



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB  
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

## MOŽNOSTI STABILIZACE SVAHŮ VODNÍHO TOKŮ DESNÁ

POSSIBILITIES OF BANKS STABILIZATION OF DESNÁ WATERCOURSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Radek Lach

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. HANA UHMANNOVÁ, CSc.

BRNO 2019



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Radek Lach
<b>Název</b>	Možnosti stabilizace svahů vodního toků Desná
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Hana Uhmánová, CSc.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2018
<b>Datum odevzdání</b>	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

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

## **PODKLADY A LITERATURA**

Geodetické podklady – zaměření toku.

Raplík M., Výbora P., Mareš K. Úprava tokov, Alfa, Bratislava. 1989.

Mareš K. Úpravy toků, ČVUT, Praha. 1997.

Chow, Ven Te. Open Channel Flow. Mc Graw Hill Book Company. 1959.

Šlezinger, M. 1996. Vegetační doprovod vodních toků a nádrží. VUT v Brně. Brno, 90s.

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

Geodetické podklady – zaměření toku.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Na dvou lokalitách nedaleko Maršíkova se vytvořily výrazné svahové eroze, které vznikly vlivem nebo ve vazbě na přirozený vývoj koryta vodního toku řeky Desné. Jedna lokalita byla částečně stabilizována po povodni v roce 1997 a jeví se jako poměrně stabilní. Na druhé nestabilizované lokalitě probíhá poměrně dynamický vývoj, ke kterému přispívají i korytotvorné procesy vodního toku.

V rámci bakalářské práce proveďte

- rešerši literatury se zaměřením na sanaci a stabilizaci svahů,
- vyberte a popište vhodná opatření pro řešené lokality,
- v řešených lokalitách navrhnete přírodě blízká opatření v korytě vodního toku Desné.

Bakalářská práce bude obsahovat:

A. Textovou část: úvod, rešerši literatury, popis zájmové lokality, popis stávajícího stavu toku, hydrotechnické výpočty, popis navrhovaných opatření, závěrečné zhodnocení.

B. Výkresovou část: situace zájmového území, podélný profil stávajícího koryta, příčné řezy, výkresy objektů dle řešení.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

## ABSTRAKT

Bakalářská práce zahrnuje posouzení stávajícího stavu vodního toku Desné v katastrálním území Velkých Losin a následný návrh sanace dvou erozních lokalit v řešeném území. Tok spadá pod správu Povodí Moravy, s. p. a z velké části protéká intravilánem obce Maršíkov. Pro posouzení stávajícího stavu koryta byla provedena osobní pochůzka zájmového území, při níž bylo vše digitálně zdokumentováno. Pro zjištění kapacity koryta a výpočet průběhu jednotlivých hladin se zahrnutím všech stávajících objektů na toku v řešeném úseku byl použit 1D program HEC-RAS. Výpočet průběhu hladin byl proveden pro 1letý, 5letý a kapacitní průtok. Na základě provedené rešerše literatury byla navržena opatření na sanaci břehové eroze v lokalitě 1 a lokalitě 2. V uvedených lokalitách bylo navrženo ideové, přírodě blízké opatření v korytě toku.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Desná, HEC-RAS, kapacita koryta, ochranná hráz, abraze svahu, výpočet hladin, povodně, přírodě blízká opatření

## ABSTRACT

The thesis includes the assessment of the current state of the Desná watercourse in the cadastral area of Velké Losiny and the subsequent suggestion of the remediation of two solves sites in the solved area. The river falls under the management of Povodí Morava, s.p. and for the most part it flows through built-up area of Maršíkov. To assess the current state of the river bed, a personal tour of the area of interest was conducted, during which everything was digitally documented. To determine the river bed capacity and calculate the progress of individual levels with the inclusion of all existing objects on the flow in the solved section, the 1D program HEC-RAS was used. Level flow calculation was made for one-year, five-year and capacity flow. Based on the literature search, measures were proposed to remediate bank erosion in locality 1 and locality 2. In these locations, an ideological nature-friendly measures in the river bed were proposed.

## KEYWORDS

Desná, HEC-RAS, capacity of the channel, flood protection walls, slope abrasion, calculation of surface, floods, measures near to nature

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Radek Lach *Možnosti stabilizace svahů vodního toků Desná*. Brno, 2019. 68 s., 87 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Hana Uhmánová, CSc.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Možnosti stabilizace svahů vodního toků Desná* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 16. 5. 2019

---

Radek Lach  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Možnosti stabilizace svahů vodního toků Desná* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16. 5. 2019

---

Radek Lach  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval své vedoucí Ing. Haně Uhmánové, CSc. za odborné vedení, poskytnutí veškerých potřebných podkladů, za cenné rady a informace, ale také především za její čas, vstřícnost, trpělivost a ochotu během tvorby mé bakalářské práce. V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat svému okolí, zejména své rodině a blízkým za neutuchající podporu během celého studia.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
1.1	Významné povodňové epizody .....	11
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE A METODA ŘEŠENÍ.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>TEORIE.....</b>	<b>16</b>
3.1	Koncepce úprav toků.....	16
3.2	Aktivní protiabrazní konstrukce.....	17
3.2.1	Příčné usměrňovací stavby .....	17
3.2.2	Podélné usměrňovací stavby .....	20
3.3	Stabilizační metody koryt toků .....	20
3.4	Druhy opevnění .....	23
3.4.1	Vegetační opevnění .....	23
3.4.2	Kamenné opevnění .....	28
3.4.3	Betonové opevnění .....	31
3.4.4	Kamenný zához .....	32
3.4.5	Kamenný pohoz.....	33
3.4.6	Drátokamenné matrace.....	34
3.4.7	Masivní obklady .....	35
<b>4</b>	<b>POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....</b>	<b>39</b>
4.1	Obecné informace .....	39
4.2	Správce toku.....	39
4.2.1	Formulace základních potřeb .....	40
4.3	Popis toku a povodí.....	41
4.4	Klimatické údaje .....	42
4.5	Hydrologické údaje .....	42
4.6	Geologické a pedologické poměry .....	44
4.7	Využití území .....	45
<b>5</b>	<b>POPIS ŘEŠENÉ LOKALITY.....</b>	<b>47</b>
5.1	Současný stav toku.....	47
5.2	Charakteristika řešených lokalit.....	48
5.3	Objekty.....	52
5.4	Vegetační stupňovitost.....	53



5.5	Biogeografické členění krajiny .....	53
<b>6</b>	<b>HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY .....</b>	<b>54</b>
6.1	Program HEC-RAS .....	54
6.2	Vstupní data .....	55
6.2.1	Geometrická data – Geometric Data .....	55
6.2.2	Okrajová data – Flow Data.....	55
6.3	Ověření kapacity koryta .....	56
<b>7</b>	<b>NÁVRH OPATŘENÍ.....</b>	<b>57</b>
7.4	Lokalita 1 – dolní erozní stěna .....	57
7.4.1	Kamenná hrázka .....	57
7.4.2	Kombinace kmenů a pilot.....	58
7.5	Lokalita 2 – horní erozní stěna.....	59
7.5.1	Kamenný zához .....	59
7.5.2	Výhony .....	60
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>62</b>
9.1	Literatura .....	62
9.2	Internetové zdroje.....	63
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>64</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>66</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>67</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>68</b>
13.3	Textová část .....	68
13.4	Výkresová část .....	68

# 1 ÚVOD

Řeka Desná, která spadá pod správu Povodí Moravy, s. p. v řešené lokalitě prochází intravilánem katastrálního území obce Maršíkov, která je administrativní částí obce Velké Losiny.

První zmínky o změnách na vodním toku Desná byly zaznamenány v letech 1764–1768, a to z 1. vojenského mapování. Dle dostupných map vyplývá, že v obci Kouty nad Desnou byly zakresleny dvě vodní plochy, které byly v místě dnešní přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně.

V katastrálním území Loučná nad Desnou je koryto řeky přirozené, ale v letech 1836–1852, v období 2. vojenského mapování, byly v obci prováděny regulace toku. Vznikaly zde nově vybudované náhony a jezy.

V blízkosti obce Rapotín má Desná přirozený přímý směr toku. V období 1. vojenského mapování na území Vikýřovic byla zakreslena vodní plocha, která je v dnešní době zastavěna.

Na území města Šumperk, na mapách z 18. století, je vidět, že v minulosti na pravém břehu řeky stály dva rybníky a na levé straně se rozkládaly dvě velké a tři malé vodní plochy, které se do současnosti nedochovaly.

Desná pramení v horských oblastech, tudíž na povodňovou situaci má velký vliv množství spadlých srážek a rychlost povrchového odtoku. Díky vysokému podélnému sklonu toku se většinou jedná o rychlý průběh a velký objem vody, zejména při jarním tání sněhové pokrývky. Tok je v každém úseku různorodý, proto zde dochází při zvýšené hladině vody k častému vybřežení ze stávajícího koryta, čímž dochází v době přívalových srážek k extrémním povodním.

Již v minulosti řeka Desná ukázala několikrát svou ničivou sílu, což se projevilo převážně v obcích výše proti toku. Škody vznikaly především na pozemcích, kde docházelo k plošným erozím zemědělské půdy na objektech umístěných po délce toku, např. mostech, propustcích, náhonech a silnicích. Při velkých záplavách docházelo také k úplné devastaci rodinných domů, které s sebou občas nesly také ztráty na lidských životech.

Hlavním důvodem nepřipravenosti na záplavy je ztráta historické paměti. Zvláště v období po 2. světové válce, kdy se nerespektoval zákon a docházelo k výstavbě nepovolených obytných domů, hospodářských budov, garáží apod. v inundačních územích.

První vodočty v povodí Moravy byly zřizovány až koncem 70. let 19. století, bohužel jejich řady byly neúplné a údaje o průtocích jsou k dispozici až z počátku 20. století.

Při povodňových situacích jsou nejvíce ohroženy obce Rejhotice a Kociánov, ležící zhruba 5 km severně nad řešeným úsekem, jejíž intravilány jsou z velké části zaplaveny už při dosažení 5leté vody.

Nejohroženější místa na toku v obci Maršíkov jsou předmětem řešení bakalářské práce. Vlivem intenzivních srážek a následných povodní zde dochází k porušení svahů a následným sesuvům půdy, které jsou nebezpečné pro samotnou obec.

