vhodným opevněním, aby se snížila rychlost postupu břehové abrazy. Předložená práce se zabývá možnými variantami řešení stabilizace břehů ve vybrané lokalitě na údolní nádrži Letovice.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je zhodnocení stávajícího stavu vodní nádrže a zajištění geologických, pedologických a hydrologických podkladů. Dále bylo potřeba zjistit výšky úrovně hladin ve vodní nádrži Letovice v rozmezí posledních deseti let a statisticky vyhodnotit nejčtenější hladinu.

Dále bylo úkolem provést hydrotechnické výpočty k určení abrazní terminanty na vybrané části břehu údolní nádrže. Přínosem práce bude navržení vhodných opatření stabilizace poškozených břehů v zájmové oblasti.

3 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

3.1 Správní orientace

Vodní nádrž Letovice, též zvaná přehrada Křetínka, se nachází přibližně 40 km severně od města Brna. Údolní nádrž Letovice leží mezi obcí Křetín a městem Letovice v nejspodnější části toku Křetínky. Nádrž má výrazně protáhlý tvar o délce přibližně 3,5 km. Zájmové území nádrže zasahuje do katastrálních území obcí Křetín, Lazinov, Dolní Poříčí, Vranová a Letovice.

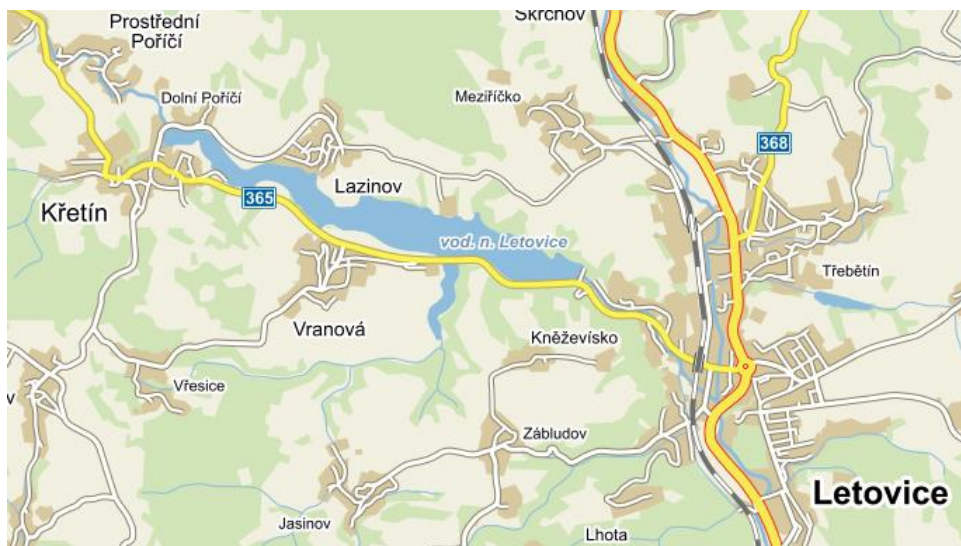
O stavbě této údolní nádrže se uvažovalo už v roce 1911. Podle tehdejšího projektu měla mít přehrada kamennou hráz a zadržet celkový objem 5,8 milionů m³ vody. V roce 1929 byla vypracována studie nádrže s dvojnásobným objemem zadržované vody a s využitím vodní energie v elektrárně postavené při patě hráze. Hlavní význam vodního díla spočíval v zadržení velkých vod a zabránění povodňovým škodám, dále se také očekávalo, že nahradí řece Svitavě úbytek vody, který v ní nastal po vybudování březovského vodovodu pro Brno (Brodesser 2005).

Tálská a kol. (1981) uvádí, že údolní nádrž na Křetíně je součástí výstavby souboru staveb pro zásobování města Brna pitnou vodou. Součástí celého souboru jsou tři samostatné stavby a to druhý březovský vodovod, údolní nádrž na Křetíně u Letovic a rozvod vody v městě Brně.

O umístění nádrže do profilu v členitém povodí Svitavy bylo rozhodnuto v roce 1969. O rok později byla schválena projektová dokumentace a samotná výstavba vodní nádrže se uskutečnila v letech 1972 – 1976. Vodní nádrž Letovice byla uvedena do provozu v roce 1976 (Povodí Moravy, s. p. 2016).

Pod hladinou přehrady je velká část obce Lazinov, která byla zatopena při stavbě, přičemž současná obec Lazinov byla nově postavena na levém břehu nádrže.

Hlavním posláním této vodní nádrže je kompenzační nadlepení průtoků na řece Svitavě na $Q_{\min} = 0,860 \text{ m}^3/\text{s}$ do profilu pod soutokem Svitavy a Křetínky. Dále také slouží pro trvalé zajištění minimálního zůstatkového průtoku pod přehradou MZP = $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$ a snížení povodňových průtoků neovladatelným retenčním prostorem. Mezi další účely tohoto vodního díla patří energetické využití odtoků z nádrže v malé vodní elektrárně, chov ryb a sportovní rybářství. Přehrada má dále sloužit k rekreaci a vodním sportům (Manipulační řád pro přehradu Letovice 2009).



Obr. 1: Správní orientace vodní nádrže Letovice (Mapy.cz 2016)

3.2 Geodetické podklady

Základní mapa ČR (1:50 000)

Situace nádrže (1:10 000)

3.3 Hydrologické podklady

Řeka Křetínka má tok dlouhý 29 km. Pramení na severovýchodě Čech v Třebovském mezihoří u obce Stašov v nadmořské výšce 645 m. Křetínka má 26 pravostranných (např. Kavinský potok) a 21 levostranných přítoků (např. Rohozenský potok). Plocha povodí řeky Křetínky je 126,32 km². Ve vzdálenosti asi 3 km pod hrází vodní nádrže Letovice se Křetínka v městě Letovice (Obr. 2) vlévá do řeky Svitavy (Wikipedia 2016).

Řeka Svitava, levostranný přítok řeky Svratky, pramení v oblasti Svitavské pahorkatiny nedaleko města Svitavy u obce Javorník v nadmořské výšce cca 471 m n. m., na rozvodí Černého a Severního moře. Její tok míří od pramene jižním směrem, protéká městem Svitavy, dále přes města Letovice, Blansko a Adamov směrem k Brnu. Na jižním konci Brna se v nadmořské výšce cca 191 m n. m. vlévá do řeky Svratky (Povodí Moravy, s. p. 2016).

Svitava má vcelku přímý tok, dlouhý 98 km, který protéká Třebovsko-svitavskou brázdou. Řeka Svitava má protáhlé povodí, jehož celková plocha je asi 1 150 km². K významným přítokům Svitavy patří Křetínka, Bělá, Křtinský potok a Punkva (Tálská a kol. 1981).



Obr. 2: Soutok Křetínský a Svitavský ve městě Letovice (Alexová 2016)

Všechny hydrologické poměry byly převzaty z Manipulačního řádu pro přehradu Letovice, vyhotovený Povodím Moravy, s. p. v roce 2009. Tento Manipulační řád pro přehradu Letovice schválil Krajský úřad Jihomoravského kraje, odbor životního prostředí dne 13. 3. 2009 s platností do 31. 3. 2019. Následující tabulky (Tab. 1 - 4) obsahují základní hydrologické údaje: n-leté průtoky, m-denní průtoky, a výpar z vodní hladiny.

Tab. 1: Základní hydrologické údaje – řeka Křetínka

Tok: Křetínka	Profil: Prostřední Poříčí	Profil: VD Letovice hráz	Profil: Letovice pod přehradou
Dlouhodobý prům. roční průtok (Q_a)	0,556 m ³ /s	0,644 m ³ /s	0,645 m ³ /s
Průměrný roční úhrn srážek	696 mm	686 mm	686 mm
Plocha povodí (A)	101,46 km ²	126,32 km ²	126,52 km ²
Specifický odtok (q)	5,72 l/s/km ²	5,10 l/s/km ²	5,09 l/s/km ²
Hydrologické číslo povodí	4-15-02-032	4-15-02-034	4-15-02-034

Tab. 2 N-leté průtoky (2008), řeka Křetínka

Stanice	N-leté průtoky (m ³ /s)						
	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
LG Prostřední Poříčí	7,0	10,5	16,5	22,0	28,0	37,5	46,0
LG Letovice pod přehradou	4,7	7,8	13,3	18,6	24,8	34,7	43,5

Tab. 3 M-denní průtoky (1976 – 2006), řeka Křetínka

Stanice	M-denní průtoky (m ³ /s)						
	30 _d	90 _d	180 _d	270 _d	330 _d	355 _d	364 _d
Celkový přítok do VD	1,521	0,878	0,582	0,370	0,238	0,146	0,077
VD pod hrází	1,440	0,674	0,454	0,176	0,101	0,091	0,077

Tab. 4 Výpar z vodní hladiny

Měsíc	% ročního výparu	Výpar mm/měsíc	Výpar m ³ /měsíc	Výpar m ³ /den	Výpar l/s
Leden	1	6,46	6 722	216	2,5
Únor	2	12,92	13 444	480	5,5
Březen	6	38,78	40 333	1 301	15,0
Duben	9	58,17	60 499	2 016	23,3
Květen	12	77,56	80 666	2 602	30,1
Červen	14	90,49	94 110	3 137	36,3
Červenec	16	103,41	107 554	3 469	40,1
Srpen	15	96,95	100 832	3 252	37,6
Září	11	71,10	73 944	2 464	28,2
Říjen	7	45,24	47 055	1 517	17,5
Listopad	5	32,31	33 610	1 120	12,9
Prosinec	2	12,92	13 444	433	5,0

Při zatopené ploše cca 1 040 000 m², nadmořské výšce 360,10 m n. m. činí roční výpar z hladiny 646 mm.

3.4 Přírodní poměry

3.4.1 Biogeografie území

Území nádrže Letovice spadá do biogeografické provincie střeoevropských listnatých lesů a hercynské podprovincie. Území se nachází ve Svitavském bioregionu (Culek 1996). Na území se nachází biochora 3UQ - výrazná údolí v pestrých metamorfitech 3. v. s. (Mapomat 2016).

3.4.2 Geologie a geomorfologie

Dle geomorfologického členění reliéfu patří území nádrže Letovice:

Soustava:	Českomoravská
Podsoustava:	Českomoravská vrchovina
Celek:	Hornosvratecká vrchovina
Podcelek:	Nedvědícká vrchovina
Okrsek:	Křetínská kotlina (Mapomat 2015).

Hornosvratecká vrchovina je členitá vrchovina až hornatina tvořena krystalickými horninami s ostrůvky permokarbonských a křídových usazenin. Tvoří rozsáhlé území s vyklenutým povrchem, prořezané hlubokým údolím řeky Svratky a jejích přítoků.

Křetínská kotlina je úzká kotlina s rozlohou 8,61 km² vytvořená v krystalických horninách letovického krystalinika, nalezneme zde zakleslé křídové usazeniny. Směrem k údolím Svitavy a Křetínky na Letovicku navazují horniny letovického krystalinika, zejména svory, fylity a amfibolity. Místa jsou uvedené horniny překryté křídovými sedimenty (jílovci, slínovci, pískovci a slepenci) (Demek a Mackovič 2006).

V zájmové oblasti se nachází z metamorfitů nejčastěji amfibolit, rula, svor a krystalický vápenec. Z nezpevněných sedimentů se nejčastěji objevuje sprašová hlína a kamenitý až hlinitokamenitý sediment (Česká geologická služba 2016).

Dle Tálské a kol. (1981) je Křetínka v přehradním profilu ostře zaříznuta v masivu amfibolitů. Dále uvádí, že šířka údolní nivy se snižuje asi ze 70 m na návodní patě hráze na šířku asi 35 m v místě osy hráze. Při patě svahu je strmá kolmá stěna, kde se v minulosti těžil kámen.

3.4.3 Půdní poměry

V zájmovém okolí vodní nádrže Letovice se nacházejí různé půdní typy. Mezi nejvýznamnější patří kambizem modální, fluvizem modální a glej modální (Česká geologická služba 2016).

Kambizemě jsou půdy značně texturní, skeletovité, trofické i hloubkové rozmanitosti na různých geologických podložích i půdotvorných substrátech (magmatických metamorfických i sedimentárních). Kambizemě se vyskytují v širokém rozmezí klimatických a vegetačních podmínek (Vavříček a Šimková 2013).

Kambizemě tvoří přibližně 45 % půdního fondu České republiky a jedná se o nejrozšířenější půdní typ u nás. V dnešní době jsou hojně využívané jako orné půdy, ale i pro trvalý travní porost. (Brtnický a kol. 2015)

Fluvizemě jsou půdy s výrazným illimerizačním procesem na hlinitých substrátech s převažující prachovou frakcí. Substráty tvoří především sprašové hlíny, deluviální hlíny někdy i lehčí materiály (Vavříček a Šimková 2013).

Výskyt fluvizemí je omezen na nivy vodních toků a tvoří přibližně 6 % zemědělského půdního fondu. V minulosti se tyto půdy využívaly jako orné (Brtnický a kol. 2015).

Glej je půdní typ definovaný ve významné části anaerobním prostředím v důsledku extrémních hydrických podmínek. Jedná se o stanoviště s vysokou hladinou podzemní vody (Vavříček a Šimková 2013). Tyto půdy se vyskytují v terénních depresích či v nivách řek. V České republice zaujímají přibližně 4 % zemědělského půdního fondu. Jejich zemědělské využití je možné v případech, kdy jsou odvodněny (Brtnický a kol. 2015).

3.4.4 Klimatické poměry

Dle Quitta (1971) leží zájmové území v mírně teplé oblasti (MT 3), průměrná roční teplota je 7,5 – 8,5 °C, průměrný roční úhrn srážek činí 700 – 900 mm.

Tab. 5: Charakteristika mírně teplé oblasti (MT3) ČR (Quitt 1971)

Klimatická charakteristika	MT 3
Počet letních dnů	20 - 30
Počet dnů s prům. teplotou 10 °C a více	120 - 140
Počet mrazových dnů	130 - 160
Počet ledových dnů	40 - 50
Průměrná lednová teplota	-3 až -4 °C
Průměrná červencová teplota	16 – 17 °C
Průměrná dubnová teplota	6 – 7 °C
Průměrná říjnová teplota	6 – 7 °C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	110 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 450
Srážkový úhrn v zimním období	250 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 100
Počet zamračených dnů	120 - 150
Počet jasných dnů	40 - 50



Obr. 3: Graf ročních srážek

Na obr. 3 je uveden graf ročních srážek v období let 2006 – 2015, které byly naměřeny na VD Letovice. Hodnoty jednotlivých denních srážek poskytl státní podnik Povodí Moravy, a.s.

V povodí řeky Křetínky nejčastěji působí větrné proudy západní, severozápadní a jižní. Na směr a intenzitu větru působí morfologie terénu.

3.5 Požadavky na odběry

V oblasti údolní nádrže Letovice má povolení k nakládání s vodami pouze Povodí Moravy, s. p. Vodní nádrž Letovice nebyla vybudována za účelem odběrů vody pro závlahy ani pro plavbu.