Pro zlepšení místních podmínek bude snaha o vybudování přírodě blízkých opatření v podobě výhonů, které budou mít za úkol odklonit proudnici od erozně nebezpečných břehů a bude provedena následná sanace a stabilizace břehů. Vše bude řešeno s ohledem na přiléhající soukromé pozemky. Návrh opatření je založen na osobní pochůzce a výpočtech stabilizace břehů při určitých návrhových průtocích, který je podmíněn hydraulickými výpočty, pro které byl použit program HEC-RAS 5.0.5.

## 1.1 Významné povodňové epizody

- **Rok 1770**

Velká bouře s povodní, údajně spojená se silným zemětřesením. Došlo k sesuvům půdy, protože vyvrácené stromy se dostaly až do rozvodněné řeky. [7]

- **Rok 1796**

Intenzivní květnové deště způsobily velké škody na polích vízmberského panství. Nejvíce byl postižen Maršíkov. [7]

- **Rok 1813**

Ničivá povodeň, která postihla horní část údolí toku Desné, strhla břehy řeky a v obrovském množství se valila do údolí, kde ničila mosty a cesty, vytrhávala stromy i s kořeny, brala s sebou domácí zařízení a zvířata. V Rejhoticích svou silou ničila domy. [7]

- **Rok 1880**

Začátkem srpna na Šumpersku došlo k ničivým povodním. Nejvíce byly poškozeny obce v povodí Desné (údajně největší zaznamenaná povodeň do tohoto roku) a Merty. Nejhorší situace byla v Koutech a Rejhoticích, kde voda brala i domy. Povodeň s sebou strhala všechny mosty a silnice, a tím byla narušena

veškerá doprava. Ostatní škody se nedaly vyčíslit. Po deseti dnech po katastrofální události byla na pomoc postižených vyhlášena veřejná sbírka. [7]

- **Rok 1889**

V horním toku Desné květnová povodeň poškodila cesty, mosty, břehy a lesní porost. [7]

- **Rok 1897**

Koncem července přišla velké povodeň z důvodů nepřetržitých lijáků, které trvaly pouhé 3 dny. Řeka Desná strhla několik mostů v Anníně a Rejhoticích, taktéž vyzděný most v Koutech a dokonce s sebou vzala polovinu rodinného domu, který u něho stál. Ve vyšších polohách ničila domy, v nižších pustošila zahrady, pole, louky a silnice. [7]

- **Rok 1899**

V katastrálním území Kouty nad Desnou byl v květnu zaznamenán vysoký stav vody. [7]

- **Rok 1903**

Povodňová voda začátkem července zaplavila celé údolí. Bylo odplaveno dřevo z lesů a mostů, došlo k vytržení stromů s kořeny a následné destabilizaci břehů spojených s pády mohutných balvanů z horských úbočí. V Koutech byla protržena ochranná zeď, voda zničila silnici a prolomila železný most. Poškozená byla také začínající stavba nové železnice z Petrova do Koutů. Bylo strženo přes 50 mostů na místních komunikacích. [7]

- **Rok 1921**

Povodeň, která vznikla 1. června, je považována za jednu z největších katastrof na toku Desné. V Hrubém Jeseníku byl zaznamenán nejintenzivnější přívalový liják za dobu meteorologického pozorování. Splaveniny zahradily údolí Hučivé Desné a vytvořily velkou nádrž, která po následném prolomení způsobila škody v celém údolí kolem řeky až po Šumperk. Byly zničeny mosty, jezy a železnice mezi Rejhoticemi a Kouty. V Anníně byla úplně zničena pila a elektrárna. Největším neštěstím byly ztráty čtyř lidských životů. [7]

- **Rok 1940**

Intenzivní květnové lijáky, které přišly v době tání sněhové pokrývky v horských oblastech, postihly povodí Desné. Vlna poškodila břehy, jezy a mosty. [7]

- **Rok 1997**

K nejvýznamnější tragické události povodí Moravy došlo v roce 1997. Červencovou povodeň přinesly extrémní úhrny srážek v oblasti povodí horní Moravy (Jeseníky), v oblasti povodí Bečvy (Moravskoslezské Beskydy) a zčásti zasáhly oblasti Hostýnských vrchů a Českomoravskou vrchovinu. Největší denní úhrny srážek byly naměřeny na Lysé Hoře - 234 mm a horním povodí Moravy - 178 mm. Měsíční úhrny srážek dosahovaly na Pradědu 661 mm, což je 450 % průměrné červencové srážky a 50% celoroční srážky daného území. [8]

První signál o nebezpečí ve městě Šumperk byl zaznamenán v neděli 6. července 1997 v ranních hodinách, kdy hladina řeky Desné dosahovala výšky 2,8 metrů. V pondělí 7. července byl vyhlášen stav ohrožení a začala evakuace obyvatel. Během dne voda zaplavila obce Hanušovice, Staré Město, Jindřichov, Loučnou, Velké Losiny, Petrov a Sobotín. [10]



Obr. 1 Zničení železniční tratě v Loučné [10]

Valící se voda s sebou brala vše, co ji stálo v cestě. Poškozeny byly silnice, mosty, rodinné domy, elektrické i telefonní vedení. Proud strhával okolní stromy a degradoval stávající koryta řek. [10]

Povodeň překročila všechny dosavadní známé hodnoty a vzhledem k vysokému obsahu splavenin, které s sebou nesla, byla mimo možnost měření a monitorování. Rozlivy zasáhly v Olomouckém kraji celkem 110 obcí a měst. Bylo evakuováno

7850 osob. Voda se vylila na celkovou plochu 434 km<sup>2</sup> a průměrná hloubka rozlivu nabývala hodnot 2,5 až 3 metry. Průtoky výrazně přesáhly hodnot stoleté vody  $Q_{100}$  a místy dokonce až vody osmisetleté  $Q_{800}$ . [9]

Na postiženém území byly hned zahájeny rozsáhlé opravy. Od roku 1997 do 2012 již bylo realizováno 20 významných protipovodňových opatření a mnoho menších úprav. Dílčí realizované opatření v horní části Moravy se osvědčily při další povodni v roce 2010. [10]

## 2 CÍL PRÁCE A METODA ŘEŠENÍ

Hlavním cílem bakalářské práce je návrh přírodě blízkých opatření ve dvou lokalitách nedaleko obce Maršíkov. Břehy řeky jsou v zájmových lokalitách vysoké a díky neustálenému proudění vody a nepříliš dobré soudržnosti zemin zde dochází ke svahové erozi. Příčinou je také stékající voda z dešťových srážek nebo vliv rozlivů z okolních pozemků, při kterých voda vytváří malé vodní cesty, což způsobuje vznik erozních rýh. S přibývajícím vodou se rýhy prohlubují, rozšiřují a nastává značné poškození břehů.

Dílčími cíli bakalářské práce jsou:

- rešerše literatury se zaměřením na sanaci a stabilizaci svahů,
- popsání vhodného opatření pro řešené lokality,
- navrhnutí přírodě blízká opatření v korytě vodního toku Desné.

V řešených lokalitách jsou navržena nová přírodě blízká, která slouží k odklonění a usměrnění vodního toku od erozní stěny v lokalitě 1 a lokalitě 2, popsanych v další části práce.

Cílem úpravy je zabránit rychle se rozšiřující svahové erozi, která ohrožuje pozemky v okolí toku a nepříznivě ovlivňuje místní majetkoprávní vztahy.

### 3 TEORIE

Hlavním činitelem ke vzniku abraze svahů nejsou zmíněné rýhy, nýbrž sama proudící voda v korytě. Přirozený pohyb vody ovlivňuje především jeho směr, podélný a příčný profil. Takto vykonána práce toku je určena průtokem a rychlostí na přepravu splavenin. O vzniklé rychlosti také hovoříme jako o unášecí rychlosti toku. [1]

Pokud hodnota této rychlosti překročí rychlost samotného proudu v toku, vzniká přebytek energie, což má za následek transport splavenin, a především tvorbu výmolů. Je-li v toku nedostatek překážek, které vytváří odpor proudící vodě, může dojít k vymílání dna a následně k podemílání a odtrhávání břehů, čímž dochází k prohlubování a zvětšování příčného profilu toku. [1]

Naopak, když rychlost proudění je menší než rychlost unášecí, ve dně koryta dochází k sedimentaci splavenin a ty tvoří nánosy. [1]

#### 3.1 Koncepce úprav toků

S přihlédnutím na ochranu a tvorby životního prostředí a z hlediska jejich vlivu na bio a ekotypy vycházíme u toho, že nejvhodnější úprava koryta je taková, která nejmenší měrou zasáhne do vlastního koryta a do břehových porostů. Jedná se tedy o takovou úpravu, při níž říční koryto včetně vhodných břehových porostů zůstane, pokud možno nedotčeno. Tok nesmíme změnit na uměle vytvořené koryto s pravidelným příčným profilem a podélných sklonem. [18]

Pro zvýšení kapacity koryta navrhujeme například ochranné hráze odsunuté od stávajícího koryta. Je-li potřeba úpravou zvýšit odolnost koryta, provede se pouze místní zpevnění. [18]

Hlavním cílem je, aby úprava byla účelná a dobře udržovatelná. Je však důležité opomenout, že může jít o jednostranný pohled, který je v souladu se zájmy ochrany a tvorby životního prostředí, ale z pohledu zemědělské výroby a případného výkupu pozemků a rovněž s ohlédnutím na dodavatele stavby a správce toku nemusí být vždy žádoucí. [18]



## 3.2 Aktivní protiabrazní konstrukce

Jedná se o příčné a podélné stavby umístěné v korytě řeky, které zabraňují šíření břehové abraze, a to:

- zúžením koryta a koncentrací proudy vody, a tím zamezení meandrování koryta, aby nevznikla kyneta v kynetě,
- stabilizací proudnice zejména na plavných tocích,
- ochranou a stabilizací břehů.

### 3.2.1 Příčné usměrňovací stavby

#### Výhony

Jedná se o usměrňovací stavby budované kolmo nebo šikmo na břehovou linii. Výhony se převážně budují ve skupinách, kde působí jako celek. V případě potřeby mohou být vybudovány jako samostatné výhony, které mají své využití především pro ochranu erozních břehů, kde odklánějí proudnici toku od břehů, a tím je chrání. Podle konstrukce a použitého materiálu dělíme výhony na nepropustné a propustné. [11]

#### ☞ Nepropustné

Skládá se z několika částí. Je pevně svázán tzv. kořenem výhonu s břehem. Konec výhonu zasahuje do proudu řeky. Trup neboli vlastní těleso výhonu je nejčastěji lichoběžníkového tvaru. Skládá se z koruny, protiproudové strany a poproudové strany. Ojedinelé výhony mají pouze lokální význam a používají se na místní ochranu břehu a na odrazení či odklonění proudu od podemletého břehu.

Podle úhlu, který mezi sebou jednotlivé výhony svírají, je rozdělujeme:

- přímé – postavené kolmo na proudnici  $\alpha = 90^\circ$ ,
- deklinační – postavené šikmo po proudnici  $\alpha < 90^\circ$ ,
- inkлинаční – postavené šikmo proti proudnici  $\alpha > 90^\circ$ . [1]

Vybudované výhony neohraničují koryto, ale vytvářejí pevné body, které působí na soustředění vody a na její pravidelné proudění. Výstavbou výhonů se původní koryto zužuje, to má za následek stěžení průtoku vody a zmenšení její rychlosti, způsobují zanášení splaveninami a plaveninami a tím vznikají nové břehy.

Jednotlivé výhony musí být situovány s rozestupy tak, aby proud vody, který přitéká mezi ně, byl oslabován a aby se prostor mezi výhony zanášel. Tento rozestup by neměl být větší, než je šířka koryta a délka výhonů. Na konkávní straně toku musíme rozestup volit menší, naopak na konvexní větší. V praxi to znamená, že když bude rozestup v přímé roven šířce koryta, na konkávní straně bude  $\frac{1}{2}$  a na konvexní straně  $\frac{5}{4}$  šířky koryta.

Koruny výhonů se navrhují do výšky hladiny vody nebo do výšky průměrného průtoku.

Pokud výhony chceme ochránit ohrožený břeh toku, jejich koruna má být vodorovná. Aktivní délka výhonu navrženého pro účely odvrácení výmolu od břehu nemá být menší než čtyřnásobek průměrné hloubky vody. Čím je delší výhon, tím více odklání proud řeky od břehu. [1]

### ☞ **Propustné**

Navrhují se především na nížinných tocích s pohybem jemného písčitého materiálu. Nejefektivnější z pohledu konstrukce a ekonomického hlediska jsou pružné propustné výhony budované z vrcholů stromů. Dalším materiálem pro výstavbu mohou být piloty, železobetonové konstrukce nebo síťové plovoucí výhony. [1]

Svým uspořádáním, provedením a materiálem plní ochrannou funkci stejně jako nepropustné výhony, ale mají určité výhody:

- pro přirozený pohyb vody nevytvářejí nijak významnou překážku, nevznikají za nimi vírové oblasti, které mají za následek vymílání břehů,
- část průtoku prochází výhonem, tudíž nedochází zde k takové koncentraci proudu a zvětšení rychlosti – výmoly u čela jsou menší,
- pro výstavbu lze využít mechanizaci a prefabrikované prvky. [1]

Dle FARGUE [1], profil na malou vodu je dán parabolou symetrickou s osou toku. Plocha paraboly se rovnala ploše tzv. průměrného profilu, kde v obloucích, v důsledku se blížící proudnice ke konkávnímu břehu, tvar profilu volil ze dvou polovin parabolických oblouků nesymetrických podle vertikální osy se společným vrcholem v ose toku. Tvar těchto profilů byl uskutečňován takovými stavbami, aby byli schopné rozdělit hloubky a rychlosti vody tak, jak se vyskytují v přirozeném toku, a to:

- ponořené výhony,
- vynořené výhony,
- směrové stavby. [1]

### **Ponořené výhony**

Umísťují se na obou stranách toku. Osazují se tak, aby se jejich koruny zbíhaly v bodě na vertikální rovině osy koryta (proudnice). Jednotlivé výhony jsou ukončeny poloviční parabolou podobnou profilu koryta. Spojnice korun výhonů vytváří sinusoidu. Sklony korun jsou v inflexi většinou 1,25 až 1,75 %, na vrcholu oblouku konkávního břehu 4 až 5 % a na konvexním břehu 2,5 až 3 %.

Výhony mají směřovat od břehu proti proudu, aby byly schopnější nasměrovat vodu zpět k ose toku. Čím větší odstředivou sílu musí překonat, tím větší je inklinace výhonu.

S postupnou křivostí dráhy toku se musí překonávat větší odstředivá síla, a proto se výhony na konkávním břehu musí více sklánět k ose, na rozdíl od výhonů na konvexním břehu, které s osou svírají pravý úhel.

S větší četností křivosti toku se umísťují výhony blíže k sobě. [1]

### **Vynořené výhony**

Mají korunu vytvořenou dvěma slony. Ta část výhonu, která je, pod vodou měla tvar koryta, sklon není menší než sklon tangenty vedený k parabole v bodě, kde protíná hladinu. Od vrcholu konkávního břehu se tento sklon snižuje směrem k následujícími vrcholu ke konvexnímu břehu. Je v rozmezí od 15 až 20 % po 6 až 8 %.

Druhá část výhonu spojuje břeh řeky s přirozeným břehem a jejím úkolem je odrážet vodu zpět do koryta, která má tendenci se odchýlit při zvětšené hladině průtoku. [1]

### **Směrové stavby**

Pokud je zakřivení konkávy natolik velké, že není možné navrhnout jak ponořené, tak vynořené výhony, musí se budovat směrové stavby. Používají se zejména na větších tocích s velkým pohybem splavenin. Mají za úkol soustředit proud do užšího koryta tak, aby se vlivem zvýšené rychlosti postupně prohlubovalo a zanášeli se jeho odstavené části toku. Budují se tedy u vrcholu oblouku a od tohoto místa se postupně snižují směrem ke dvěma sousedním inflexím.

Vzhledem k tomu, že za vybudovanou směrovou stavbou se vytváří sekundární proudy, musí být v určitých vzdálenostech připojena k původnímu břehu pomocí příčných staveb zvaných traverzy, které svádí proud zpět do koryta. Traverzy se budují v místech vynořených výhonů. [1]

Zpomalují proud vody, případně ho zcela zastaví a díky nim se splaveninový materiál ukládá mezi podélnou stavbou a starým břehem. Podélná stavba může být budována záměrně i přerušovaně. Rozmístění otvorů závisí na druhu traverz, ty se budují v úrovni podélné stavby s mírným stoupáním směrem ke starému břehu – traverzy přelévané. Pokud jsou vyvedené až nad hladinu velké vody – traverzy nepřelévané. [14]

### 3.2.2 Podélné usměrňovací stavby

#### ☞ Podélná břehová lavice

Skládá se z kamenné hrázky, umístěnou souběžně s ohroženou částí břehů. Materiál tvoří lomový kámen. Navrhuje se v úrovni nejčtetnější maximální hladiny  $M_{nmax}$ . [12]

#### ☞ Podélná přerušovaná hrázka

Koruna hrázky se navrhuje v úrovni, v lepších případech mírně nad úrovní největší maximální hladiny. Na výstavbu se používá lomový kámen, jedná se tedy o propustnou stabilizační konstrukci. V nechráněných místech dochází k regulované abrazi břehu. Při návrhu vycházíme z předpokladu, že:

$l_2 > l_1$ , přičemž  $l_1$  vyjadřuje půdorysnou délku hrázky a  $l_2$  délku přerušování hrázky. [12]

### 3.3 Stabilizační metody koryt toků

Poškozené koryto je zapotřebí opatřit stabilizačním opatřením. V případě stabilizace břehů vodního toku je především kladen důraz na konkávní břehy oblouků, které podléhají největším účinkům proudící vody a mohou vést ke vzniku nátrží. Zejména v období povodní mohou nátrže ohrozit přirozený chod toku nebo objekty stojící na něm. V neposlední řadě opevníme také koryto v přímém směru. [1]

Rozhodujícím faktorem pro návrh břehového opevnění je potenciaální rychlost proudění. Dalšími ukazateli jsou také křivosti oblouků, zemina, kterou je břeh tvořen nebo již předešlé úpravy. [1]

Důležité je opevnit a stabilizovat vodní tok tam, kde dochází ke zvýšené tvorbě a chodu ledových ker. [1]

Při vzniku nátrží je především nutná urychlená oprava, aby nedocházelo ke zvětšování a rozšiřování poškození. Jako sanační materiál můžeme použít lomový kámen, kterým nejdříve opevníme patu svahu a následně jeho svahy. Obvykle je nátrž

nutno dosypat hrubým štěrkem nebo zeminou a následně stabilizovat kamennou rovnaninou. Toto platí pro malé úpravy. [1]

Pokud je poškození břehu výraznější a častější je doporučeno navrhnout masivní stabilizaci – opěrné zdi. V tomto případě na sanaci dna použijeme těžký kamenný zához, v ojedinělých případech můžeme použít i pomocnou kamennou rovnaninu nebo drátokamenné matrace. [1]

Vzniklé břehové nátrže můžeme sanovat za pomoci usměrňovacích staveb v toku, které svým provedením odklání směr proudící vody od postižené oblasti, např. výhony přímé, inkliniční, dekliniční. Ty převážně budujeme z vhodného druhu kameniva. [13]

Pokud je nevymílací průměrná profilová rychlost vody pro svah v přímé větší než průměrná profilová rychlost návrhového průtoku, ale v obloucích je nevymílací průměrná profilová rychlost vody menší, než průměrná profilová rychlost je nutné dle místních podmínek:

- zmírnit vliv oblouků – zmenšením středového úhlu nebo zvětšením poloměru oblouku,
- navrhnout opevnění ohroženého svahu.

Pro posouzení odolnosti svahu a jeho případné opevnění vycházíme z reálných účinků, které tyto svahy mohou ohrozit:

- vliv vody v korytě
  - průměrná profilová rychlost,
  - účinek vln
  - účinek chodu ledu
- Vliv podzemní vody vytékající do koryta
- Vliv ostatních činitelů
  - sedání násypů
  - eroze svahů vzniklá srážkovou vodou nebo vodou stékající z inundačního území do koryta
  - poddolované, seismické účinky atd.