Jediný odběr vody je pro malou vodní elektrárnu, která byla dodatečně osazena ve strojovně spodních výpustí v polovině 90. let. Jsou zde osazeny tři turbíny, které využívají spád vody napojením na potrubí spodních výpustí. Kombinace různých typů turbín umožňuje optimálně využít daný odtok z nádrže (Povodí Moravy, s. p. 2016).

Dle Manipulačního řádu pro přehradu Letovice (2009) může podnik Povodí Moravy, s. p. využít energetický potenciál vodního toku Křetínka na malé vodní elektrárně, umístěné na vodním díle Letovice, v maximálním množství 1 050 l/s, při maximálním spádu 25 m.

3.6 Čistota vod







Kvalita vody ve vodní nádrži Letovice a na jejím přítoku byla sledována v profilech: přítok Křetínka – Dolní Poříčí, odtok Křetínka – Letovice a v profilu u hráze zonační měření. Tato nádrž je sledována v rámci provozního monitoringu pro oblast povodí Dyje. Z měření vyplývá, že v posledních letech přibývá chlorofylu a kvalitativně odpovídá lepší eutrofii (Povodí Moravy, s. p. 2016).

Na přítocích řeky Křetínky se vyskytují fekální bakterie. Povodí nádrže je nedostatečně řešeno z hlediska nakládání s komunálními vodami, protože čištění odpadních vod v přilehlých obcích není dostačující, a tím je riziko mikrobiálního znečištění vysoké. Stav nelze trvale zlepšit, dokud neklesne znečištění přicházející do nádrže z povodí, zejména koncentrace fosforu. V důsledku zvýšení koncentrace fosforu dochází ve vodní nádrži k tvorbě sinicového květu (Resortní portál ministerstva zemědělství 2016).

Kolem vodní nádrže je stanoveno ochranné pásmo za účelem ochrany čistoty vod. V tomto pásmu je zakázána zemědělská činnost, vypouštění odpadních vod či výstavba budov. Na obr. 4 – 5 je znázorněn přehled kvality vody v měřených úsecích vodní nádrže v roce 2015.

Přehled kvality vody v minulé sezóně

datum	teplota °C - pláž	hodnocení
11.05.2015	15,0	
08.06.2015	21,5	
07.07.2015	24,6	
03.08.2015	24,2	
10.08.2015	27,5	
17.08.2015	24,3	

-  1 voda vhodná ke koupání
-  2 voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi
-  3 zhoršená jakost vody
-  4 voda nevhodná ke koupání
-  5 voda nebezpečná ke koupání - zákaz koupání
-  měření nebylo provedeno

Obr. 4: Kvalita vody ve VN Letovice – pláž Vranová, rok 2015

Přehled kvality vody v minulé sezóně

datum	teplota °C - pláž	hodnocení
11.05.2015	15,3	😊
08.06.2015	21,9	😊
07.07.2015	24,2	😊
03.08.2015	24,1	😊
10.08.2015	27,0	😞
17.08.2015	26,3	😊

- 😊 1 voda vhodná ke koupání
- 😊 2 voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi
- 😞 3 zhoršená jakost vody
- 😞 4 voda nevhodná ke koupání
- 😞 5 voda nebezpečná ke koupání - zákaz koupání
- X měření nebylo provedeno

Obr. 5: Kvalita vody ve VN Letovice –Svitavice, rok 2015

3.7 Průmysl

Průmysl v zájmové oblasti a okolí se v průběhu posledních let radikálně změnil. Dříve převládaly velké podniky, v dnešní době se průmysl rozmělnil na střední a malé soukromé a rodinné subjekty. Průmyslové podniky jsou potenciální znečišťovatelé toku, ale také mohou být potenciálními odběrateli vody.

Největší koncentrace průmyslových podniků je ve městě Letovice. Nachází se zde společnost Tylex, která je výrobcem záclon, krajek, tylů a technických síťovin. Letovické strojírný s.r.o. patří mezi výrobce a dodavatele v segmentu výroby a dodávek dílů, svařovaných sestav a montovaných skupin pro výrobce zemědělské, dopravní a manipulační techniky (Tylex Letovice, a.s. 2016).

V blízkosti řeky Křetíanky se v obci Horní Poříčí nachází společnost Dopaz s.r.o., která poskytuje komplexní služby v nákladní a kamionové dopravě. (Dopaz s.r.o. 2016).

Dále se v obci Lazinov nachází společnost Holas CZ s.r.o., zabývající se stavebními pracemi (pozemní, inženýrské, dopravní, občanské stavby), silniční nákladní autodoprava, zemní práce a zámečnictví (HOLAS CZ 2016).

3.8 Zemědělství

Zemědělské podniky jsou významným znečišťovatelem toku. Pro úpravy toku a okolí nádrže je důležitá znalost využívání půdního fondu.

Zemědělství v zájmové oblasti nejvíce ovlivňují dvě zemědělské velkovýroby. Ve městě Letovice se nachází firma LEDEKO a.s. Rostlinná výroba je zaměřena na pěstování obilovin, nosnou plodinou je pšenice ozimá, ječmen jarní a řepka ozimá. Z objemných krmiv pro zabezpečení krmivové základny pro živočišnou výrobu pěstuje kukuřici, vojtěšku a jeteloviny. Společnost hospodaří na cca 3 200 ha zemědělské půdy, z toho orná půda zaujímá 2 800 ha a na zbytku výměry se obdělávají trvalé travní porosty. Živočišná výroba je zaměřena na výrobu mléka a okrajově na výrobu hovězího a vepřového masa (LEDEKO, a.s. 2016).

Druhým velkým podnikem je akciová společnost AGRO VYSOČINA BYSTRÉ, která hospodaří na asi 1 700 ha zemědělské půdy. Z toho je 1 350 ha orné půdy a zbytek zaujímají trvalé travní porosty. Produkce rostlinné výroby je podřízena zajištěním potravinářského obilí pro potřeby vlastní pekárny a produkce jadrných a objemných krmiv pro potřeby živočišné výroby. Živočišná výroba je reprezentována chovem skotu a produkcí kravského mléka (AGRO VYSOČINA BYSTRÉ a.s. 2016).

Drobní zemědělci se zaměřují na pěstování pšenice ozimé, ječmene jarního a brambor. Do živočišné výroby můžeme zařadit zejména chov prasat, ovcí a drůbeže.

3.9 Lesnictví

V Jihomoravském kraji je lesnatost přibližně 27 %, což činí výměru 191 286 ha. Největší podíl téměř 52 % činí jehličnaté lesy. Vlastníky lesa v ČR je stát, prostřednictvím státního podniku Lesy ČR, města, obce a soukromí vlastníci. V Jihomoravském kraji činí podíl státních lesů přibližně 63 %, obecních lesů 25 %, a soukromých lesů 12 %.

V zájmové lokalitě nalezneme především biotu 3. lesního vegetačního stupně. V dubobukovém vegetačním stupni převládá zemědělsko-lesní krajina s častým výskytem sadů. V okolí vodní nádrže převažují dubové bučiny a to především kyselá dubová bučina a svěží dubová bučina. Okrajově se zde nachází i buková doubrava (ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ 2016).

3.10 Rekreační využití

Přístup do vody ke koupání je možný například z vytvořené pláže u obce Vranová na pravém břehu. Tato travnatá pláž s kamenitým břehem je hojně využívanou částí břehu k rekreaci v délce cca 600 m. Pro návštěvníky je zde vytvořeno parkoviště a v letním období se zde nachází stánky s občerstvením. Na levém břehu je možnost koupání v blízkosti rekreačního střediska Svitavice. V této oblasti se nachází travnatá

pláž s písčným dnem. Poblíž rekreačního střediska Svitavice se též na levém břehu nachází na soukromém pozemku naturistický areál.

3.10.1 Vodní sporty

Rozlehlá vodní nádrž nabízí kromě koupání rovněž možnost provozování vodních sportů (jachting, windsurfing, potápění, lodičky). V posledních několika letech se tu také v letních měsících konají závody dračích lodí.

Na vodní nádrži Letovice organizuje sportovní a rekreační činnost se zaměřením na jachting a windsurfing jachetní oddíl TJ Sokol Letovice. Tento oddíl má na pravém břehu nádrže k dispozici vybudovaný areál vodních sportů.

3.10.2 Rybolov

Mimopstruhový rybářský revír 461 068 KŘETÍNKA 1 sahá od hráze údolní nádrže Letovice až po konec vzduť u mostu silnice Křetín – Lazinov.

V prvních letech po napuštění (1977- 1979) byla nádrž obhospodařována jako voda pstruhová (pstruh obecný a pstruh duhový), od roku 1980 jako mimopstruhová s dominancí kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Mezi další druhy rybí obsádky se řadí cejn (*Abramis* sp.), okoun říční (*Perca fluviatilis*), candát obecný (*Sander lucioperca*), štika obecná (*Esox lucius*), úhoř říční (*Anguilla anguilla*), lín obecný (*Tinca tinca*), a bolen dravý (*Aspius aspius*) (Skořepa a kol. 2008).

3.11 Splavnost toku

Řeka Křetínka je splavná pouze vodáky v období při jarním tání nebo po přívalových deštích. Křetínka není evidována jako vodní cesta.

Veřejná lodní doprava není na tomto vodním díle provozována, navíc je zde zakázán provoz plavidel se spalovacími motory. Plavba všech plavidel je zakázána, dosáhne-li hladina v nádrži kóty 360,10 m n. m. (Manipulační řád pro přehradu Letovice 2009).

3.12 Životní prostředí – současný stav

Na pravém břehu vodní nádrže Letovice se nachází evropsky významná lokalita Nad kapličkou, která dle postavení ÚSES tvoří lokální biocentrum. Tato lokalita se nachází 4 km od Letovic, mezi obcemi Křetín a Vranová. Rozloha lokality činí 3,83 ha a leží v nadmořské výšce cca 345 m n. m. Reliéf lokality tvoří mírný severně orientovaný svah nad vodní nádrží a geologický podklad je tvořen amfibolity. Nachází se zde kosené luční porosty s prvky ovsíkových luk. Lokalita je významná výskytem

modráška bahenního (*Maculinea nausithous*). Zajímavý je zde i výskyt hořce brvitého (*Gentianopsis ciliata*) (NATURA 2000 2016)

Na celém obvodu nádrže se vyskytují drobné břehové poškození, které jsou způsobeny skladbou geologického podloží (střídání metamorfítů a nezpevněných sedimentárních hornin). Největší poškození břehů je na levém břehu nádrže v oblasti rekreačního střediska Svitavice, kde se nacházejí výrazné abrazní sruby. Navrhované stabilizace poškozených břehů výrazně neovlivní životní prostředí v dané lokalitě, jediné ohrožení by bylo možné v období výstavby.

Celkový stav dané lokality není výrazně poškozen antropogenní činností či zdevastované povodní, případně jinou živelnou katastrofou. Rekreační činnost ani rybolov neohrožují významně životní prostředí. Vodní nádrž je však znečišťována odpadními vodami z komunálních zdrojů, proto je důležité důsledně kontrolovat nakládání s odpadními vodami v okolí nádrže i v povodí nad nádrží.

Okolí vodní nádrže Letovice tvoří lesní porosty, s níže popsanými druhy dřevin. Na levém břehu v okolí rekreačního střediska Svitavice a v blízkosti obce Lazinov nalezneme v bezprostřední blízkosti vody ornou půdu, naopak na opačném břehu nalezneme trvalé travní porosty.

Doprovodné a břehové porosty jsou složeny převážně z jehličnatých dřevin – borovice lesní (*Pinus sylvestris*), smrk ztepilý (*Picea abies*) a modřín opadavý (*Larix decidua*). Z listnatých dřevin převládají olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), javor mléč (*Acer platanoides*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), habr obecný (*Carpinus betulus*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a vrby (*Salix sp.*).

Z vodních živočichů se zde nejvíce vyskytuje labuť velká (*Cygnus olor*), kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), ropucha obecná (*Bufo bufo*), skokan hnědý (*Rana temporaria*).

Z hlediska myslivosti se zde nachází srnec obecný (*Capreolus capreolus*), prase divoké (*Sus scrofa*), zajíc polní (*Lepus europaeus*), daněk evropský (*Dama dama*), bažant obecný (*Phasianus colchicus*), liška obecná (*Vulpes vulpes*).

4 Metodika

Při zpracování této bakalářské práce byla vybrána vodní nádrž Letovice, protože se tato nádrž nachází v blízkosti mého domova. Prvním krokem, který byl nutný pro zpracování této práce, byl vlastní průzkum dané nádrže, který byl proveden v únoru roku 2016. Následovalo určení zájmové lokality s největším abrazním poškozením břehů a provedení podrobné fotodokumentace dané lokality i celé nádrže. Zájmová lokalita je vyznačena na detailní mapě přiložené v přílohách.

Dále následovalo vypracování průvodní zprávy. Pro toto vypracování byla shromážděna potřebná literatura. Nejdůležitější součástí průvodní zprávy bylo vyhodnocení současného stavu vodní nádrže a zpracování přírodních poměrů v dané oblasti. Vypracovány byly také mapové přílohy širších územních vztahů a detailní situace zájmové lokality v geografickém informačním programu ArcMap společnosti ESRI.

V technické zprávě následuje podrobný popis stávajících objektů na přehradě Letovice. Údaje byly převzaty z Manipulačního řádu pro přehradu Letovice z roku 2009, který byl zaslán podnikem Povodí Moravy, s. p. Od Povodí Moravy, s. p. byly především získány výškové úrovně hladin za posledních deset let na vodní nádrži Letovice. Tyto hodnoty byly statisticky vyhodnoceny pro zjištění nejčtenější hladiny, díky které byly provedeny hydrotechnické výpočty a stanovení abrazní terminanty. Příčné řezy břehovým územím nebyly vypracovány z důvodu nepřístupnosti terénu. Dále byly vypracovány jednotlivé návrhy stabilizace břehů, které byly zvoleny jako vhodné pro tuto zájmovou lokalitu. Návrhy na stabilitu břehu byly zpracovány v programu AutoCAD. V závěru práce bylo zpracováno technickoekonomické zhodnocení jednotlivých návrhů stabilizace břehů na celé délce úseku zájmové lokality.

5 Technická zpráva

5.1 Popis zájmové lokality

Zájmová lokalita se nachází na levém břehu vodní nádrže Letovice asi 1 km od obce Lazinov. V blízkosti této lokality je rekreačního středisko Svitavice, které je vhodné a oblíbené na koupání pro návštěvníky.

Nejvýrazněji poškozené břehy (obr. 6) se nacházejí západně od rekreačního střediska v délce asi 100 metrů. Nejvyšší abrazní sruby dosahují výšky 2 – 3 metrů, naopak nejnižší sruby jsou okolo 1 metru. Břehy v zájmové lokalitě jsou tvořeny převážně šterky s příměsí jemnozrné zeminy.