Pro zjištění stupně bezpečnosti svahů můžeme použít Pettersnovou metodu neboli konvenční metodu. Ta udává, že stupeň bezpečnosti svahů ve volném terénu má

být minimálně 1,2 a naopak v zastavěném území má nabývat minimálních hodnot 1,5. [1]

Vycházíme z toho, že síly, které působí v ploše možného posuvu, se rozkládají na aktivní složku T, která má za následek možný posuv a na pasivní složku S, která naopak posuvu brání. Poměrem těchto ukazatelů je vyjádřena hodnota stability svahu, tzv. stupněm stability (součinitel bezpečnosti):

$$F_s = \frac{S}{T} \quad [-]$$

Kritérium, podle kterého rozhodujeme, zda koryto toku máme opevnit nebo ne, je rozsah škody, který může vzniknout v případě porušení břehů nebo prohloubení dna. Břehy podél důležitých komunikací je nutno opevnit na průtok padesátileté až stoleté vody a břehy podél zemědělských pozemků na průtok pětileté až desetileté vody. [1]

Volba opevnění se určí především podle rychlosti a hloubky toku v době povodní. Ideální materiál na opevnění se používá právě ten, který se nachází v blízkosti upravovaného území z důvodů levné dopravy. [1]

Zvolený materiál musí splňovat dané požadavky, a to hlavně trvanlivost, pevnost při střídání vlhkosti, mrazuvzdornost, odolnost proti obrusu a agresivitě vody a půdy.

Pokud se rozhodneme použít kámen, měl by tedy být bez jakýchkoli trhlin, nezvětralý a nemá být lehčí než beton. Cement se volí odolnější proti agresivitě vody (železoportlandský, vysokopecní atd.) [1]

Opevnění se navrhuje tak, aby splňovalo požadavky začlenění úpravy do přírodního prostředí, především z biologického hlediska, hlediska tvorby krajiny a urbanismu. Úprava nesmí přerušit styk vody v korytě s podzemní vodou v přilehlém území, a také aby bylo nové opevnění lehké na údržbu. [1]

Na mnoho místech se stále používá na opevnění lomový kámen, i když v dnešní době se dá lehce nahradit vegetačním opevněním, které je navíc účinné, ekonomické, moderní, a především šetrnější k životnímu prostředí. [1]

## Převýšení opevnění

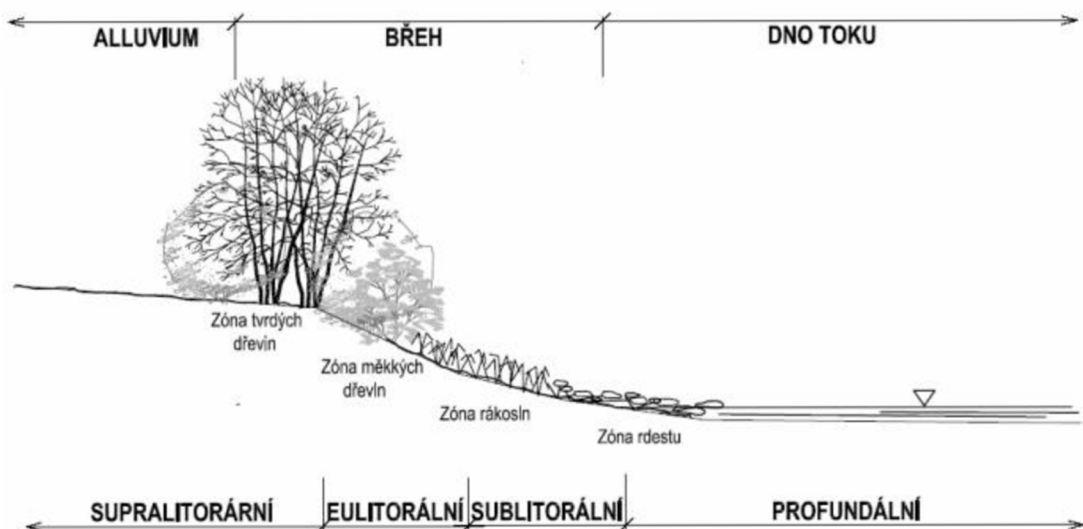
Používá se tam, kde přirozený břeh není natolik pevný, aby byl schopný odolat nepříznivým účinkům návrhovému průtoku.

- $Q < 50 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  převýšení opevnění o 0,3 m
- $Q < 300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  převýšení opevnění o 0,4 m
- $Q > 300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  převýšení opevnění o 0,5 m

## 3.4 Druhy opevnění

### 3.4.1 Vegetační opevnění

Cílem této úpravy je vytvoření efektivního biologického opatření na březích toku. Nejčastějším a nejrozsáhlejším změnám podléhá část koryta zvaná litorální – jedná se o zónu přibližně mezi 355denní a jednoletou vodou, která je střídavě suchá a zaplavována. Část koryta, které je trvale pod vodou (355denní) nazýváme sublitorální. Hlubší část koryta, ve které se rostliny nenachází, se nazývá profundální. Území, které je nad jednoletou vodou nazýváme supralitorální. [1]



Obr. 2 Pásma břehových porostů [13]

## Osetí svahu

Používá se pouze na opevnění horní části svahu, obvykle nad hladinou jednoleté vody, tedy supralitorální části. Dále je toto opevnění vhodné pro svahy a koruny hrází vodorovných ploch a výmolů. Pokud se osévá svah nad kamennou dlažbou, je důležité nejprve udělat mechový porost minimální šířky 30 cm. Osetý svah by měl mít sklon 1:3 až 1:2, podle konkrétních fyzikálních vlastností půdy. Lepší využití mají traviny měkké a pružné, z toho důvodu, že při zatopení těchto rostlin nekladou velký odpor vodě, tudíž nevznikají nepříznivé vibrace a následná turbulence vody. [1]

## Drnování

Toto opevnění je podobné osetí, ale používá se především tam, kde je potřeba, aby svahy zarostli mnohem rychleji, respektive, aby měli ihned alespoň malou odolnost proti unášecí síle proudící vody. Může zasahovat až do litorálního pásma. Důležitý je správný výběr traviny.

Vodou neohrožené traviny:

- kostřava luční (*Festuca pratensis*),
- bojínek luční (*Phleum pratense*),
- psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera*),
- jetel zvrhlý (*Trifolium hybridum*).

Vodou ohrožené traviny:

- jílek vytrvalý (*Lolium perenne*),
- lipnice luční (*Poa pratensis*),
- srha říznačka (*Dactylis Glomerata*).

Drny pokládáme čelně na svah, a to buď na celou plochu v jednotlivých řadách nebo šachovitě. Pokud tímto způsobem obkládáme celý svah, nejnižší řada se zapustí 10 cm pod dno toku. Každý kousek samostatně přitlačíme na předem urovnanou vrstvu humusu. Je-li potřeba, drn přibijeme ke svahu kolíky dlouhými 30 cm. Opevňovaný svah může být ve sklonu 1:2, maximálně 1:1,5. [1]



Tab. 1 Přípustné rychlosti pro drnování [1]

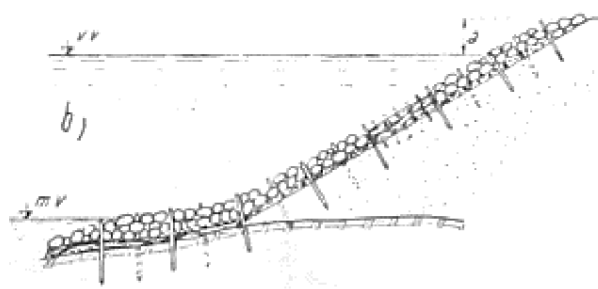
	průměrná hloubka vody [m]			
Druh drnování	0,4	1,0	2,0	3,0
	přípustné rychlosti vody [ $\text{ms}^{-1}$ ]			
Drnování naplocho	0,9	1,2	1,3	1,4
Čelní drnování	1,5	1,8	2,0	2,2

### Opevnění pomocí plůtků

Je vhodné tam, kde nevymílací rychlost nabývá hodnot  $v_{vs} = 2,6 \text{ ms}^{-1}$  při hloubce vody 1 m, až  $v_{vs} = 3,3 \text{ ms}^{-1}$  při hloubce vody 3 m.

Plůtky tvoří dřevěné kruhové kůly s průměrem 6 až 12 cm a délkou 80 až 100 cm. Jsou zaraženy do svahu ve vzdálenostech 0,5 až 0,7 m od sebe a opleteny nejčastěji vrbovým proutím, tak aby byl plot 20 až 40 cm vysoký a sahal 20 až 50 cm do půdy svahu. Pokud se na řešeném území nenachází dostatečné množství vrbového proutí, lze použít jiné dřeviny, např.: lísky, topoly apod. Podstatou vrbového proutí je oživení celého plůtku, tudíž z 50 až 75 % je nutné, aby byl tvořen ze zmíněné vrby. [1]

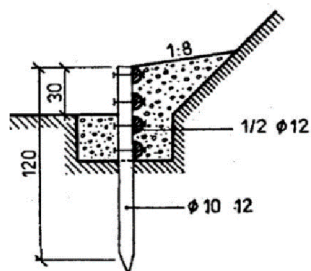
Zatloukávají se v řadách ve vzdálenostech 1 až 2 m od sebe, a to dvěma způsoby. Buď ve zkřížených řadách (s osou toku svírají  $45^\circ$ ) nebo rovnoběžně s osou toku. Meziprostor se zasype vhodnou zeminou. V místech, kde bývají největší nárazy vody, tzn. na konkávních březích je dobré prostor mezi jednotlivými plůtky ještě opevnit lomovým kamenem. [1]



Obr. 3 Opevnění svahu pomocí plůtků [1]

Břehy s malým průtokem je možno zabezpečit svislým plůtkem. Při větší hloubce profilu se používají šikmé plůtky ve směru sklonu svahu do výšky 0,5 až 0,6 m, avšak výroba těchto plůtků je obtížná, proto se používají přednostně ze dvou řad nad sebou.