Obr. 6: Zájmová oblast na nádrži – abrazní srub (Alexová 2016)

Tyto břehy jsou nejvíce poškozovány zemědělskou činností a převládajícím větrem, který byl určen jako západní. Svahy nad zájmovou lokalitou jsou převážně orná půda, kterou obhospodařuje zemědělský podnik LEDEKO, a.s. Protože se zde nachází sklon svahů okolo 10°, vzniká zde častá erozní činnost. Erozní činnost je vyvolána nejenom přívalovými srážkami, výrazným sklonem svahů, půdními poměry ale i špatným vegetačním krytem půdy. Zemědělský podnik LEDEKO, a.s. se snaží omezit intenzitu erozních procesů vhodným užíváním a obhospodařováním orné půdy. Proto se

zde nejvíce pěstují úzkořádkové plodiny (např. obiloviny, řepka) a krátkodobé jetelotravní směsi.

Vegetační doprovod je tvořen smíšenými porosty. Z jehličnatých dřevin se zde vyskytuje převážně borovice lesní (*Pinus sylvestris*), smrk ztepilý (*Picea abies*). Z listnatých dřevin zde nalezneme břízu bělokorou (*Betula pendula*), olši lepkavou (*Alnus glutinosa*), dub zimní (*Quercus petraea*) a vrby (*Salix sp.*). Z keřového patra převažuje růže šípková (*Rosa canina*).

5.2 Popis stávajícího stavu

Všechny údaje uvedené v této kapitole byly převzaty z Manipulačního řádu pro přehradu Letovice, vyhotovený Povodím Moravy, s. p. v roce 2009. Tento Manipulační řád pro přehradu Letovice schválil Krajský úřad Jihomoravského kraje, odbor životního prostředí dne 13. 3. 2009 s platností do 31. 3. 2019. Následující tabulky (tab. 6 - 13) obsahují popis stávajících objektů na vodní nádrži Letovice.

5.2.1 Základní popis

Nádrž:	VN Letovice
Tok:	Křetínka, km 2,923
Správce :	Povodí Moravy
Závod:	Závod Dyje
Účel:	kompenzační nadlepení průtoků ve Svitavě, zajištění MQ, výroba energie, rekreace, sportovní rybářství, protipovodňová ochrana
Uvedení do provozu:	1976
Výškový systém:	Balt po vyrovnání

5.2.2 Nádrž

Tab. 6: Prostor stálého nadržení

Kóta dna nádrže	333,80 m n. m.
Kóta hladiny stálého nadržení H_s	346,90 m n. m.
Objem prostoru stálého nadržení	1,560 mil. m ³
Zatopená plocha při hlad. stálého nadržení	37,5 ha

Tab. 7: Prostor zásobní

Kóta min. hladiny zásobního prostoru	346,90 m n. m.
Kóta max. hladiny zásobního prostoru H_z	360,10 m n. m. přeliv
Objem zásobního prostoru	9,015 mil. m ³
Zatopená plocha při max. zásobní hladině	104,6 ha

Tab. 8: Prostor retenční neovladatelný

Kóta min. hladiny neovladatelného retenčního prostoru (přeliv)	360,10 m n. m.
Kóta max. hladiny retenčního prostoru H_{max}	361,10 m n. m.
Objem neovladatelného retenčního prostoru	1,068 mil. m ³
Zatopená plocha při max. hladině	110,9 ha

Tab. 9: Celkový prostor

Maximální hladina	361,10 m n. m.
Celkový objem nádrže	11,644 mil. m ³
Celková zatopená plocha	110,90 ha
Maximální délka záplavy	4,70 km
Maximální hloubka vody v nádrži	27,30 m

5.2.3 Vzdouvací objekt - hráz

Hrás je nehomogenní sypaná z hlinitokamenité sutě se středním jílovým těsněním. Návodní a vzdušná pata jsou opatřeny kamennými patkami ve sklonu 1 : 2,5. Návodní líc je opevněn 25 cm vrstvou prolévaného makadamu na 30 cm štěrkopískového a 30 cm pískového filtru. Vzdušný líc je ohumusován a zpevněn zatravněním. Jsou zde provedeny 2 bermy na kótách 347,60 a 355,60 m n. m. (Manipulační řád pro přehradu Letovice 2009).

Tab. 10: Technické parametry hráze

Kóta koruny hráze minimální	362,10 m n. m.
Kóta koruny hráze maximální	362,36 m n. m.
Kóta koruny hráze průměrná	362,30 m n. m.
Koruna vlnolamu minimální	362,90 m n. m.
Koruna vlnolamu maximální	363,05 m n. m.
Kóta hráze v koruně	126,0 m
Délka hráze v patě	140,0 m
Výška hráze nad terénem	28,50 m
Šířka koruny hráze	5,00 m
Sklon návodního líce	1 : 3
Sklon vzdušného líce	1: 2,25
Bermy na vzdušné straně - kóty	347,60 a 355,60 m n. m.

5.2.4 Výpustná zařízení

Výpustný objekt je tvořen věží uzávěrů s krytou strojovnou, výpustnou štolou, strojovnou vzdušných uzávěrů a vývarem.

Odběrná věž je železobetonové konstrukce obdélníkového půdorysu s rozměry základu 9,00 x 6,40 m a má krytou strojovnu na kótě 362,60 m n. m. Strojovna ve věži je vybavena jeřábem nosnosti 3,5 Mp, její vnější povrch tvoří panely z tvrdého skla. Uvnitř věže jsou dvě oddělené manipulační šachty. Ve stěně mezi nimi je umístěn plovákový hladinoměr.

Spodní výpusti jsou umístěny v manipulačním objektu s osou vtoku na kótě 335,85 m n. m. Vtoky spodních výpustí jsou chráněny zvenku česlicovým rámem 2,0 x 2,5 m. Rám je vytahovatelný (Manipulační řád pro přehradu Letovice 2009).

Tab. 11: Základní technické údaje spodní výpusti

Spodní výpusti	361,10 m n. m.
Délka potrubí spodních výpustí	11,644 mil. m ³
Kóta vtoku – v ose potrubí	110,90 ha
Kóta výtoku – v ose	4,70 km
Kapacita spodních výpustí DN 700:	
při hladině stálého nadržení 346,90 m n. m.	2 x 2,17 m ³ /s
při max. zásobní hladině 360,10 m n. m.	2 x 3,51 m ³ /s
při max. hladině 361,10 m n. m.	2 x 3,59 m ³ /s

Štola spodních výpustí navazuje na zadní stěnu věže, délka šloly je 121,0 m. Na štolu navazuje strojovna regulačních uzávěrů, která je zapuštěna ve vzdušní patě hráze. Podlaha strojovny je na kótě 336,00 m n. m. Vnitřní půdorys strojovny činí 10,5 x 4,9 m.

Betonové zdi vývařiště jsou provedeny ve sklonu 5 : 1 a jsou obloženy lomovým kamenem. Dno vývaru je opancéřováno v délce 7,0 m (Manipulační řád pro přehradu Letovice 2009).

Tab. 12: Základní technické údaje vývařiště

Délka vývaru	15,4 m
Šířka vývaru	3,0 m
Dno vývaru na kótě	331,80 m n. m.
Práh vývaru na kótě	333,20 m n. m.
Hloubka vývaru	1,4 m

5.2.5 Přeliv a skluz s vývarem

Boční přeliv se skluzem je umístěn na pravém břehu, osa spádiště skluzu a vývařiště je v přímce. Přemostění skluzu na koruně hráze je provedeno ze železobetonových nosníků a zahrnuje pouze konstrukci mostovky se zábradlím šířky 4,50 m (Manipulační řád pro přehradu Letovice 2009).

Tab. 13: Základní technické údaje přelivu

Koruna přelivu	360,10 m n. m.
Délka přepadové hrany	26,60 m
Skluz – celková délka	89,90 m
Šířka skluzu ve dně	4,00 m
Kapacita přelivu při max. hladině 361,10 m n. m.	50,6 m ³ /s
Kapacita přelivu při dosažení mezní bezpečné hladiny 362,90 m n. m.	130 m ³ /s
Délka vývaru pod přelivem	18,00 m
Šířka vývaru ve dně	4,00 m
Hloubka vývaru	3,10 m

5.2.6 Odpadní koryto

Úprava zajišťuje napojení funkčních zařízení přehrady, tj. spodních výpustí a přelivu na stávající koryto řeky Křetínky. Délka této úpravy činí 142,6 m. Podélný spád činí 4 %, sklon svahů koryta je 1 : 2. Kapacita koryta je v této upravené části cca 40 m³/s (Manipulační řád pro přehradu Letovice 2009).

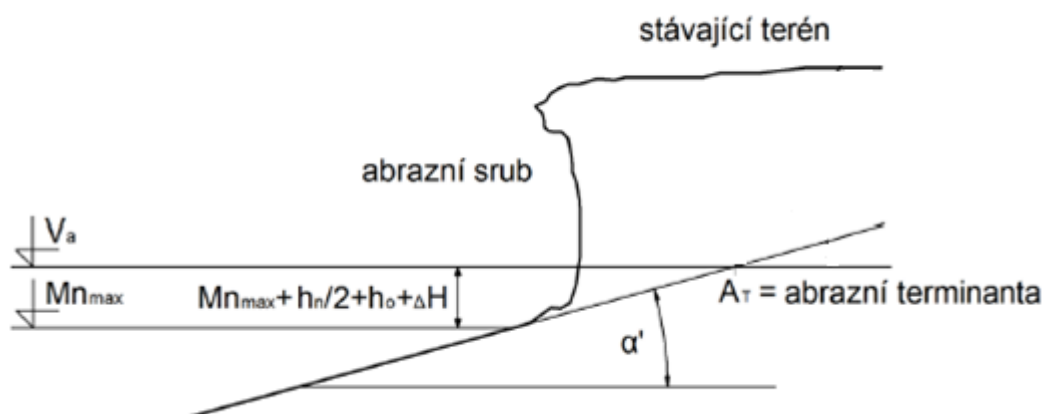
5.2.7 Malá vodní elektrárna

Provozovatelem malé vodní elektrárny je Povodí Moravy, s. p., Brno. Krajský úřad Jihomoravského kraje v roce 2008 vydal povolení k nakládání s vodami spočívající ve využití odtokových možností vodního díla pro výrobu elektrické energie v maximálním množství 1050 l/s, při maximálním spádu 25 m.

Malá vodní elektrárna je vybavena dvěma turbínami Francis a jedním čerpadlem turbinového provozu. Maximální hlnost turbíny TG1 F30 H je 460 l/s, naopak minimální je 270 l/s. maximální hlnost turbíny TG2 je 250 l/s, minimální hlnost je 100 l/s (Manipulační řád pro přehradu Letovice 2009).

5.3 Hydrotechnické výpočty

Při stanovení nadmořské výšky abrazní terminanty je nezbytné znát nejčtenější hladinu Mn_{max} v nádrži, návrhovou výšku vlny h_n , hodnotu nahnání hladiny větrem ΔH , střednici vlny h_0 , úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a , sklon abrazní plošiny α' .



Obr. 7: Schéma určení abrazní terminanty

- A_T abrazní terminanta,
- Mn_{max} nejčtenější hladina [m n. m.],
- V_a nadmořská výška paty abrazního srubu [m n. m.],
- h_n návrhová výška hladiny [m],
- h_0 střednice vlny [m],
- ΔH výška nahnání hladiny větrem [m],
- α' sklon abrazní plošiny [°].

Z obr. 8 je jasně patrné, že bod abrazní terminanty A_T je určen průsečíkem přímky proložené ustálenou částí abrazní plošiny ve sklonu α' a vodorovné přímky, která představuje výškovou úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a . Pro výpočet výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu je nezbytné znát nejčtenější hladiny v nádrži, návrhovou výšku vlny h_n , hodnotu nahnání hladiny větrem ΔH a střednici vlny h_0 (Šlezing 2011).

5.3.1 Stanovení nejčtenější hladiny Mn_{max}

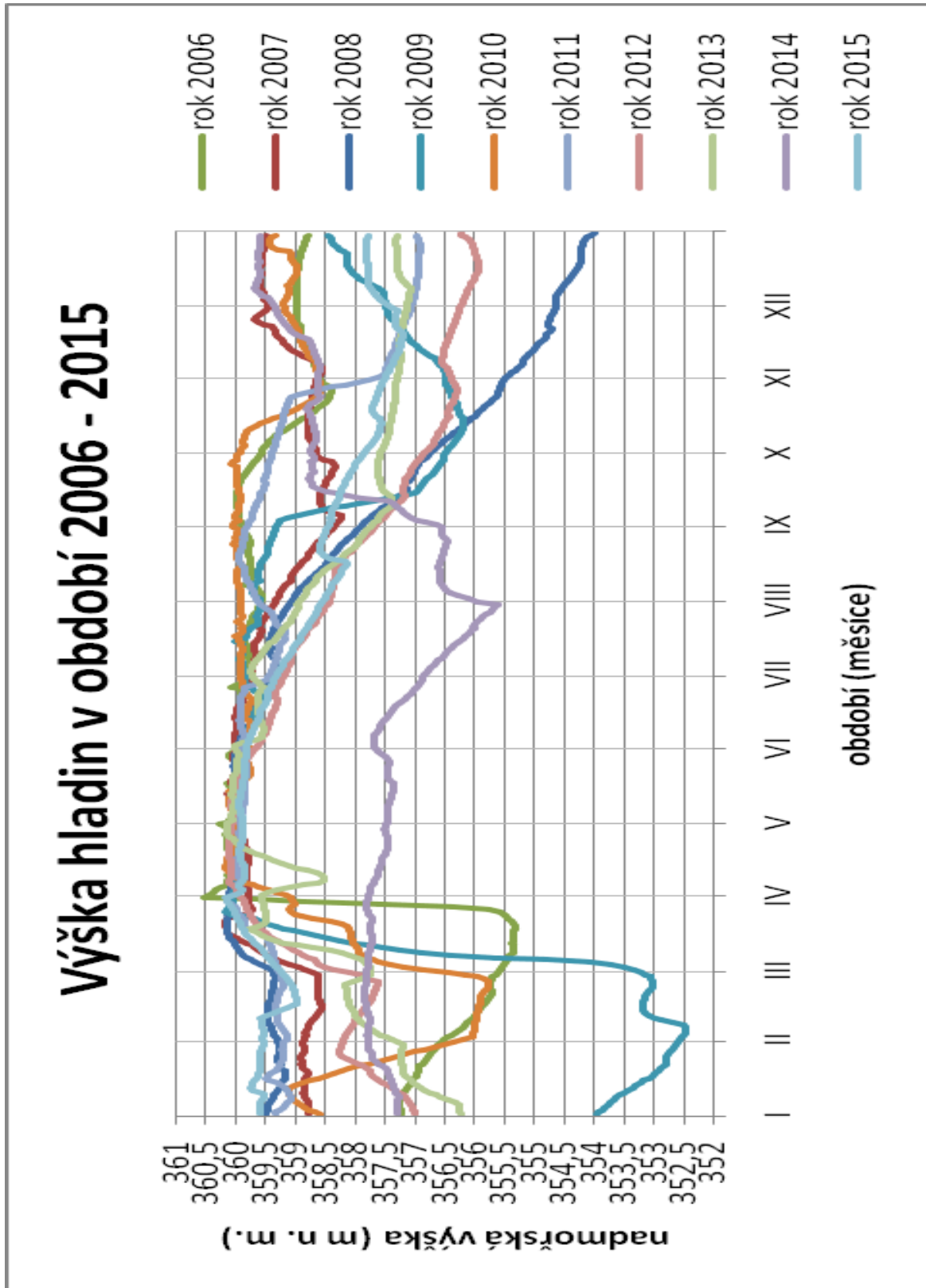
Pro stanovení nejčtenější hladiny Mn_{max} musíme znát denní měření úrovně hladin v nádrži za co nejdélší časový úsek. Tímto časovým úsekem se míní alespoň 5 – 10 let. V závislosti na typu nádrže může být časový úsek i delší než 10 let.