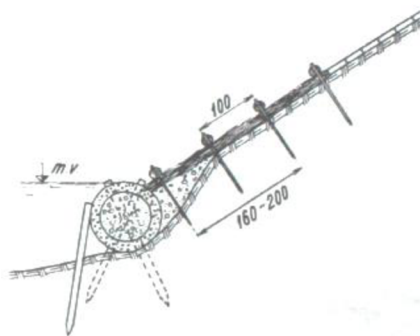
Toky s větším sklonem a větším množstvím splavenin, kde se dá očekávat větší obrus, se zabezpečují v patě svahu pomocí laťového plůtku. Ten se skládá z kůlů z jehličnatého, nejlépe smrkového dřeva o průměru 10 až 12 cm a délky 120 cm. Ke kůlům jsou připevněny latě o průměru 12 cm na hrubším konci a 8 cm na tenčím konci. Mezery mezi jednotlivými latěmi jsou maximálně 3 cm. Za takto vzniklou laťovou stěnou je zemní násyp, zarovnaný vodorovně nebo ve sklonu 1:8. [1]



Obr. 4 Příčný řez opevněním pomocí laťového plůtku [14]

### Proutěný obklad

Podélné opevnění břehů. Na menších tocích se používá po celé délce toku, zejména pro spodní část svahu, která je nejvíce namáhána do výšky jednoleté vody. Na větších tocích se toto opevnění navrhuje do výšky nad hladinu nejčastějšího průtoku. Skládá se z 10 až 15 cm hrubé vrstvy vrbového proutí, uloženého na dobře zarovnaný svah ve sklonu 1:2 až 1:3 (výjimečně 1:1,5). Proutí je připevněno pomocí fašinových válečků, které jsou od sebe vzdáleny 60 až 100 cm. Válečky přibíjíme kolmo na proutí nebo šikmo pomocí kůlů o průměru 6 až 8 cm a maximální délky 100 cm. Obklad následně zasypeme 5 cm hrubou vrstvou zeminy. Druhý způsob, jak připevnit proutěný obklad je drátem o průměru 2 mm, který se přichytne k 60 až 90 cm dlouhým kolíkům o průměru 6 až 8 cm. Uspořádání kolíků na svahu je šachovité ve vzdálenostech od sebe 60 až 90 cm. Obklad, zejména na konkávních březích je nutno dobře upevnit do laťového plůtku. [1]



Obr. 5 Opevnění proutěným obkladem se zajištěním paty svahu pruto-šterkovým válcem [1]

## **Oživený srub**

Jde o vegetační opevnění používané zejména pro stabilizaci výmolů, ale své uplatnění najde i pro opevnění konkávních břehů do průměrných profilových rychlostí  $3,8 \text{ ms}^{-1}$  při hloubce  $h = 3 \text{ m}$ . Skládá se z několika řad proutěných plůtků, mezi které se ukládají hatě. Spojnice jejich hran se ukládá ve sklonu 1:1,5. Každé dvě vrchní řady plůtku svírají 10 cm hrubou vrstvu živého vrbového proutí, jež je pokryté 5 až 10 cm hrubou vrstvou zeminy. [1]

## **Proutěné rohože**

Použití mají především na velkých tocích s velkými hloubky vody. Rohožemi se opevní jak břehy, tak i část dna. Jejich šířka bývá od 20 až po 50 m a délka je závislá na potřebě. Pokud je svah příliš široký, používají se dvě rohože překryté přes sebe. Jednotlivé díly se spouštějí do vody samostatně a ukládají se tak, aby po směru proudu toku byly přes sebe navzájem překryté. Takto položené rohože se zatíží kamenem směrem od břehu. Aby tlak vody při ukládání, rohož nepotrhal nebo neshrnul na jednu stranu, je nutné ji přichytit k druhému břehu pomocí drátů. [1]

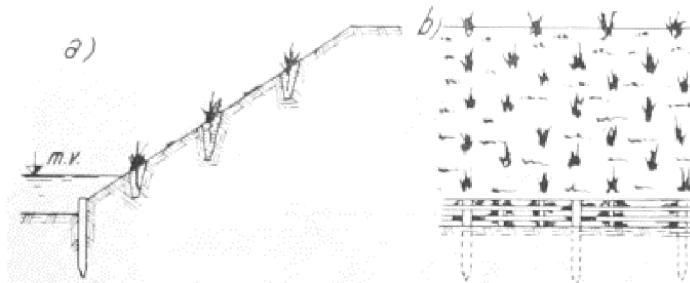
Mají-li, ponořené rohože dostatečně plnit svou funkci, musí být pružné a schopné se přizpůsobit všem nerovnostem dna. Vzhledem k tomu, že konec rohože bývá nejvíce namáhaný vodou, je potřeba, podle možností tyto rohože protáhnout až do míst, kde je voda značně klidnější a ustálenější. [1]

V ponořené části rohože netrpí ani chodem ledu, ale občas se část vynoří nad hladinu vody, tudíž vyžaduje zvýšenou údržbu. Opevnění je trvalé a nevyžaduje už žádnou další úpravu až v době, kdy proutí vyrostou nad hladinu. Pro správnou účinnost je potřeba, aby břeh nad rohoží byl upravený ve sklonu 1:2 až 1:3 a v místě největších nárazů vody musí být opevněn proutěným obkladem. [1]

## **Sazenice vrby**

Jedná se o vegetační opevnění, kdy svisle po svahu se vysazují 40 až 50 cm dlouhé a 2 až 3 cm hrubé vrbové sazenice. Železnou tyčí se vyhloubí díry a do nich se osazují sazenice tak, aby vyčnívali ze země maximálně 10 cm. Po vložení sazenic do děr, se zasypou zeminou. Důležité je sadit tyto rostliny v mimovegetačním období. Je potřeba sazenice stále kontrolovat a případně z nich odstranit nánosy. Odumřelé se musí vyměnit za nové.

Opevnění tohoto typu se používá pro toky širší než 3 m z důvodů možného zarostení svahů a tím zmenšování průtočného profilu. [1]

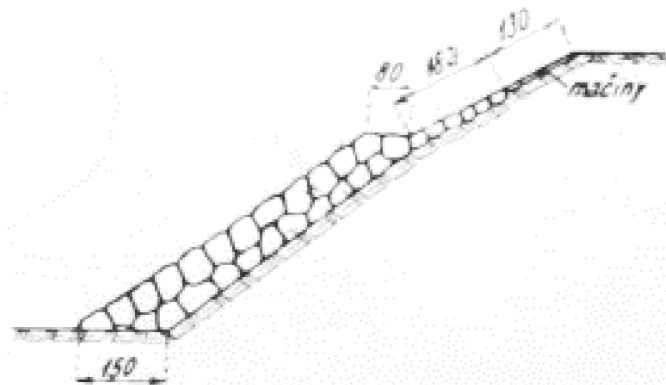


Obr. 6 Opevnění svahu pomocí vrbových sazenic [1]

### 3.4.2 Kamenné opevnění

Kamenné opevnění je jedno z nejlepších, nejbezpečnějších a nejtrvanlivějších opevnění svahů hlubokých koryt. Opevnění je odolné proti unášecí síle proudící vody za podmínek správného uložení, vyhovující tloušťce dlažby a výběru vhodného typu kameniva. Tloušťka opevnění se obvykle navrhuje minimálně 30 cm a tuto hodnotu musí splňovat každý kámen použitý do tohoto opevnění. Mezery mezi jednotlivými kameny by neměly přesahovat 2 cm. Aby nedocházelo k vymílání podkladového materiálu, mezery mezi kameny nesmí tvořit linii ve směru toku, ale musí se umísťovat střídavě. [1]

Volba kamene musí po všech stránkách splňovat veškeré kvality. Kámen se ukládá na šterkový podsyp. Důležité je brát v potaz zeminu, která svah vytváří. Pokud je svah hlinitý a tloušťka podsypu je pouze 10 až 15 cm, proud vody a vlny vymílají hlínu zpod podsypu, což má za následek rozrušení opevnění. Aby se takto nestalo, je nutné pod vrstvu šterku nasypat ještě vrstvu hrubozrnného písku, který slouží jako hrubý obrácený filtr. [1]



Obr. 7 Opevnění pomocí ukládaných kamenů [1]

### Dlažba z kamene

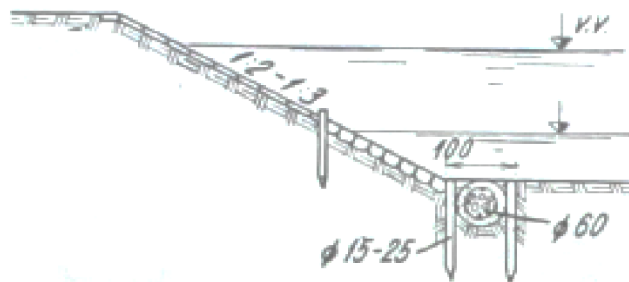
Provádí se obvykle nasucho. Jednotlivé mezery se vyplňují úlomky kamenů, štěrkem, pískem nebo mechovým porostem. Pokládání dlažby musí být pečlivé a důkladné, neboť kámen vyčnívající z dlažby může vyvolat víření, které následně vymílá podkladový materiál zpod kamene. Taktéž tlak na tento kámen je dvojnásobný. [1]

Svah se obkládá až do výšky břehu nebo do výšky, kterou vyžaduje unášecí síla vody. Dlažbu možno ukončit 0,5 až 1,0 m širokou lavičkou a nad ní vysadit mechový porost nebo proutěné plůtky. Nejdříve musíme svah dobře zhutnit, aby v důsledku sedání nedocházelo k poškození dlažby. [1]

Velkou pozornost vyžaduje patka, o kterou se celá dlažba opírá. Jedná se o kamennou patku nebo betonový blok zapuštěný do dna – používá se pouze při malých průtocích, kde je možnost v průběhu stavby odklonit vodu stranou. V tomto případě se zakládá 40 až 50 cm hrubá patka tak, že část břehu se ohradí a hladina vody se pomocí čerpadla sníží. Po založení patky na jednom břehu se obdobně založí i na druhém. [1]

Patka se zhotovuje i z prefabrikátů, např.: duté betonové bloky o rozměrech 100 x 60 x 30 cm. Bloky mají speciální dutiny na štěrk a díry o průměru 12 cm. Nasazují se na piloty ve vzdálenosti 1 m od sebe. Poté se dutiny zasypou štěrkem a celé se zakryjí betonovou deskou. [1]

Místo lomového kamene lze také použít např.: haťoštěrkové (ponorné) válce nebo dřevěné konstrukce. [1]



Obr. 8 Opevnění pomocí haťošterkových válců a dřevěných pilot [1]

### **Spárovaná dlažba pomocí cementové malty**

Budují se podobně jako v prvním případě, ale vyplňují se cca 7 cm pod povrchem štěrkopískem, který je potřeba dobře zhutnit. Poté se dlažba umyje čistou vodou a zbytek spár se vyplní cementovou maltou tak, aby malta zůstala zhruba 0,5 cm pod lícem dlažby. [1]

Toto opevnění se používá v bezprostřední blízkosti objektů a na exponovaných místech.

### **Dlažba na cementovou maltu**

Nejprve nanese se minimálně 10 cm hrubou vrstvou štěrku a poté na ní natře se minimálně 3 cm hrubou vrstvou cementové malty, do které se ukládají jednotlivé opracované dlažební kameny. Mezery se opět vyplní maltou.