Podklady se vynesou do grafu, který vykreslí průběh hladin v nádrži za jednotlivé roky. Graf průběhu hladin v jednotlivých letech znázorní interval s nejčtenějším výskytem hladin. Intervaly s nejčtenějším výskytem hladin v rozhodujícím období v jednotlivých letech tvoří třídní intervaly závěrečného vyhodnocení četnosti výskytu za rozhodující období ve sledovaném časovém úseku. Střední hodnota tohoto intervalu s nejčastějším výskytem hladiny je určena jako nejčtenější hladina Mn_{max} (Šlezinger 2011).

Pro stanovení nejčtenější hladiny Mn_{max} byly zpracovány nadmořské výšky hladin (obr. 8) v údolní nádrži Letovice za období 10 let (2006 – 2015). Výšky hladin v jednotlivých letech byly vyneseny do grafů. Z grafu průběhu hladin za období deseti let byl patrný interval nejčtenějších hladin. Rozhodujícím obdobím byly zvoleny měsíce od dubna do srpna. Interval nejčtenějších hladin byl určen minimální a maximální výškou hladiny, tedy hodnoty na kótě 359,21 a 360,30 m n. m. Tento interval byl následně rozdělen do třídních intervalů v rozmezí 5 cm.

Pro každý třídní interval v jednotlivých letech byla spočítána četnost pomocí statistické funkce Četnost. Četnost výskytu hladin v jednotlivých letech jsou analyzovány v následujících tabulkách a grafech (tab. 14 – 22; obr. 9 – 17).

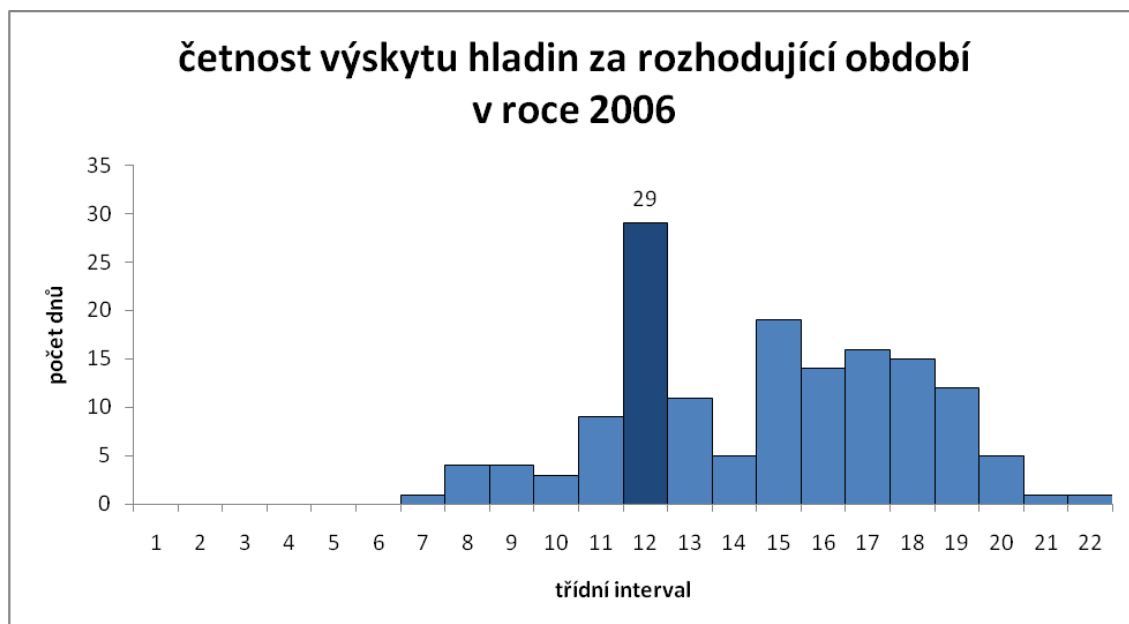
Četnosti výskytu maximálních hladin za rozhodující období 2006 – 2015 byly vyhodnoceny v tabulce. Rok 2014 nebyl zahrnut do stanovení nejčtenější hladiny Mn_{max} , vzhledem k netypické manipulaci s hladinami z provozních důvodů Povodí Moravy, a.s. Třídní intervaly závěrečného vyhodnocení četnosti výskytu za rozhodující období ve sledovaném časovém úseku byly redukovány v rozmezí hladin od 359,76 – 360,10 m n. m. (tab. 23). Z obr. 18 vyplývá, že střední hodnota intervalu s nejčastějším výskytem hladiny je 360,03 m n. m., což je hledaná nejčtenější hladina Mn_{max} .



Obr. 8: Graf výšek hladin v období 2006 – 2015

Tab. 14: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2006

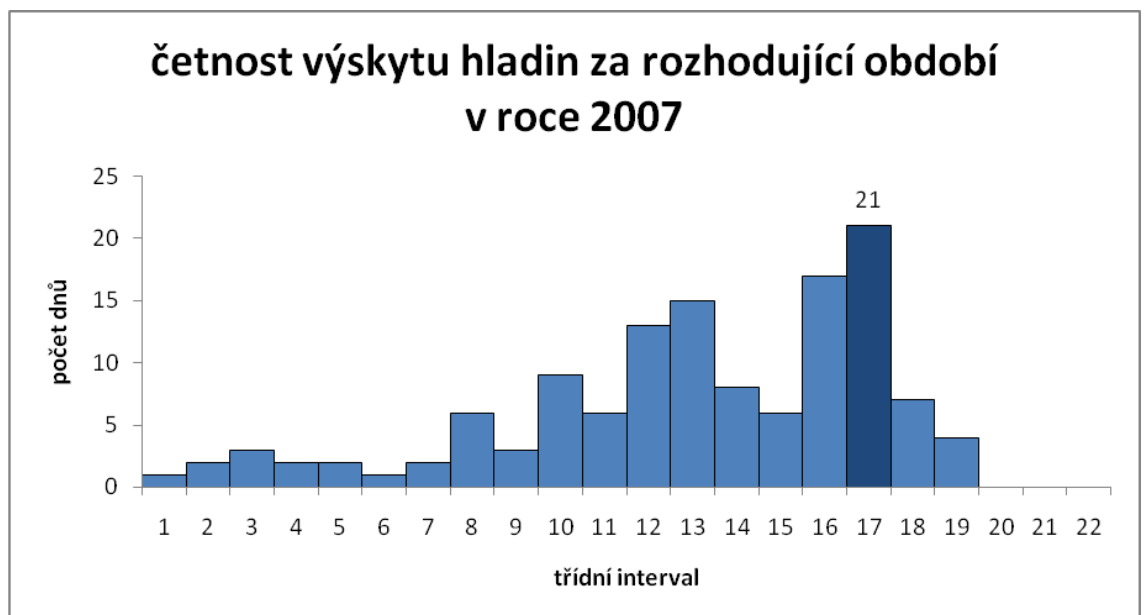
i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	0
2	359,26 - 359,30	0
3	359,31 - 359,35	0
4	359,36 - 359,40	0
5	359,41 - 359,45	0
6	359,46 - 359,50	0
7	359,51 - 359,55	1
8	359,56 - 359,60	4
9	359,61 - 359,65	4
10	359,66 - 359,70	3
11	359,71 - 359,75	9
12	359,76 - 359,80	29
13	359,81 - 359,85	11
14	359,86 - 359,90	5
15	359,91 - 359,95	19
16	359,96 - 360,00	14
17	360,01 - 360,05	16
18	360,06 - 360,10	15
19	360,11 - 360,15	12
20	360,16 - 360,20	5
21	360,21 - 360,25	1
22	360,26 - 360,30	1



Obr. 9: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2016

Tab. 15: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007

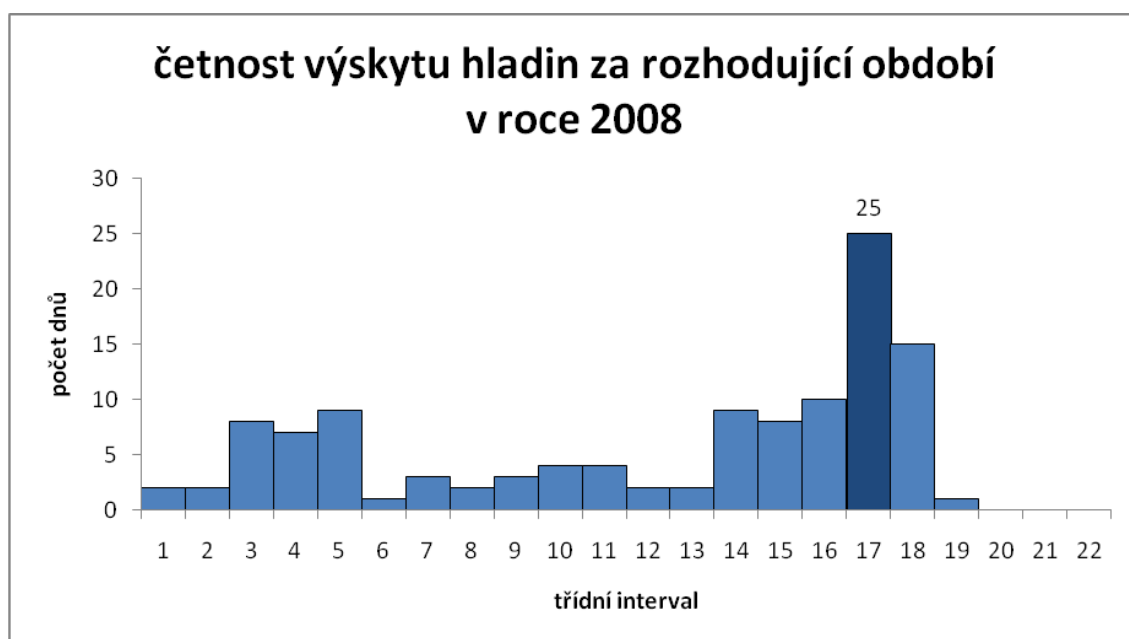
i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	1
2	359,26 - 359,30	2
3	359,31 - 359,35	3
4	359,36 - 359,40	2
5	359,41 - 359,45	2
6	359,46 - 359,50	1
7	359,51 - 359,55	2
8	359,56 - 359,60	6
9	359,61 - 359,65	3
10	359,66 - 359,70	9
11	359,71 - 359,75	6
12	359,76 - 359,80	13
13	359,81 - 359,85	15
14	359,86 - 359,90	8
15	359,91 - 359,95	6
16	359,96 - 360,00	17
17	360,01 - 360,05	21
18	360,06 - 360,10	7
19	360,11 - 360,15	4
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0



Obr. 10: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007

Tab. 16: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008

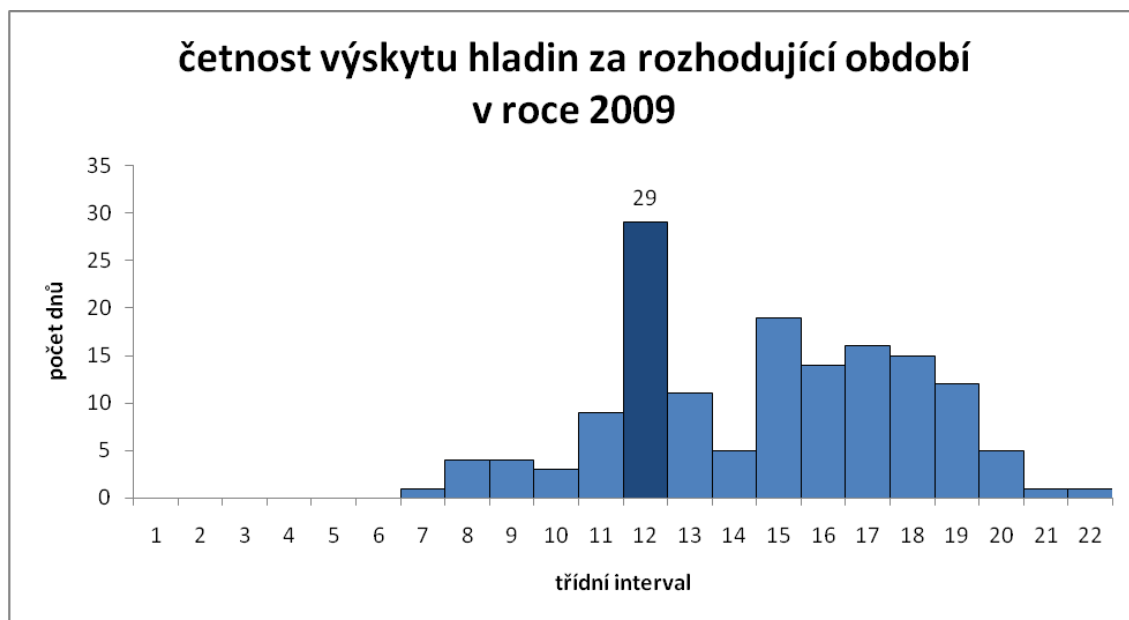
i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	2
2	359,26 - 359,30	2
3	359,31 - 359,35	8
4	359,36 - 359,40	7
5	359,41 - 359,45	9
6	359,46 - 359,50	1
7	359,51 - 359,55	3
8	359,56 - 359,60	2
9	359,61 - 359,65	3
10	359,66 - 359,70	4
11	359,71 - 359,75	4
12	359,76 - 359,80	2
13	359,81 - 359,85	2
14	359,86 - 359,90	9
15	359,91 - 359,95	8
16	359,96 - 360,00	10
17	360,01 - 360,05	25
18	360,06 - 360,10	15
19	360,11 - 360,15	1
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0



Obr. 11: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008

Tab. 17: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2009

i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	0
2	359,26 - 359,30	0
3	359,31 - 359,35	1
4	359,36 - 359,40	3
5	359,41 - 359,45	3
6	359,46 - 359,50	4
7	359,51 - 359,55	2
8	359,56 - 359,60	9
9	359,61 - 359,65	19
10	359,66 - 359,70	7
11	359,71 - 359,75	7
12	359,76 - 359,80	10
13	359,81 - 359,85	9
14	359,86 - 359,90	17
15	359,91 - 359,95	6
16	359,96 - 360,00	19
17	360,01 - 360,05	29
18	360,06 - 360,10	8
19	360,11 - 360,15	0
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0