Používá se v bezprostřední blízkosti objektů a na velmi exponovaných místech. [1]

### **Dlažba na betonovém podkladě**

Dlažba se pokládá na souvislou vodorovnou vrstvu betonu typu B 80. Tloušťka vrstvy by měla být minimálně polovina tloušťky dlažby. Pod betonem je nutno zeminu odvodnit.

Používá se v místech velkých rychlostí vody a při mimořádném ohrožení břehů. [1]

### 3.4.3 Betonové opevnění

Použití nalezne tam, kde je nedostatek lomového kamene, ale dostatek vhodného štěrkopísku, který se může použít na výrobu betonových dlažeb. Vyrábí se z prefabrikovaných dlaždic nebo se betonují přímo na svahu.

#### **Betonové dlaždice**

Vyrábí se z betonu B 170. Nejčastější tvar dlaždic je čtvercový, vyrábí se o rozměrech 40 x 40 cm. Mohou být také obdélníkové nebo šestihranné. Dlaždice se pokládají na štěrkopískový podsyp. Do mezer se vtlačí kousky mechového porostu. V tomto případě není potřeba klást dlaždice hned vedle sebe, ale nechat větší mezeru mezi nimi. [1]

Na více exponovaných místech se jednotlivé dlaždice pokládají do předem urovnané malty a mezery mezi nimi se zalijí cementovou maltou namíchanou v poměru 350 až 400 kg cementu na 1 m<sup>3</sup> nebo asfaltem. [1]

Důsledkem neprosákavosti po odeznění povodně vzniká pod jednotlivými dlaždicemi vztlak, který může toto opevnění rozrušit. Proto se používají 15 cm hrubé šestihranné dlaždice se stranou 25 cm a uprostřed s otvorem o průměru 25 cm. Pokládají se na vrstvu podsypu z hrubého štěrku. Otvory se taktéž vyplní hrubým štěrkem nebo úlomky z lomového kamene. [1]

Dále se do otvorů dlaždic mohou vysazovat vrbové sazenice s hlubokým kořenovým systémem. Spolu s vyrostlou trávou vytvoří pevnější opevnění a lepší začlenění do krajiny. [1]

#### **Betonové rohože**

Opevnění je podobné předchozímu. Jedná se o betonové dlaždice s dvěma kruhovitými nebo čtvercovými dírami. Přes tyto díry se při ukládání provléká betonářský nebo pozinkovaný 10 až 20 mm hrubý drát. Velkou výhodou je, že opevnění je pružné, odolné proti posunu podloží a dokáže odolávat vlnobití. Nevýhodou je, že při nutné opravě je nutno rozebrat celou spojenou část, proto se šířka pásů navrhuje maximálně 5 m.

Dlaždice jsou hladké, a tudíž tření po štěrkovém podsypu je relativně malé. Sklon svahu by měl být navržen tak, aby pásy držely na svahu pouze třením, nikoli opíráním se o patku. [1]

## Betonové desky

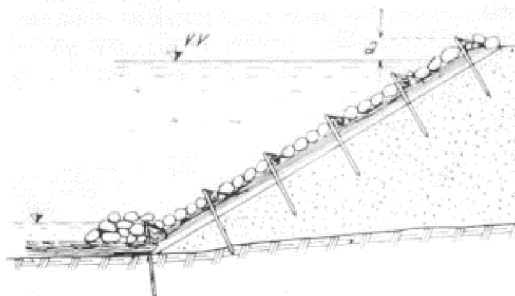
Použití najde tam, kde je podloží pevné a nepoddajné. Zpravidla se navrhuje s tloušťkou 10 až 25 cm, vyráběné přímo na svahu z betonu B 170 až B 250, podložené štěrkovým podsypem, aby podzemní voda mohla odtékat do toku. Pro zvýšení kvality a trvanlivosti se na povrch betonové desky nanáší cementová malta. Dle potřeby je možno desky vyztužit armaturou. [1]

Obecně použití betonu na opevňování svahu a pro úpravné stavby má řadu nevýhod. Jedná se sice o ekonomičtější řešení, ale méně trvanlivější než kámen. Beton zabráňuje infiltraci říčních vod do propustných zemin. Z hlediska estetického a s ohledem na začlenění do krajiny je toto opevnění málo vhodné. Používá se pouze ve výjimečných případech. [1]

Další nevýhodou je malá drsnost betonu v porovnání s upravovaným korytem, to má za následek vznik velkých rychlostí proudící vody, což může vést až ke vzniku výmolů pod opevněním. [1]

### 3.4.4 Kamenný zához

Používá se především u větších toků, kde se část břehů trvale nachází pod hladinou vody, tj. v sublitorálním a profundálním pásmu, a není zde možnost opevnění vegetací. Provádí se z lomového nebo betonového kamene. Musí být dostatečně velké, aby je proud vody neodnesl. Jednotlivé mezery mezi kameny je potřeba vyplnit štěrkem. Po zhotovení je potřeba celý zához zasypat alespoň 15 cm hrubou vrstvou štěrku, kvůli zvýšení odolnosti proti unášecí síle proudící vody. V obloucích by měl být zapuštěn až do dna, z důvodu rizika podemletí záhozu a následnému zborcení dlažby do výmolu. [11]



Obr. 9 Zatížení paty svahu pomocí kamenného záhozu [1]



### 3.4.5 Kamenný pohoz

Na svahy s mírným sklonem se nasype drobný lomový kámen o zrnitosti 7 až 20 cm s tloušťkou vrstvy okolo 40 cm. Poté se vrstva zaválčuje. [1]

Velikost šterku nebo kamene závisí od rychlosti proudící vody a sklonů svahů. Sklon svahu by měl být maximálně 1:2,5. V případě jemnozrného podloží je vhodné nasypat podkladní vrstvu. [1]

Pro svahy opevňované tímto způsobem je možné stanovit nevymílací průměrnou profilovou rychlost ze vztahu:

$$v_{vs} = 0,8\xi v_v$$

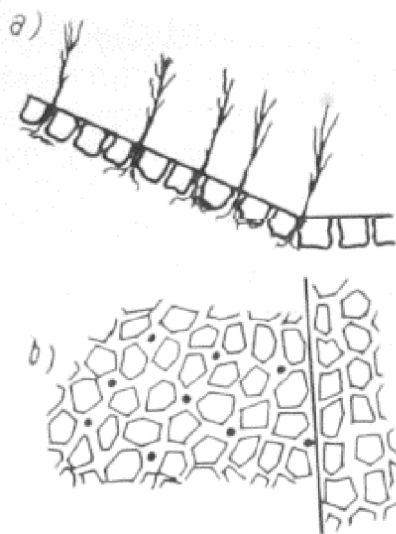
a svahu v oblouku ze vztahu:

$$v_{vso} = 0,8 \frac{1}{v} \xi_0 v_v$$

### Oživený pohoz

Vytváří se z 20 až 25 cm velkých kamenů a mezi nimi se nechají mezery o velikosti 5 až 10 cm. Do mezer se poté zasadí vrbové sazenice, které se následně zasypou hlínou. Na 1 m<sup>3</sup> se použije cca 4 sazenice.

Používá se nad vrbovými plůtky nebo nad kamenným pohozem pro zabezpečení břehů proti vzniku výmolů. [1]



Obr. 10 Opevnění svahu pomocí vrbového porostu [1]

### Štěrkový koberec

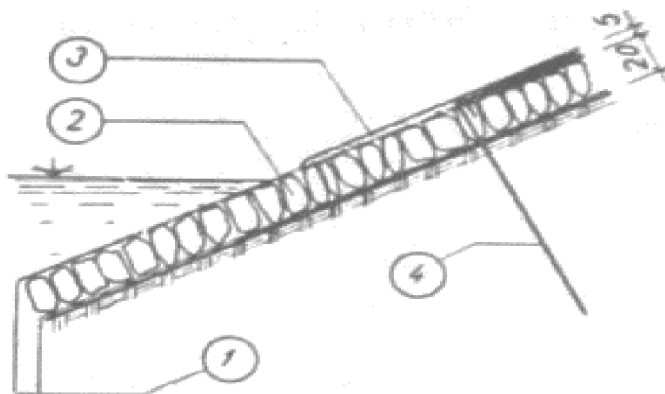
Je pokládán ze štětových kamenů nebo ze štěrkopísku ve dvou vrstvách po 20 cm. Každou vrstvu je nutno zpevnit buď válcováním po délce, nebo po svahu. Druhá vrstva se před válcováním pokryje zeminou a potom se oseje travním semenem. [11]

Opevnění se nedá použít na strmých svazích. Maximální sklon by neměl převyšovat 1:2,5. Nevymílací průměrná profilová rychlost se určí ze vztahu:

$$v_{vs} = 1,0\xi v_v$$
$$v_{vso} = 1,0\frac{1}{v}\xi_0 v_v$$

### 3.4.6 Drátokamenné matrace

Jedná se o přibližně 20 cm hrubou vrstvu na sebe pokládaných kamenů (2) zabalenou do drátěného pletiva (1). Pletivo je vyrobeno z páleného pozinkovaného drátu hrubého 3,2 až 4 mm. V části nad hladinou vody se matrace pokryje 5 cm hrubou vrstvou ornice (3) a zatravní se. Jednotlivé díly se vyrábí 10 m široké a dlouhé odpovídající svahu břehu. [1]



Obr. 11 Detail drátokamenné matrace [14]

### Břehové stavby

Břehové stavby chrání břehy před podemletím či strháváním nebo mají za úkol udržet nové břehy v požadované linii. Vytváří se různými způsoby a z různého materiálu.

Ideálním případem je, když břeh nepotřebuje další úpravu, aby mohla být provedena břehová stavba. Většinou se musí při úpravě břeh odkopat k požadované

břehové linii nebo naopak dosypat prostor mezi starou a novou břehovou čarou a následně opevnit. [11]

Typy břehových staveb:

- zvýšení břehu hrází,
- uměle vytvoření břehu,
- stavba s patkou ve výkopu a s uměle zvýšeným břehem,
- z lomového kamene, haťoštěrkových válců a kamenné dlažby,
- z haťoviny,
- z kamenného záhozu a haťoviny,
- kombinace záhozu, štěrku a haťoviny.

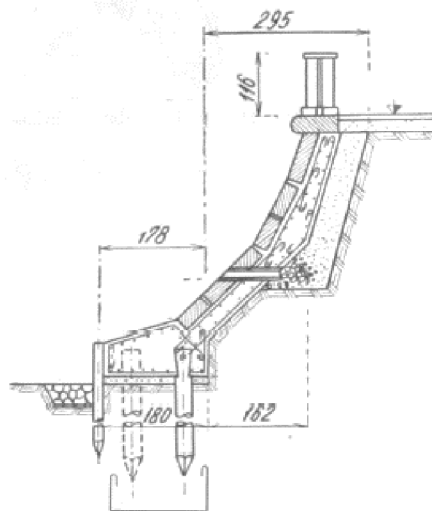
### **3.4.7 Masivní obklady**

Využívají se u velmi strmých břehů. Mohou být betonové nebo železobetonové s žebry. Zvláštním typem opevnění strmých nábřeží jsou betonové prefabrikáty tzv. sruby. Jsou tvořeny vodorovnými vrstvami betonových nebo železobetonových trámů dlouhých 2,5 až 3 m s profilem 20 až 25 cm x 13 až 15 cm. [1]

Na obrázku 12 je příklad železobetonové stěny obložené žulovými deskami. Je postavená na pilotech. Stěnu je možné rozdělit dilatačními spárami na úseky dlouhé 12 až 15 m. Zadní strana stěny je odvodněna drény se sklonem 2 % k výpustným otvorům. [1]

Opevňování příkrých svahů pomocí obkladů je v porovnání s opěrnými zdmi levnější a nevyžadují stavební jámu, takže je můžeme budovat na svazích s malou šířkou. Ovšem je méně odolné, tudíž v jeho blízkosti nemůžeme hloubit hluboké rýhy. [1]

Potřebujeme-li opevnit svah téměř svislý, používají se sruby, srubové stěny, štětové stěny a nábřežní zdi. [1]



Obr. 12. Železobetonová stěna se žulovými deskami [1]

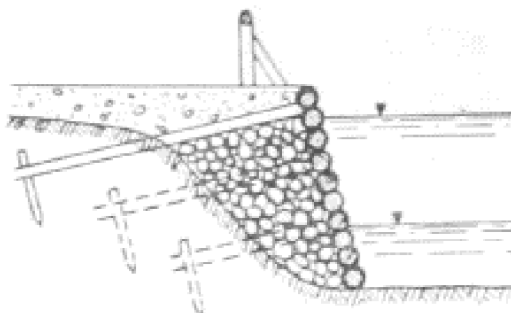
## Sruby

Tam, kde je dostatek vhodného dřeva a nedostatek lomového kamene, a tam kde se nedají navrhnout piloty ani štětovnice a voda má velkou unášecí rychlost se používají sruby. [1]

Skládají se z kůlů nebo hranolů, které jsou na sebe položeny a upevněné skobami.

Vyplňují se kamenem nebo hrubým štěrkem, s kterým tvoří pevnou konstrukci. Při povrchu je potřeba srub urovnat dlažbou. Nedoporučuje se vyplňovat sruby zeminou, tou totiž proniká voda a dřevěné prvky jsou náchylné na hnilobu. Vztlková síla vody by mohla sruby nadzvednout, proto do základu zabíráme kolejnice nebo piloty a sruby k nim připevníme. [1]

Srubové konstrukce jsou dostatečně pevné, ale kvůli neustálému střídání výšky hladiny rychle hnijí. Životnost bývá zhruba 10 až 12 let, proto se jedná o opevnění provizorní. [1]



Obr. 13 Opevnění svahu pomocí srubu z kulatiny [1]

## Srubové stěny

Pokud lze do země zaberanit piloty, místo srubů se používají srubové stěny. Mohou být ze dřeva nebo železobetonu. [1]

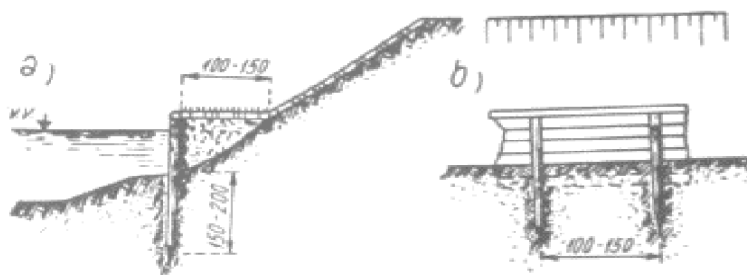
Piloty o průměru 15 až 25 cm nebo čtvercového tvaru se zaberaní svisle nebo šikmo do země ve vzdálenosti 1,0 až 1,5 m. Nahoře se spojí trámem 30 x 30 cm (35 x 30 cm) pomocí čepů. Spoje jednotlivých dílů je nutné dělat vždy nad pilotou. [1]

Za piloty se vodorovně ukládají kůly o průměru 12 až 15 cm nebo desky alespoň 5 cm hrubé.

Překonává-li srubová stěna výšku přes 3 m, je nutné ji zakotvit, proti zemnímu tlaku, dřevěným nebo ocelovým kotvením do břehu ve vzdálenosti každé 4 m. Položí se přední trám a přes něj se přetáhnou kotvící spojky, které nesmí přecházet přes piloty. Úhel mezi srubovou stěnou a kotvící spojkou ve svislém i vodorovném směru má být 90°. Spojka je zpravidla opatřena pojistkou, aby se mohla napínat nebo uvolňovat a kloubat, pro možnost měnit její polohu ve vertikálním směru. [1]

Volný prostor za srubovou stěnou se vyplní zeminou a těsně za ní kamenem nebo hrubozrnným šterkem kvůli odvodnění násypu. Nejvhodnější zemina je písek, protože nemění svůj objem a voda se z něj rychle odplaví, takže se tlak podzemní vody lehko vyrovná s tlakem okolní vody. Nevýhodou je, že přes mezery opevnění písek lehko uniká. [1]

Např.: montovaná srubová stěna ze železobetonových pilot a železobetonových desek je velice trvanlivá, tudíž má využití i při velkém chodu ledu. [1]



Obr. 14 Opevnění pomocí dřevěné srubové stěny [1]

## Štětové stěny

Používají se podobně jako srubové stěny a pokud se jedná o konečnou stavbu. Mohou být dřevěné, ocelové a železobetonové. [1]

Dřevěné stěny se navrhují tak, že se jednotlivé štětovnice zarazí do země mezi vodící trámy, které při konečné fázi výstavby mohou zůstat jako konstrukční části. Nejčastěji se vyrábí z dubového, kaštanového, smrkového nebo borovicového dřeva. Pro zvýšení trvanlivosti stěny je doporučeno před použitím dřevo impregnovat např. dehtovým olejem. Je-li potřeba, stěny se ukotví. Pokud se očekává prohloubení dna nebo se musí zamezit unikání tečícího písku skrz stěnu, stěna se opatří fošnami. Proti aktivnímu zemnímu tlaku se stěna ukotví. Uhnitá vrchní část se může vyměnit a dolní část ponechat. [1]

Ocelové konstrukce jsou pevnější a stabilnější. Nejpoužívanější jsou larsenové štětovnice, které jsou natřené nátěrem nebo cementovým mlékem proti korozi. Vrchem se spojují pomocí ocelového nebo betonového průvzlaku. Štětovou stěnu s kotvou spojují dva U profily, které se umísťují vodorovně nebo svisle a přes ně se přetahuje kotevní prut. Je-li kotva v šikmé poloze, opatří se podložkou. Kotevní pruty se osazují na opačném konci do kotvící desky, která je nejčastěji železobetonová. [1]

Železobetonové štětovnice jsou trvanlivější než ocelové. Pro beranění do země je zapotřebí použít čepec. [16]

Druhy beranidel:

- nárazová beranidla,
- explozivní diesellová beranidla,
- hydraulická beranidla,
- vibrační beranidla,
- hydrostatické lisovací soupravy. [16]

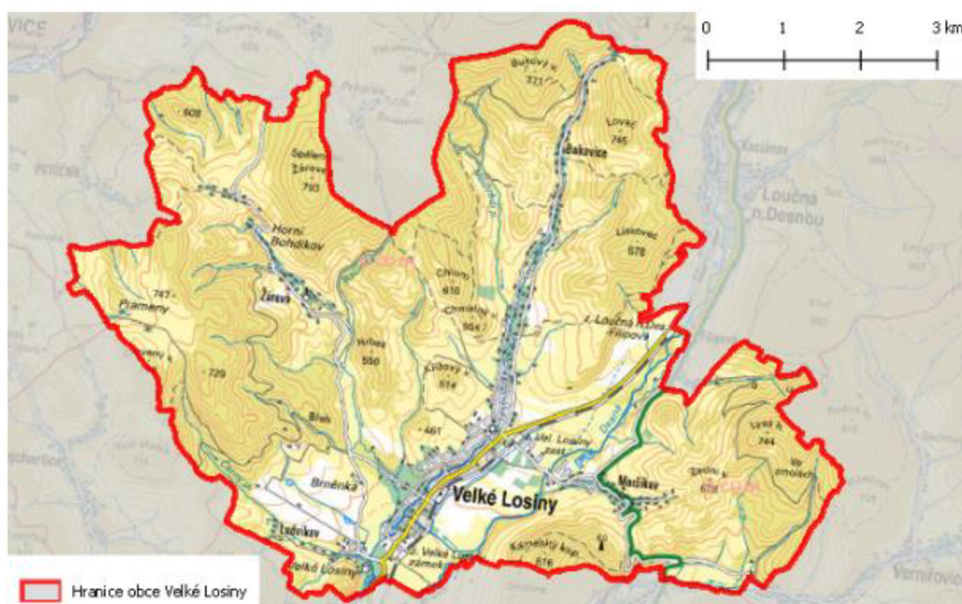
Ze statického hlediska jsou srubové a štětové stěny nosníky, které jsou jedním koncem vetknuté do podloží a druhý konec je volný nebo zakotvený. [1]

Hloubka zaberanění nezakotvených pilot do zeminy se má přibližně rovnat délce piloty nad povrchem. Tam, kde je to potřeba je nutné udělat statický výpočet stěny. [1]

## 4 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

### 4.1 Obecné informace

Řešená lokalita se nachází v malebné obci Maršíkov, která je administrativní součástí obce Velké Losiny v okrese Šumperk. Leží východně od obce Velké Losiny směrem k obci Sobotín. Obec leží na 50 stupni severní šířky a 17 stupni východní délky.