Obr. 12: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2009

Tab. 18: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2010

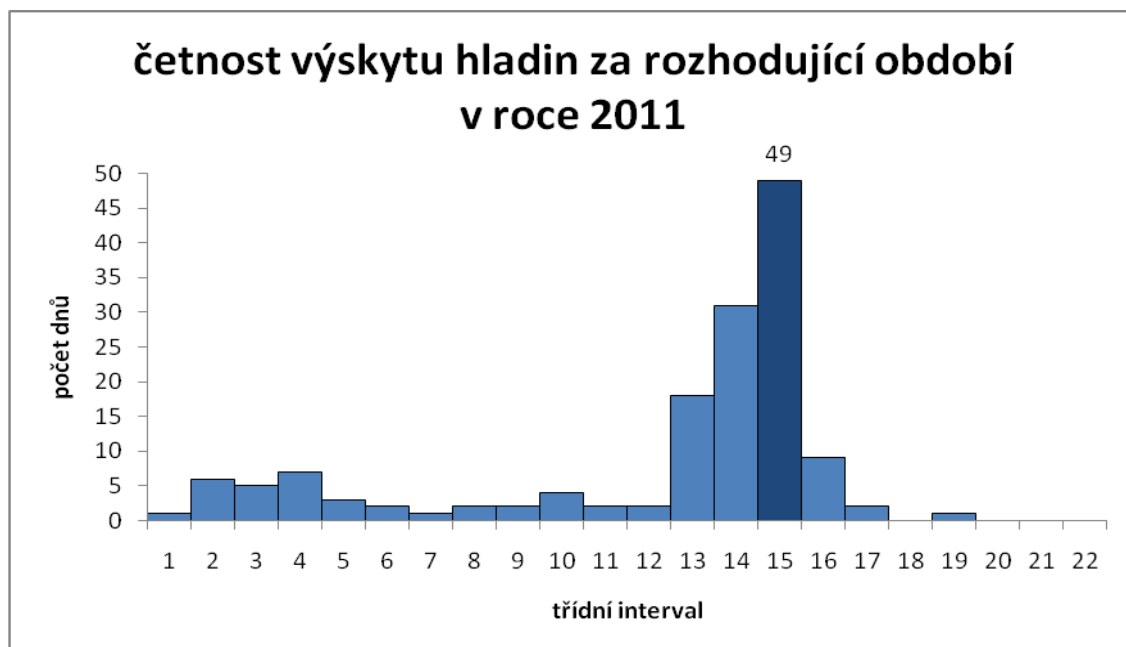
i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	0
2	359,26 - 359,30	0
3	359,31 - 359,35	1
4	359,36 - 359,40	0
5	359,41 - 359,45	0
6	359,46 - 359,50	1
7	359,51 - 359,55	0
8	359,56 - 359,60	0
9	359,61 - 359,65	1
10	359,66 - 359,70	0
11	359,71 - 359,75	5
12	359,76 - 359,80	17
13	359,81 - 359,85	10
14	359,86 - 359,90	17
15	359,91 - 359,95	39
16	359,96 - 360,00	33
17	360,01 - 360,05	8
18	360,06 - 360,10	8
19	360,11 - 360,15	7
20	360,16 - 360,20	4
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0



Obr. 13: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2010

Tab. 19: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2011

i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	1
2	359,26 - 359,30	6
3	359,31 - 359,35	5
4	359,36 - 359,40	7
5	359,41 - 359,45	3
6	359,46 - 359,50	2
7	359,51 - 359,55	1
8	359,56 - 359,60	2
9	359,61 - 359,65	2
10	359,66 - 359,70	4
11	359,71 - 359,75	2
12	359,76 - 359,80	2
13	359,81 - 359,85	18
14	359,86 - 359,90	31
15	359,91 - 359,95	49
16	359,96 - 360,00	9
17	360,01 - 360,05	2
18	360,06 - 360,10	0
19	360,11 - 360,15	1
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0



Obr. 14: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2011

Tab. 20: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2012

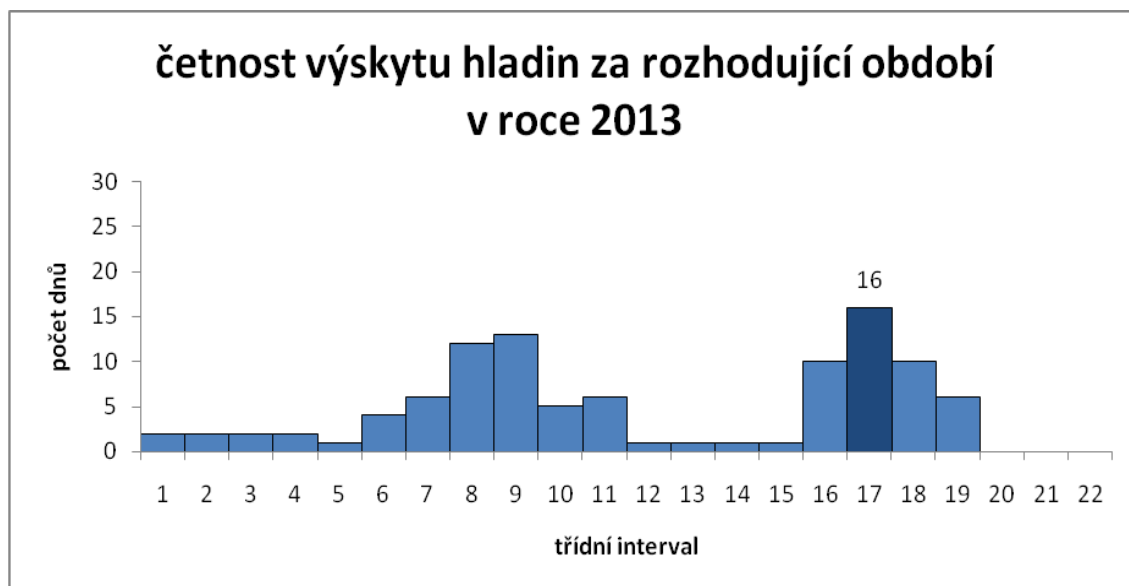
i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	3
2	359,26 - 359,30	3
3	359,31 - 359,35	7
4	359,36 - 359,40	3
5	359,41 - 359,45	4
6	359,46 - 359,50	3
7	359,51 - 359,55	3
8	359,56 - 359,60	2
9	359,61 - 359,65	1
10	359,66 - 359,70	2
11	359,71 - 359,75	1
12	359,76 - 359,80	2
13	359,81 - 359,85	1
14	359,86 - 359,90	2
15	359,91 - 359,95	2
16	359,96 - 360,00	9
17	360,01 - 360,05	8
18	360,06 - 360,10	28
19	360,11 - 360,15	7
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0



Obr. 15: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2012

Tab. 21: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2013

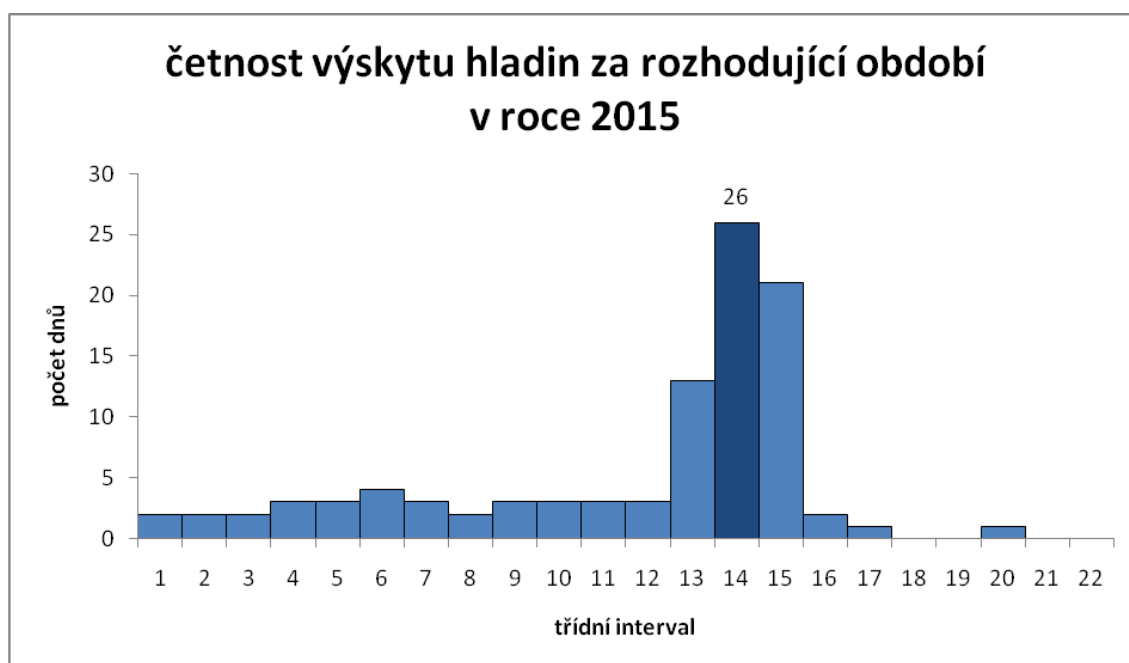
i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	2
2	359,26 - 359,30	2
3	359,31 - 359,35	2
4	359,36 - 359,40	2
5	359,41 - 359,45	1
6	359,46 - 359,50	4
7	359,51 - 359,55	6
8	359,56 - 359,60	12
9	359,61 - 359,65	13
10	359,66 - 359,70	5
11	359,71 - 359,75	6
12	359,76 - 359,80	1
13	359,81 - 359,85	1
14	359,86 - 359,90	1
15	359,91 - 359,95	1
16	359,96 - 360,00	10
17	360,01 - 360,05	16
18	360,06 - 360,10	10
19	360,11 - 360,15	6
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0



Obr. 16: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2013

Tab. 22: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2015

i	třídní interval	četnost
--	m n. m.	--
1	359,21 - 359,25	2
2	359,26 - 359,30	2
3	359,31 - 359,35	2
4	359,36 - 359,40	3
5	359,41 - 359,45	3
6	359,46 - 359,50	4
7	359,51 - 359,55	3
8	359,56 - 359,60	2
9	359,61 - 359,65	3
10	359,66 - 359,70	3
11	359,71 - 359,75	3
12	359,76 - 359,80	3
13	359,81 - 359,85	13
14	359,86 - 359,90	26
15	359,91 - 359,95	21
16	359,96 - 360,00	2
17	360,01 - 360,05	1
18	360,06 - 360,10	0
19	360,11 - 360,15	0
20	360,16 - 360,20	1
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0



Obr. 17: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2015

Tab. 23: Četnost výskytu max. hladin za rozhodující období v roce 2006 – 2015

i	třídní interval	střední hladina	četnost
--	m n. m.	m n. m.	--
1	359,76 - 359,80	359,78	1
2	359,81 - 359,85	359,83	0
3	359,86 - 359,90	359,88	1
4	359,91 - 359,95	359,93	2
5	359,96 - 360,00	359,98	0
6	360,01 - 360,05	360,03	4
7	360,06 - 360,10	360,08	1



Obr. 18: Graf četnosti výskytu max. hladin za rozhodující období v roce 2006 – 2015

5.3.2 Stanovení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}

Rozběhovou dráhou myslíme přímou vzdálenost posuzovaného bodu a protějšího břehu, a to v posuzovaném směru větru. K určení efektivní délky rozběhu větru L_{ef} vycházíme z předpokladu, že vítr vane účinně v hlavním směru $\pm 45^\circ$ na obě strany. Sledovaným bodem se vede 15 radiál tak, že střední radiála je totožná s hlavním směrem větru a sedm radiál po každé straně je vykresleno v intervalech po 6° , až k protějšímu břehu (Šlezinger 2011).

Pro vodní nádrž Letovice je posuzovaný směr větru určen jako západní. Délky jednotlivých radiál (tab. 24) byly převzaty z Přílohy 3.

Hodnota efektivní délky rozběhu větru L_{ef} se vypočítá dle vztahu:

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i * \cos^2 \psi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \psi_i}$$

i i-tá radiála (1 - 15),

L_i délka i-té radiály [m],

ψ_i úhel mezi hlavním směrem větru a i-tou radiálou [$^\circ$].

Po výpočtu efektivní délky L_{ef} je vhodné tuto hodnotu porovnat se skutečnou délkou L . Platí-li $L_{ef} / L < 1$, tedy je-li výpočtem stanovená L_{ef} kratší než skutečná délka rozběhu větru L , pak zahrnujeme do výpočtů skutečnou délku rozběhu větru L (Šlezinger 2011).

Tab. 24: Stanovení délky radiál pro výpočet L_{ef}

Radiála	Délka (m)
L1	59,87
L2	57,91
L3	58,61
L4	66,36
L5	363,36
L6	638,13
L7	1066,21
L8	870,5
L9	662,21
L10	582,02
L11	541,82
L12	507,79
L13	480,07
L14	458,71
L15	439,13

Výpočet efektivní délky rozběhu větru L_{ef} :

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot \cos^2 \psi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \psi_i} = \frac{6063,07}{13,51} = 448 \text{ m}$$

Efektivní délka rozběhu větru L_{ef} je 448,75 m.

Skutečná délka rozběhu větru L je 870,5 m.

$$L_{ef} / L = 0,52 < 1$$

Z výše uvedeného vztahu vyplývá, že do dalších výpočtů bude zahrnuta skutečná délka rozběhové dráhy větru $L = 870,5$ m.

5.3.3 Stanovení návrhové výšky vlny h_n

Pro stanovení návrhové výšky vlny h_n musíme znát návrhovou rychlost větru w_{10} a efektivní délku rozběhu větru L_{ef} . Z výše uvedeného závěru je však patrné, že do výpočtu návrhové výšky vlny h_n bude použita hodnota skutečné délky rozběhové dráhy větru L (Šlezinger 2011).

Z důvodu nezjištění přesné hodnoty rychlosti větru w_{10} na údolní nádrži Letovice, bude do výpočtu zavedena hodnota $w_{10} = 15$ m/s.

Hodnota návrhové výšky vlny h_n se vypočítá dle vztahu:

$$h_n = 0,0026 \frac{w_{10}^{1,06} * L^{0,47}}{g^{0,53}}$$

L..... skutečná rozběhová dráha větru [m],

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

g..... tíhové zrychlení [m/s²].

Výpočet návrhové výšky vlny h_n :

$$h_n = 0,0026 \frac{w_{10}^{1,06} * L^{0,47}}{g^{0,53}} = 0,0026 \frac{15^{1,06} * 870,5^{0,47}}{9,81^{0,53}} = 0,329 \text{ m}$$

Návrhová výška vlny v nádrži h_n je 0,329 m.

5.3.4 Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH

Tento výpočet je zahrnut do celkového výpočtu, protože ve směru větru dochází k mírnému hromadění vody v oblasti protilehlých břehů nádrže. Zvýšení úrovně hladiny je nepatrné, projeví se v milimetrech (Šlezinger 2011).

Hodnota H byla stanovena na $H = 10$ m, úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru byl určen na hodnotu $\delta = 24^\circ$.

Hodnota „nahnání“ hladiny větrem ΔH se vypočítá dle vztahu:

$$\Delta H = k_w * \frac{w_{10v}^2 * L}{g * H} * \cos \delta$$

k_w souč. závislý na rychl. větru; pro $w_{10v} < 20$ m/s platí $2,1 * 10^{-6}$,

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

g..... tíhové zrychlení [m/s²],

L..... skutečná délka rozběhu větru [m],

H..... hloubka vody v nádrži [m],

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

Výpočet hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH :

$$\Delta H = 2,1 * 10^{-6} * \frac{15^2 * 870,5}{9,81 * 10} * \cos 24 = 0,00178 \text{ m}$$

Hodnota „nahnání“ hladiny větrem ΔH je 0,00178 m.

5.3.5 Určení střednice vlny h_0

Pokud předpokládáme sinusový profil vlny (ČSN 75 02 55), můžeme střednici vlny ztotožnit s hladinou v klidu. V tomto případě nevznikne oproti této hladině žádné převýšení. Určení hodnoty h_0 vychází z ČSN 75 02 55, odkud plyne, že:

$$h_0 = 0$$

Hodnota střednice vlny h_0 je rovna 0.

5.3.6 Určení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a

Pro určení nadmořské výšky paty nejvýše položeného abrazního srubu na vodní nádrži Letovice je důležité znát nejčtetnější hladinu Mn_{max} v nádrži, návrhovou výšku vlny h_n , hodnotu nahnání hladiny větrem ΔH , střednici vlny h_0 . Z tab. 23 je patrné, že nejčtetnější hladina v nádrži je na kótě 360,03 m n. m.

Hodnota výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu se vypočítá dle vztahu:

$$V_a = Mn_{max} + \frac{h_n}{2} + h_0 + \Delta H$$

Mn_{max} výšková úroveň nejčtetnější hladiny,

h_n návrhová výška vlny [m],

h_0 střednice vlny,

ΔH výška nahnání hladiny větrem [m].

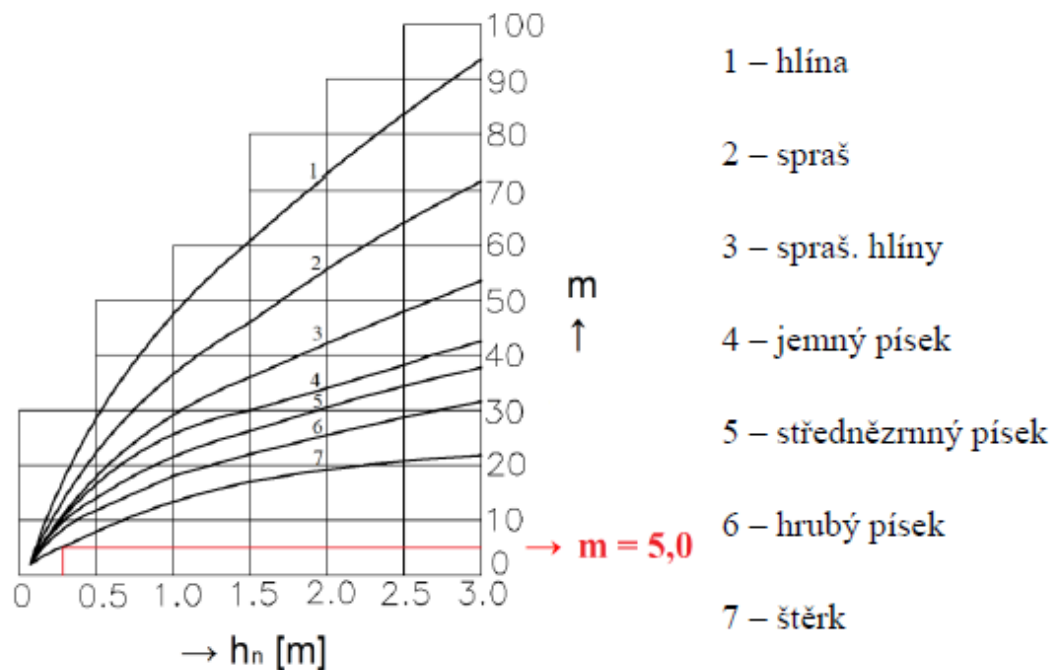
Výpočet výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a :

$$V_a = 360,03 + \frac{0,329}{2} + 0 + 0,00178 = 360,197 \text{ m n. m.}$$

Nadmořská výška paty nejvýše položeného abrazního srubu na vodní nádrži Letovice je 360,197 m n. m.

5.3.7 Stanovení sklonu abrazní plošiny α' dle Pyškina

Sklon abrazní plošiny získáme orientačně z grafu (obr. 19) stanovení sklonu abrazní plošiny dle Pyškina, který je však možno použít pouze pro homogenní materiály. Graf udává sklon abrazní plošiny v závislosti na výšce vlny h a materiálu břehu (Šlezinger 2011).



Obr. 19: Určení sklonu abrazní plošiny dle Pyškina

5.4 Vlastní návrh úpravy

V současné době jsou užívané stabilizační metody zabráňující šíření břehové abraze rozděleny na technické způsoby stabilizace břehů, stabilizační metody inženýrské biologie, biotechnické způsoby stabilizace a vlnolamy.

Za technické způsoby stabilizace břehů považujeme především kamenné paty svahů, betonové či železobetonové opěrné zdi, kamenné pohozy a záhozy, dlažby, různá prefabrikovaná opevnění, drátokamenné matrace a další.

Stabilizačními metody inženýrské biologie míníme živé vegetační opevnění. Jedná se především o břehové porosty keřových vrb v zaplavované části břehu, porosty rákosin v zaplavené části břehu, travní koberce, stromové porosty a jiné.

Biotechnické způsoby stabilizace jsou tvořeny kombinací technických a biologických stabilizačních prvků. Jde zejména o haťové či haťošťerkové válce, zápletové plůtky, oživené kamenné rovnániny aj.

Vlnolamy mohou být zatopené, polozatopené a vynořené, propustné, nepropustné, pevné a pohyblivé (Šlezinger 2011).

Dle Lukáče a Abaffyho (1980) můžeme posoudit velikost abrazního poškození břehů podle následujících kritérií:

1. stupeň abraze – rozsáhlé poškození břehů, jedná se o nejexponovanější úseky z hlediska vlnové činnosti. Sklon svahu je strmý, až svislý. Odpor vůči rozrušování je minimální. Výška abrazních srubu je vyšší než 3 m. Vegetační kryt je neúčinný.
2. stupeň abraze – intenzivní abrazní činnost, strmé, téměř kolmé stěny. Výška abrazního srubu dosahuje 1 – 3 m. Vegetační kryt je neúčinný.
3. stupeň abraze – nevýrazné abrazní poškození břehů s mírně rozmyvatelnými horninami a mírným svahem. Výše abrazních srubů je 0,5 – 1,0 m.
4. stupeň abraze – velmi nízká abraze, abrazní sruby dosahují maximální výše 0,5 m. Břeh může mít plážový charakter.
5. stupeň abraze – břehy bez abraze, případně břehy nacházející se v krytých zátokách, které jsou vhodně chráněny břehovými porosty.

Úprava břehů v zájmové oblasti vodní nádrže Letovice má zajistit stabilitu břehů a zamezit přemísťování a ukládání uvolněného materiálu z okolních břehů. Pro tuto vodní nádrž se jeví jako nejvýhodnější metoda břehového opevnění použití biotechnické stabilizace. Technický prvek se umísťuje v oblasti největšího namáhání břehu, vegetační prvky poté v části, která je méně namáhaná, tedy v oblasti působení výběhu vlny. Technické i vegetační prvky se ve stykové oblasti prolínají. Stabilizace je navržena tak, aby se ke zpevnění využilo místních dřevin a zeminy. Dále by ke stabilizaci měla přispět vhodná výsadba doprovodného porostu s ohledem na ponechání stávajícího vegetačního doprovodu na březích nádrže. Z důvodů časté rekreace na této nádrži by se navrhované úpravy měly v co největší míře začlenit do krajinného rázu a neměly by narušit estetickou hodnotu dané oblasti.

Základními prvky biotechnických opeňovacích konstrukcí je abiotická a biotická část biotechnických opevnění. Základem abiotické části je zdravý lomový kámen, který se využívá ve značném rozpětí zrnitosti. Velice často se užívá na tuhé, technické části biotechnického opevnění vhodně upravené dřevo. Velkou nevýhodou dřevěných konstrukčních prvků je nízká životnost těchto konstrukcí v oblasti kolísání hladin. Pro biotechnické opeňovací konstrukce se používají také různé typy vegetačních tvárnic, či jiných vhodných prefabrikátů. Biotickou část opeňovacích konstrukcí tvoří keřové vrby. Jedná se o hlavní, nejvhodnější a také nejčastěji užívaný biologický prvkem biotechnických opevnění. Tyto dřeviny je možné použít ve formě řízků, prutů,

podestýlek, rohoží, pokryvů či do zápletů. Nejdůležitější částí při jejich návrhu je výběr vhodných druhů dřevin a povýsadbová péče (Šlezinger 2011).

Nedílnou součástí stabilizace břehů je i návrh vegetačního doprovodu toků a nádrží. Vegetační doprovod má řadu funkcí, z nichž je potřeba jmenovat zejména zpevnění břehů a napomáhá zabránit rozrušování břehů erozními rýhami. Vegetační doprovod chrání nádrže před zanášením větrem transportovaným materiálem z okolních pozemků či má vliv na samočisticí schopnost toku. U nádrží s rekreačním využitím je vegetační doprovod předpokladem jejího rozvoje, podporuje dobrý stav rybí obsádky a napomáhá rozvoji sportovního rybolovu (Šlezinger a Úradníček 2002).

Druhová skladba dřevin vegetačního doprovodu by měla vycházet z podmínek dané lokality a především z druhového složení původních dřevin. Nacházet by se zde měly především původní druhy dřevin. Nezastupitelné místo v rámci vegetačního doprovodu mají i keře a travní koberec, jež je základní ochranou proti vzniku a rozvoji eroze na svahu tvořícím břeh (Šlezinger a Úradníček 2002).

Nejužívanějšími dřevinami v rámci břehových porostů jsou olše (*Alnus*), vrby (*Salix*), jasan (*Fraxinus*), javor (*Acer*), jilm (*Ulmus*), topol (*Populus*) aj. Z keřů pak především keřové vrby (*Salix*), svída (*Cornus*), brslen (*Euonymus*), krušina (*Frangula*), a další. Doprovodné porosty jsou tvořeny především dřevinami rodu javor (*Acer*), jasan (*Fraxinus*), lípa (*Tilia*), habr (*Carpinus*), dub (*Quercus*), bříza (*Betula*), v podrostu pak například ptačí zob (*Ligustrum*), líska (*Corylus*), a další. Travní koberec by měl být tvořen travní směsí s protierozním účinkem. Nejvhodnější skladba travní směsi je složena z lipnice luční (*Poa pratensis*), kostřavy červené (*Festuca rubra*) a jílku vytrvalého (*Lolium perenne*) (Šlezinger a Úradníček 2002).

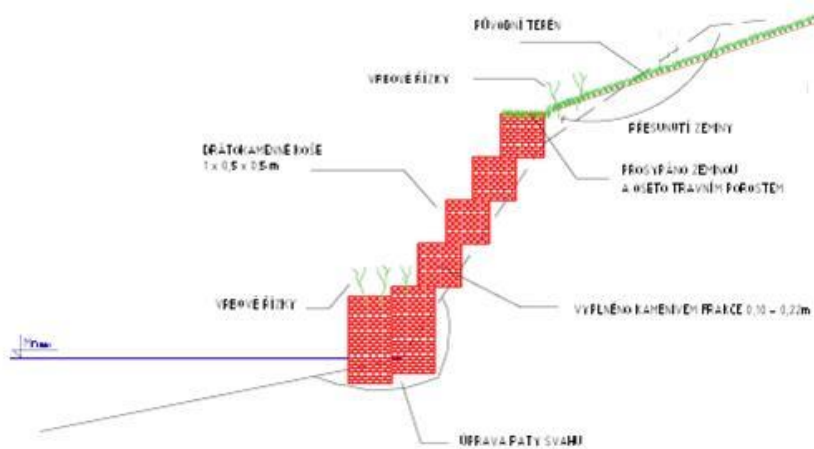
5.4.1 Drátokamenné koše - gabiony

Dalším z možných typů opevnění je pomocí drátokamenných košů neboli gabionů. Toto opevnění je vhodné v oblastech s výrazným abrazním poškozením, kde výška abrazních srubů dosahuje až 3 metry, jedná se tedy o 2. stupeň abraze.

Drátokamenné koše jsou drátěné obdélníkové koše vyrobené z žíhaného pozinkovaného drátu (můžou mít i povlak z PVC) se šestiúhelníkovými oky. Okraje košů jsou vyztuženy dráty většího průměru. Koše můžou být vyplněny kamenem či hrubým šterkem. Výhodou užití gabionů je bezesporu jejich pružnost, a schopnost dokonale kopírovat povrch, také umožňují prorůstání vegetace (Šlezinger 2011).

Před usazením spodní řady košů je nutné urovnat patu svahu. Koše jsou ukládány a vzájemně propojovány dle místních podmínek a stavebními možnostmi prováděcí firmy. Spodní vrstva by měla obsahovat uložení dvou kamenných košů za sebou pro lepší stabilizaci paty svahu. Drátokamenné koše by měly být velikosti nejméně 1x0,6x0,6 metrů a vyplněny kamenivem frakce 0,05 – 0,20 metrů. Spodní vrstvy můžou být osázeny vrbovými řízků vrby poříční (*Salix fluviatilis*) či vrby nachové (*Salix purpurea*). Dále jsou jednotlivé gabiony usazeny do svahu a dosypány a hutněny zeminou. Nejvýše položená řada gabionů může být prosypána zeminou a oseta travním porostem. V místě navázání na původní terén je navrženo sesvahování ve sklonu 1:3.

Tato stabilizace je podrobněji znázorněna v Příloze 5, kde je dané opevnění navrhuto na výšku abrazního srubu 3 m. Toto opevnění má minimální požadavky na údržbu. Po výsadbě vrbových řízků je nutné provádět během prvních dvou vegetačních období kontrolu stavu zakořenění a případně provést místní dosadby.



Obr 20: Drátokamenné koše - gabiony

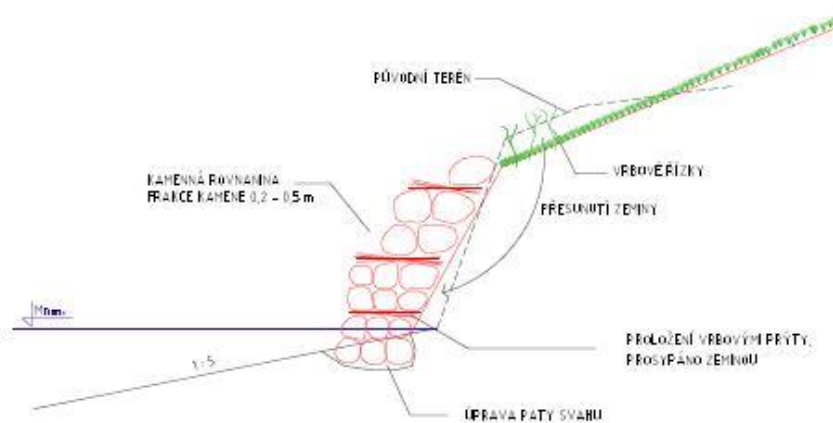
5.4.2 Kamenná rovnanina

Jedním z nejvíce užívaných typů biotechnického opevnění je stabilizace břehu kamennou rovnaninou. Tento typ opevnění je vhodný především v oblastech s výrazným abrazním poškozením, kde dosahují abrazní sruby až 3 metrů a jedná se o 2. stupeň abraze. V místech, kde se snažíme chránit objekty výše na svahu, můžeme tento typ opevnění využít i na vyšší abrazní sruby než jsou 3 metry, zde se jedná o abrazi 1. stupně.

Těleso kamenné rovnaniny zakládáme do základové rýhy upravené ve spodní části sanovaného břehu. Lomový kámen ukládáme v pravidelných vrstvách, které jsou prokládány čerstvě seřezanými vrbovými prýty (Šlezinger, 2011).

Do paty svahu zakládáme lomový kámen větší frakce (0,5 – 0,6 m), pro samotnou stabilizaci abrazně poškozeného srubu potom menší frakci (0,3 – 0,4 m). Jednotlivé vrstvy prokládáme vrbovými prýty a prosypeme zeminou. Tloušťka vrbových prýtů by měla být asi 0,1 m. Sklon líce rovnaniny se liší dle užitého kameniva a způsobu jeho ukládání. Terén nad kamennou rovnaninou je vhodné upravit na sklon 1:2 a provést na něm výsadbu keřových vrb. Pro stabilizační výsadbu keřových vrb je vhodné využít řízky druhů jako vrba poříční (*Salix fluviatilis*), vrba košíkářská (*Salix viminalis*), vrba ušatá (*Salix aurita*), či vrbu popelavou (*Salix cinerea*). Tyto keřové vrby plynule navážou na břehové a doprovodné porosty.

Tato stabilizace je znázorněna v Příloze 6, kde je dané opevnění navrhuto na výšku abrazního srubu 2 m. Toto opevnění má minimální požadavky na údržbu. Po výsadbě vrbových řízků je nutné provádět během prvních dvou vegetačních období kontrolu stavu zakořenění a případně provést místní dosadby. Nutné jsou také prohlídky celkového opevnění břehu a v případě nutnosti provést drobné úpravy tohoto opevnění.



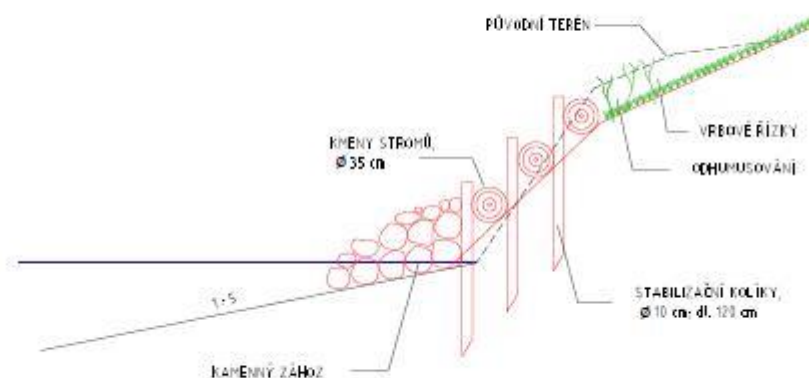
Obr. 21: Kamenná rovnanina

5.4.3 Kulatina v kombinaci s kamenným záhozem

Tato stabilizační biotechnická konstrukce je využívána u abrazních srubů do maximální výše 2 metrů a mírných sklonů břehů, což řadíme do 2. stupně abraze. Tato konstrukce je složena z několika řad dřevěných kůlů ke kterým přikládáme souběžně s břehem dřevěnou kulatinu. Celá tato konstrukce je ve spodní části stabilizována kamenným záhozem. (Šlezinger, 2011)

Kamenný zához z lomového kamene o střední velikosti zrna 0,3 – 0,4 m zde plní primárně stabilizační funkci. Dále však tento kamenný zához může plnit funkci ochrany dřevěného srubu z kulatiny před účinky vln. Srub z kulatiny je tvořen třemi řadami dřevěných kůlů, ke kterým přikládáme dřevěnou kulatinu a které jsou umístěny souběžně s břehem. Dřevěné kůly jsou průměru 12 cm a délky asi 120 cm. Tyto stabilizační kůly jsou zaraženy ze 2/3 své délky do země. Dřevěná kulatina je využita z místních dřevin, které musely být z různých důvodů odstraněny. Kmeny stromů jsou dlouhé 3 – 4 metry a široké 50 cm. Pro tuto stabilizaci je nutno provést sesvahování původního terénu ve sklonu 1:2 a oseto travním porostem.

Tato stabilizace je znázorněna v Příloze 7., kde je dané opevnění navrženo na výšku abrazního srubu 2 m. Toto opevnění má minimální požadavky na údržbu. Po výsadbě vrbových řízků je nutné provádět během prvních dvou vegetačních období kontrolu stavu zakořenění a případně provést místní dosadby. Dále je nutná povýsadbová péče. Nutné jsou také prohlídky celkového opevnění břehu a v případě nutnosti provést drobné úpravy tohoto opevnění.



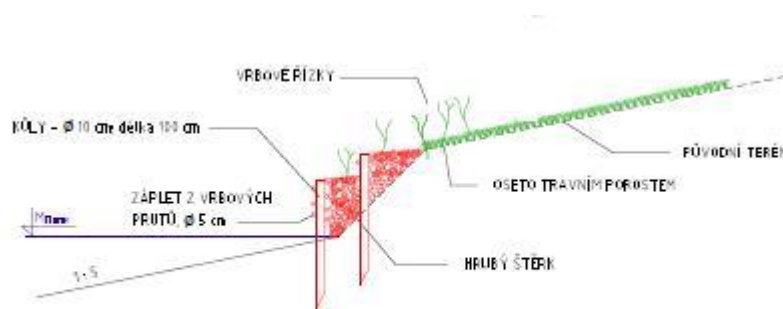
Obr. 22: Kulatina v kombinaci s kamenným záhozem

5.4.4 Dvouřadový zápleťový plůtek

Tato biotechnická konstrukce poskytuje dobrou ochranu především břehům s menší sklonitostí. V případě již vzniklého abrazního poškození je vhodné tuto biotechnickou konstrukci použít do výšky abrazního srubu 0,8 – 1,0 m, což se jedná o 3. stupeň abraze. Nejčastěji se užívají plůtky jednořadé a dvouřadé, můžeme však využít i víceřadé plůtky. (Šlezinger, 2011)

Při této konstrukci je nejdůležitější založení první, nejnižší řady plůtků. Podstatné je, aby plůtek dosahoval nad úroveň maximální nejčtenější hladiny. Jednotlivé řady plůtků jsou tvořeny kůly o průměru minimálně 10 cm a délce asi 1 metr. Dvouřadý plůtek je tvořený zápletem z vrbových prutů o průměru 5 cm. Prostor mezi plůtky je nutné vyplnit kamenivem nebo hrubým štěrkem, neboť zemina je dynamickými účinky vlnobití a sáním vyplavována. Na navrženou stabilizaci navazuje původní terén, který je možno osadit vrbovými řízký a travním porostem.

Tato stabilizace je znázorněna v Příloze 8, kde je dané opevnění navrženo na výšku abrazního srubu 1 m. Toto opevnění má minimální požadavky na údržbu. Po výsadbě vrbových řízků je nutné provádět během prvních dvou vegetačních období kontrolu stavu zakořenění a případně provést místní dosadby. Dále je nutná povýsadbová péče. Nutné jsou také prohlídky celkového opevnění břehu a v případě nutnosti provést drobné úpravy tohoto opevnění.



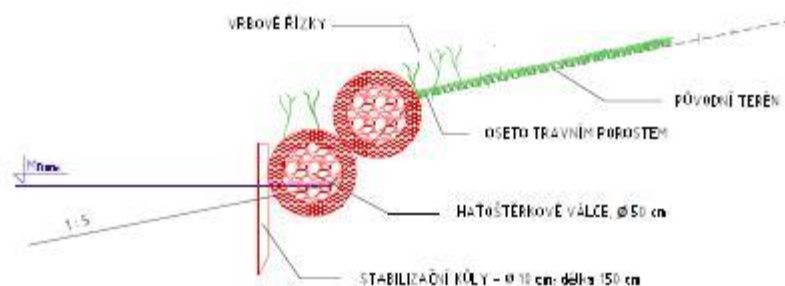
Obr. 23: Dvouřadý zápleťový plůtek

5.4.5 Hat'ošterkové válce

Hat'ošterkové válce se užívají pro stabilizace abrazních svahů do výše 1 m. Velikost abrazního poškození břehu nádrží tedy spadá do 3. stupně abraze (Šlezinger, 2011).

Hat'ošterkové válce jsou tvořeny vrbovými pruty a šterkovou výplní. Průměr hat'ošterkového válce je 50 cm. Vrbové pruty tvořící obal mají tloušťku 10 – 20 cm a uvnitř jsou vyplněny hrubým šterkem. Válec uložený nejnižší a nejbližší hladiny je nutno stabilizovat dřevěnými kůly, případně přitížit kameny. Válce jsou stabilizovány kůly o šířce 10 cm a délce 150 cm. Stabilizační kůly spolu s kamenným pohozením o velikosti zrna 0,2 - 0,4 m zajišťují stabilitu hat'ošterkových válců. Prostor mezi válci bude dosypán zeminou a osázen vrbovými řízků. Na navrženou stabilizaci navazuje původní terén, který je možno oset travním porostem.

Tato stabilizace je znázorněna v Příloze 9, kde je dané opevnění navrhnuo na výšku abrazního srubu 2 m. Toto opevnění má minimální požadavky na údržbu. Po výsadbě vrbových řízků je nutné provádět během prvních dvou vegetačních období kontrolu stavu zakořenění, případně provést místní dosadby. Dále je nutná povýsadbová péče. Nutné jsou také prohlídky celkového opevnění břehu a v případě nutnosti provést drobné úpravy tohoto opevnění.



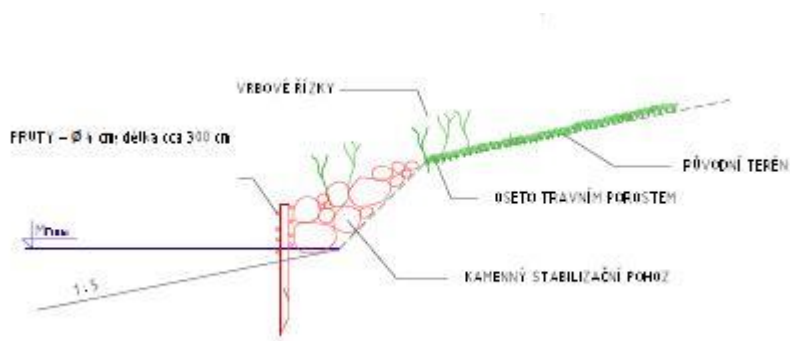
Obr. 24: Hat'ošterkový válec

5.4.6 Kombinace zápletového plůtku a kamenného pohozu

Dalším stabilizačním prvkem může být kombinace jednořadového zápletového plůtku a kamenného pohozu. Tato kombinace je vhodná pro sanaci abrazních srubů 3. stupně do výše 0,8 – 1,0 m a mírným sklonem. Konstrukci kamenného pohozu je nutné navrhnout minimálně ze dvou až tří řad kameniva o průměrné zrnitosti použitého kamene 0,3 m. (Šlezingr, 2011)

Kamenný pohoz je ve spodní části stabilizován jednořadým zápletovým plůtkem o šířce kůlů 10 cm a délce 150 cm. Plůtek je skládán z vrbových prutů o průměru 5 cm a délce asi 300 cm. Pohoz oživujeme výsadbou vrbových řízků. Na navrženou stabilizaci navazuje původní terén, který je možno oset travním porostem.

Tato stabilizace je znázorněna v Příloze 10, kde je dané opevnění navrženo na výšku abrazního srubu 1 m. Toto opevnění má minimální požadavky na údržbu. Po výsadbě vrbových řízků je nutné provádět během prvních dvou vegetačních období kontrolu stavu zakořenění, případně provést místní dosadby. Dále je nutná povýsadbová péče. Nutné jsou také prohlídky celkového opevnění břehu a v případě nutnosti provést drobné úpravy tohoto opevnění.



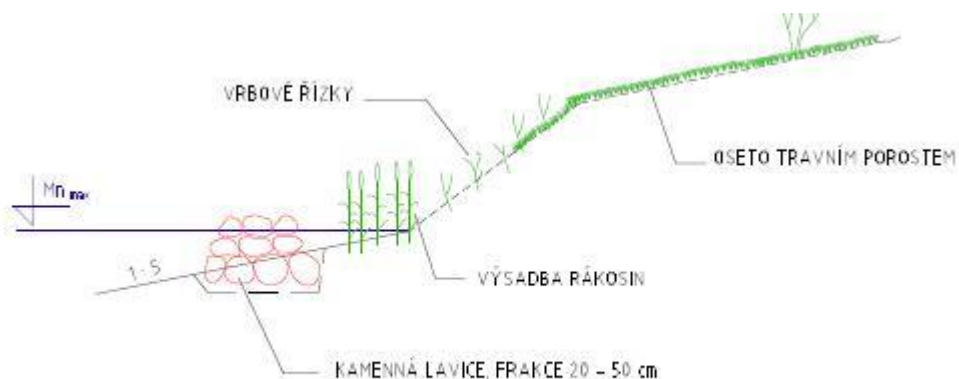
Obr. 25: Kombinace zápletového plůtku a kamenného pohozu

5.4.7 Kamenná lavice s porostem rákosin

Dalším hojně využívaným prvkem biotechnického opevnění je kombinace kamenné lavice s porostem rákosin, které zlepšují stabilizaci břehu. Tato kombinace se využívá pro mírné svahy s 3. stupněm abraze a výškou abrazního srubu do 1 m.

Nejspodnější část svahu je stabilizována kamennou lavicí, která má funkci zmírnění účinku vln. Kamennou lavici tvoří lomový kámen o frakci 20 – 50 cm. Pro zvýšení stability celé konstrukce je vhodné provést výsadbu vrbových řízků a rákosin. Z vrbových řízků můžeme využít především vrbu poříční (*Salix fluviatilis*), vrbu košíkářskou (*Salix viminalis*), vrbu ušatou (*Salix aurita*), či vrbu popelavou (*Salix cinerea*). Z rákosin použijeme výsadbu orobince úzkolistého (*Typha angustifolia*) a rákosu obecného (*Phragmites australis*).

Tato stabilizace je znázorněna v Příloze 11, kde je dané opevnění navrženo na výšku abrazního srubu 0,5 m. Toto opevnění má minimální požadavky na údržbu. Po výsadbě vrbových řízků je nutné provádět během prvních dvou vegetačních období kontrolu stavu zakořenění, případně provést místní dosadby. Dále je nutná povýsadbová péče.



Obr. 26: Kamenná lavice s porostem rákosin

5.5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Nejpoužívanější materiál pro biotechnické způsoby stabilizace břehů je kámen a dřevo. Pro každý návrh opevnění břehu je zpracována samostatná kalkulace nákladů na použitý materiál. Náklady jsou zpracovány na celou zájmovou oblast o délce 100 m a vždy na danou výšku abrazního srubu, která byla navrhována v jednotlivých návrzích stabilizace břehu dle přiložených příloh. Náklady na dopravu, mechanizaci a technickohospodářské pracovníky nejsou zahrnuty do odhadu nákladů. Ceny jsou uvedeny bez DPH a jsou vyhodnoceny z jednotlivých ceníků firem. Ceníky byly převzaty z internetových zdrojů firem: Mgr. Marek Navrátilík, NAPLOT.CZ – Žaneta Tušerová, Rožnovská travní semena s.r.o., Mobile Point Corporation a.s., E-massa a.s., Aleš Kyrál.

Drátokamenné koše – gabiony

Rozměry gabionu: 1 x 0,5 x 0,5

Cena gabionu: 747,90 Kč

Celková potřeba gabionů: 800 ks

Cena za gabiony: 598 320 Kč

Cena lomového kamene frakce 11/22: 245 Kč/t

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³

Celková potřeba lomového kamene: 200 m³

Cena za lomový kámen: 127 400 Kč

Cena travní směsi (25 kg): 2 560 Kč

Cena vrbových řízků: 1 872 Kč

Cena celkem: 730 152 Kč

Celková cena za opevnění z drátokamenných košů činí 730 152 Kč.

Kamenná rovnanina

Cena lomového kamene frakce 200/500: 260 Kč/t

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³

Celková potřeba lomového kamene: 220 m³

Cena za lomový kámen: 148 720 Kč

Cena travní směsi (25 kg): 2 560 Kč

Cena vrbových řízků: 1 872 Kč

Cena celkem: 153 152 Kč

Celková cena za opevnění z kamenné rovnániny činí 153 152 Kč.

Kulatina v kombinaci s kamenným záhozem

Cena lomového kamene frakce 200/500: 260 Kč/t

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³

Celková potřeba lomového kamene: 80 m³

Cena za lomový kámen: 54 080 Kč

Cena kulatiny - smrk (Ø 35 cm/m³): 2150 Kč

Celková potřeba kulatiny: 29 m³

Cena kůlů (Ø 10 cm, délka 1,2 m): 56 Kč/kus

Celková potřeba kůlů: 375 ks

Cena za kulatinu a kůly: 85 600 Kč

Cena travní směsi (25 kg): 2 560 Kč

Cena vrbových řízků: 1 872 Kč

Cena celkem: 144 112Kč

Celková cena za opevnění v kombinaci kulatiny s kamenným záhozem činí 144 112 Kč.

Zápleťový plůtek

Cena hrubého šterku: 275 Kč/t

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³

Celková potřeba lomového kamene: 70 m³

Cena za lomový kámen: 50 050 Kč

Cena kůlů (Ø 10 cm, délka 1,0 m): 40 Kč/kus

Celková potřeba kůlů: 250 ks

Cena prutů: 490 Kč/m²
Celkové potřeba prutů: 100 m²
Cena za kůly a pruty: 59 000 Kč

Cena travní směsi (25 kg): 2 560 Kč
Cena vrbových řízků: 1 872 Kč

Cena celkem: 136 522 Kč
Celková cena za opevnění ze zápletového plůtku činí 136 522 Kč.

Kombinace zápletové plůtku a kamenného pohozu

Cena lomového kamene frakce 50/200: 260 Kč/t
Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³
Celková potřeba lomového kamene: 50 m³
Cena za lomový kámen: 33 800 Kč

Cena kůlů (Ø 10 cm, délka 1,5 m): 62 Kč/kus
Celková potřeba kůlů: 200 ks
Cena prutů: 490 Kč/m²
Celkové potřeba prutů: 60 m²
Cena celkem za kůly a pruty: 41 800 Kč

Cena travní směsi (25 kg): 2 560 Kč
Cena vrbových řízků: 1 872 Kč

Cena celkem: 80 032 Kč
Celková cena za opevnění z kombinace zápletového plůtku a kamenného pohozu činí 80 032 Kč.

Haťoštěrkové válce

Cena lomového kamene frakce 4/8: 350 Kč/t
Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³
Celková potřeba lomového kamene: 14,13 m³
Cena za lomový kámen: 12 858 Kč

Cena kůlů (Ø 10 cm, délka 1,5 m): 62 Kč/kus

Celková potřeba kůlů: 164 ks

Cena prutů: 490 Kč/m²

Celková potřeba prutů: 753,6 m²

Cena celkem za kůly a pruty: 379 432 Kč

Cena travní směsi (25 kg): 2 560 Kč

Cena vrbových řízků: 1 872 Kč

Cena celkem: 396 722 Kč

Celková cena za opevnění z haťoštěrkových válců činí 396 722 Kč.

Kamenná lavice s porostem rákosin

Cena lomového kamene frakce 200/500: 260 Kč/t

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³

Celková potřeba lomového kamene: 55 m³

Cena za lomový kámen: 37 180 Kč

Cena rákosin (16,50/ks): 8 250 Kč

Cena travní směsi (25 kg): 2 560 Kč

Cena vrbových řízků: 1 872 Kč

Cena celkem: 49 862 Kč

Celková cena za opevnění z kombinace kamenné lavice s porostem rákosin činí 49 862 Kč.

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení stávajícího stavu vodní nádrže Letovice, vybrání lokality s největším poškozením břehů a především navrhnoutí možných způsobů stabilizace břehů. K určení abrazní terminanty bylo důležité statisticky vyhodnotit nejčtetnější hladinu, která byla stanovena na kótu 360,03 m n. m., protože právě kolísání hladin v nádrži a proudění větru má zásadní vliv na vznik břehové abraze.

Ke stabilizaci břehů v zájmové lokalitě byly především navrženy biotechnické způsoby opevnění břehu. Tyto opevnění byly navrženy tak, aby nejenom plnily svojí funkci, ale aby se navrhovaná stavba co nejvíce začlenila do krajinného rázu a neměla zásadní vliv na životní prostředí v okolí nádrže. Návrhem vhodného biotechnického opevnění a doprovodného porostu také přispíváme k podpoře a rozvoji zde žijících rostlinných i živočišných společenstev. V přílohách práce je přiloženo sedm návrhů stabilizace břehu.

V práci je také zpracováno technicko-ekonomické zhodnocení. Na jednotlivé typy stabilizace břehu byla provedena kalkulace nákladů na potřebný materiál. Při výběru vhodného způsobu opevnění břehu musíme brát v úvahu nejenom ekonomické hledisko, ale především hledisko spolehlivosti a životnosti daného opevnění.

7 Summary

The goal of this Bachelor thesis was to valorize current condition of Letovice water reservoir, select the locations with the greatest damage of the shore and especially proposing possible ways of stabilizing the shore. To determine the abrasion terminant was important the most frequent level, which was determined on 360.03 metres above sea., because fluctuations in water levels and the action of wind waves has a major influence on the formation of shore abrasion.

To stabilize the shores in the area of interest was primarily designed biotechnical methods of shore stabilization. These fortifications were designed so that not only fulfill its function, but that the proposed construction as much as possible integrated into the landscape. These fortifications also had a major impact on the environment surrounding the water reservoir. Proposals of biotechnical stabilization and accompanying vegetation also contribute to the promotion and development here living plant and animal communities. In the annexes of this work is accompanied seven proposals to stabilize the shore.

In the work is also elaborated economical evaluation. On various types of shore stabilization was counted the calculation of the necessary material. When we choose a suitable method of shore stabilization, we must valorized not only the economic aspect, but also the terms of reliability and durability of the fortifications.

8 Seznam použité literatury a zdrojů

Literatura

BRODESSER, S., 2005. *Staletími podél řeky Svitavy*. Brno: Moravské zemské muzeum, ISBN 80-7028-217-7.

BRTNICKÝ, M., a kol., 2015. *Půdní typy ČR: 1866-1991*. Vydání: první. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 88 s. ISBN 978-80-7509-282-3.

CULEK, M., 2005. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 589 s. ISBN 80-86064-82-4.

KRATOCHVÍL, S., 1961. *Vodní nádrže a přehrady*. Praha: Československá akademie věd. 956 s.

LUKAČ, M., ABAFFY D., 1980. *Vlnenie na nádržiach, jeho účinky a protiabrázne opatrenia*, Bratislava: Príroda.

POVODÍ MORAVY s. p., 2009. *Manipulační řád pro přehradu Letovice*.

QUITT, E., 1971. *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia.

SKOŘEPA, H., 2008. *Přírodní poměry Boskovicka*. Boskovice: Muzeum Boskovicka, Vlastivěda Boskovicka. ISBN 978-80-904089-0-6.

ŠLEZINGR, M., 2013. *Základy projektové činnosti - obrazový přehled návrhů stabilizace břehů pomocí břehové armatury*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 152 s. ISBN 978-80-7375-833-2.

ŠLEZINGR, M., ÚŘADNÍČEK, L., 2002. *Vegetační doprovod vodních toků a nádrží*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 130 s. ISBN 80-7204-269-6.

ŠLEZINGR, M., 2011. *Břehová abraze - možnosti stabilizace břehů: monografie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 173 s. ISBN 978-80-7375-566-9.

TÁLSKÁ E., et al., 1981. *Vodní dílo Křetínka u Letovice (Zásobování Brna pitnou vodou)*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 79 s.

VAVŘÍČEK, ŠIMKOVÁ, 2013. *Taxonomický systém lesních půd – základ lesního ekosystému*.

Internetové zdroje

Česká geologická služba: *Geologická mapa 1: 25 000*. [online] citováno 10. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <http://mapy.geology.cz/geocr_25/>.

Česká geologická služba: *Půdní mapa 1:50 000*. [online] citováno 10. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://mapy.geology.cz/pudy/>>.

Dřevěné kůly – Mgr. Marek Navrátilík: Ceník dřevěných kůlů. [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.kuly.cz/>>.

Eagri, portál ministerstva zemědělství: VN Letovice – profil vod ke koupání [online] citováno 10. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <http://eagri.cz/public/web/file/128538/VN_Letovice.pdf>.

E-massa, energia rediviva: Ceník vrbových řízků. [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.e-massa.cz/prodej-rizku-a-korenacku>>.

Krajská hygienická stanice, JMK: VN Letovice. [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.khsbrno.cz/katalog/koupaliste/letovice2.php>>.

Krajská hygienická stanice, JMK: VN Letovice. [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.khsbrno.cz/katalog/koupaliste/letovice.php>>.

MapoMat: *Geomorfologie* [online] citováno 15. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://mapy.nature.cz/>>.

Mobile Point Corporation a.s.: Ceník gabionových košů. [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://gabionycr.cz/>>.

NAPLOT.CZ – Žaneta Tušerová: Ceník vrbových prutů. [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.naplot.cz/#!/produkty-a-cenik/c18hv>>.

NATURA 2000: CZ0623351 – *Nad kapličkou*. [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000102346>.

Povodí Moravy, s. p: VD Letovice [online] citováno 14. března 2016. Dostupné na World Wide Web: <www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/letovice/>.

Povodí Moravy, s. p: *Plán oblasti povodí Dyje* [online] citováno 29. března 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/a-popis/a-1.html#>>.

Rožnovská travní semena s.r.o.: Ceník travních směsí. [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://obchod.roznovska-travni.cz/cz/eshop/k/travni-smesi/technicke-travni-smesi/technicka-smes-svahova-25-kg/82/>>.

Wikipedie: *Křetínka* [online] citováno 29. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99et%C3%ADnka>>.

Legislativa

ČSN 75 0255: Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1: Správní orientace vodní nádrže Letovice (Mapy.cz 2016).....	11
Obr. 2: Soutok Křetíanky a Svitavy ve městě Letovice (Alexová 2016)	12
Obr. 3: Graf ročních srážek.....	17
Obr. 4: Kvalita vody ve VN Letovice – pláž Vranová, rok 2015	18
Obr. 5: Kvalita vody ve VN Letovice –Svitavice, rok 2015.....	19
Obr. 6: Zájmová oblast na nádrži – abrazní srub (Alexová 2016).....	24
Obr. 7: Schéma určení abrazní terminanty	30
Obr. 8: Graf výšek hladin v období 2006 – 2015	32
Obr. 9: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2016.....	33
Obr. 10: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007	34
Obr. 11: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008.....	35
Obr. 12: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2009	36
Obr. 13: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2010.....	37
Obr. 14: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2011	38
Obr. 15: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2012.....	39
Obr. 16: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2013.....	40
Obr. 17: Graf četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2015.....	41
Obr. 18: Graf četnosti výskytu max. hladin za rozhodující období v roce 2006 – 2015	42
Obr. 19: Určení sklonu abrazní plošiny dle Pyškina	47
Obr 20: Drátokamenné koše - gabiony	50
Obr. 21: Kamenná rovnanina.....	51
Obr. 22: Kulatina v kombinaci s kamenným záhozem.....	52
Obr. 23: Dvouřadý zápletový plůtek.....	53
Obr. 24: Haťoštěrkový válec.....	54
Obr. 25: Kombinace zápletového plůtku a kamenného pohozu	55
Obr. 26: Kamenná lavice s porostem rákosin	56

Tab. 1: Základní hydrologické údaje – řeka Křetínka	13
Tab. 2 N-leté průtoky (2008), řeka Křetínka	13
Tab. 3 M-denní průtoky (1976 – 2006), řeka Křetínka	13
Tab. 4 Výpar z vodní hladiny	14
Tab. 5: Charakteristika mírně teplé oblasti (MT3) ČR (Quitt 1971)	16
Tab. 6: Prostor stálého nadržení	25
Tab. 7: Prostor zásobní	26
Tab. 8: Prostor retenční neovladatelný	26
Tab. 9: Celkový prostor	26
Tab. 10: Technické parametry hráze.....	27
Tab. 11: Základní technické údaje spodní výpusti	28
Tab. 12: Základní technické údaje vývařiště	28
Tab. 13: Základní technické údaje přelivu.....	29
Tab. 14: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2006	33
Tab. 15: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007	34
Tab. 16: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008	35
Tab. 17: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2009	36
Tab. 18: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2010	37
Tab. 19: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2011	38
Tab. 20: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2012	39
Tab. 21: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2013	40
Tab. 22: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2015	41
Tab. 23: Četnost výskytu max. hladin za rozhodující období v roce 2006 – 2015.....	42
Tab. 24: Stanovení délky radiál pro výpočet L_{ef}	44