Obr. 15 Katastrální území Velké Losiny – Maršíkov [6]

Žije zde 215 obyvatel datováno k roku 2015 a s postupným trendem toto osídlení klesá. V řešeném území se nachází ochranné pásmo přírodních léčivých zdrojů minerálních vod II. stupně. Má spíše charakter rekreační obce.

### 4.2 Správce toku

Řeka Desná spadá pod správu Povodí Moravy, konkrétně Závodu Horní Moravy, která má svou působnost od roku 1966, kdy byly otevřeny dílčí provozy v Šumperku, Olomouci a ve Vsetíně. V minulosti provoz v Šumperku měnil dvakrát své sídlo, ale vždy zůstává na Temenické ulici. [19]

#### 4.2.1 Formulace základních potřeb

Současně se vznikem podniku je vytvořen soubor základních úkolů vyplývajících z potřeb společnosti:

- zabezpečit provoz nových vodárenských nádrží, které jsou budovány k zajištění pitné vody,
- zabezpečit povodňovou ochranu jižní Moravy a dalších toků vybudováním vodohospodářských úprav,
- zajistit vodoprávně povolené odběry vod,
- zabezpečit řádný provoz, opravy a údržbu svěřeného majetku státu,
- zlepšovat životní prostředí vodních toků a nádrží, včetně podmínek pro rekreaci a sportovní využití,
- vytvářet podmínky pro využití vodní energie a plavební využití,
- usilovat o zlepšení jakosti povrchových vod prováděním agendy úplat za znečištění, koncepční a vyjadřovací činnosti prováděním monitoringu. [19]

Povodí se rozprostírá na celkové ploše 6 368 km<sup>2</sup>, a to na území pěti krajů:

- Jihomoravský kraj,
- Zlínský kraj,
- Moravskoslezský kraj,
- Olomoucký kraj,
- Pardubický kraj.

Patří sem celkem:

- 3 055 km vodních toků (Bečva, Moštěnka, Valová, Třebůvka, Jevíčka, Oskava, Desná, Branná a Moravská Sázava),
- 6 přehrad (Bystřička, Plumlov, Horní Bečva, Karolinka, Moravská Třebová, Nemilka),
- 59 jezů,
- 29 malých vodních nádrží,
- 268 km ochranných hrází. [3]



### 4.3 Popis toku a povodí

Jedná se o tok s názvem Desná, který má celkovou délku 31 km. Pramení v Medvědíím dole pod Vysokou holí v Hrubém Jeseníku.

**Pravostranné přítoky:** Velký Dědův potok, Malý Dědův potok, Česnekový potok, Hladový potok, Divoký potok, Hučivá Desná, Losinka, Bratrušovský potok, Bludovský potok.

**Levostranné přítoky:** Zámecký potok, Borový potok, Třiramenný potok, Maršíkovský potok, Merta, Račí potok, Hraběšický potok, Malínský potok, Sudkovský potok.

Desná je levostranným přítokem řeky Moravy, do které se vlévá severovýchodně od obce Postřelmov. Na toku leží přečerpávací elektrárna Dlouhé stráně s rozlohou 16,3 ha.

Průběžně se do toku vlévá i mnoho dalších malých potůčků a bystřin. Mají charakter velkého spádu dna, zaříznutého koryta a velkého pohybu splavenin.

Od pramene má na svém toku bystřinné proudění, vyznačováno velkým spádem. Zhruba 15 % plochy povodí se nachází v nadmořské výšce nad 1000 m. Od 25 km přechází do vyrovnaného a mírnějšího sklonu koryta.

Jedná se o tok vodohospodářsky významný.

Tab. 2 Základní informace o toku [3]

ID toku	40174000
ČHP	4-10-01-069
Kategorie	řeka
Nadmořský výška [m n. m.]	200-500
Geologický typ	křemité
Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	39,32
Délka toku [km]	31

#### 4.4 Klimatické údaje

Díky výškové rozmanitosti lokality je z klimatologického hlediska toto území velmi pestré. Počínaje od nejvyššího bodu Hrubého Jeseníku až po takřka nížinu podél dolního toku Moravy.

Nejčastějším jevem na území Šumperku je teplotní inverze, kdy především v chladné části roku teplota na vrcholcích pohoří bývá vyšší než v kotlinách pod nimi.

Území Maršíkov spadá pod katastrální území Velkých Losin, a to dle Quittovy klimatické klasifikace [15] náleží do oblasti mírně teplé – MT10. Průměrná roční teplota se pohybuje v rozmezí 8-9 °C a průměrný roční úhrn srážek mezi 800 a 900 mm. [6]

Tab. 3 Číselná charakteristika klimatické oblasti MT10 [6]

Charakteristika	MT10
Počet letních dnů	40-50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140-160
Počet mrazových dnů	110-130
Počet ledových dnů	30-40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 – (-3)
Průměrná teplota v červenci [°C]	17-18
Průměrná teplota v dubnu [°C]	7-8
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7-8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100-120
Srážkový úhrn ve vegetačním období [mm]	400-450
Srážkový úhrn v zimním období [mm]	200-250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50-60
Počet zamračených dnů	120-150
Počet jasných dnů	40-50

#### 4.5 Hydrologické údaje

Povodí má charakter protáhlého tvaru ze severu na jih. Největším levostranným přítokem je řeka Bečva. Hlavním tokem povodí je stejnojmenná řeka Morava. Pramenní oblast se nachází v severovýchodních horách – Jeseníky, Beskydy a Bílé Karpaty. Mezi

další významné vodní toky patří Morava, Desná, Moravská Sázava, Třebůvka, Oskava, Bystřice, Bečva, Romže a Valová, Haná Olšava a Velička. [5]



Obr. 16 Území ve správě Povodí Moravy [3]

Hlavním tokem dílčího povodí je největší a nejdelší řeka Morava, která pramení pod Králickým Sněžníkem (1 423 m n. m.) s pramenem ve výšce 1380 m n. m. a nachází se téměř na státní hranici s Polskem. Protéká přes Mohelnickou brázdou nejprve Hornomoravským a poté Dolnomoravským úvalem. Její celková délka na území České republiky měří 271,3 km. Pod soutokem s Bečvou je Morava z větší části upravená. V místě, kde řeka Morava opouští území ČR, se spojuje s druhou nejvýznamnější řekou v celém povodí s Dyjí. K soutoku dochází v nadmořské výšce 148 m. Absolutní spád toku Moravy od pramene tedy činí 1 223 m. Přestože je řeka Morava hlavním vodním tokem v povodí, není na ní vybudována žádná přehradní nádrž. [5] [20]

Tab. 4 N – leté průtoky, profil Rejhotice [21]

Q <sub>N</sub> – N-leté průtoky [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]					
1	5	10	20	50	100
12.3	29.6	39.9	51.9	70.5	86.9

Ke zjištění N – letých průtoků na toku bylo využito hodnot z evidenčního listu hlásného profilu č. 302, který se nachází zhruba 6 km nad obcí Maršíkov v obci Rejhotice. Jedná se o stanici kategorie B. Průměrný roční stav vodní hladiny je 24 cm s průměrným ročním průtokem 1,61 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. [21]

#### Stupně povodňové aktivity pro tok Desná

1. stupeň povodňové aktivity na toku je dosaženo při hladině ve výšce 65 cm.
2. stupeň povodňové aktivity na toku je dosaženo při hladině ve výšce 90 cm.
3. stupeň povodňové aktivity na toku je dosaženo při hladině ve výšce 105 cm. [21]

## 4.6 Geologické a pedologické poměry

Území Šumperk pokrývá z největší části Hanušovická vrchovina, která je nadále tvořena Branenskou vrchovinou, Šumperskou kotlinou, Úsovskou vrchovinou a Hraběšickou hornatinou. Malou část území na severu zaujímají Rychlebské hory.

Díky dlouhodobému vývoji Jeseníků zde vznikly dlouhé a zaoblené hřbety se širokými sedly. Zdejší skály jsou výsledkem intenzivního mrazového zvětrávání v dobách ledových. Při geomorfologickém vývoji také vznikly dnes známé krasové jevy, které se zde vyskytují v malých krystalických vápencích odlišného stáří. Samotný geologický podklad Hrubého Jeseníku tvoří tzv. silezikum, jehož jádrem jsou starohorní klenby desenské a keprnické, tvořené rulami, svory a erlány.

Na území se nachází různé zástupce nerostných surovin. Největší část je zastoupena ložisky stavebního kamene (amfibolit, rula, pararula), vápence, wollastonitu, grafitu a dalších.

Z malé části v současnosti probíhá těžba těchto surovin. U některých probíhala v minulosti a u některých zatím ani nezačala.

V minulosti byl šumperský region pokryt lesními nebo travními porosty. S postupným osídlením oblasti docházelo ke snižování stavů lesů a vzniku zemědělských půd. Dominantní půdou je zde kyselá a silně kyselá kambizemě, ve vyšších polohách rezivá půda a podzoly. V horských oblastech nalezneme alpské a

rašelinistní půdy. Jižní část území je převážně zastoupena nivní půdou, hnědou půdou s podzoly, ilimerickou a oglejnou půdou. [4]

Dle bonitované půdně ekologické jednotky [17] celé území spadá do sedmého klimatického regionu, který je ze všech regionů nejrozšířenější. Zaujímá všechny vyšší části pahorkatiny. Zejména na severovýchodní Moravě nejsou jednotlivé části srážkově sjednocené jako části ostatní (vyšší humidita).

Konkrétně v obci Maršíkov se rozprostírají:

- Regozemě – převážně na mírných svazích, se všemi možnými expozicemi a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy hluboké v mírně teplém, vlhkém klimatickém regionu a velmi málo produkční. [17]
- Pseudogleje – převážně na mírných svazích, se všemi možnými expozicemi a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy hluboké v mírně teplém, vlhkém klimatickém regionu a velmi málo produkční. [17]
- Kambizemě – převážně na středních svazích, s jižní expozicí nebo se západní či východní. S celkovým obsahem skeletu do 25 %. Půdy hluboké až středně hluboké v mírně teplém, vlhkém klimatickém regionu a velmi málo produkční. [17]
- Ostatní – silné svažitě půdy na výrazných svazích, se severní expozicí a celkovým obsahem skeletu od 25 %. Půdy hluboké, středně hluboké až mělké v mírně teplém, vlhkém klimatickém regionu a produkčně málo významné. [17]

## 4.7 Využití území

Na shromažďování a vyhodnocování dat se podílí program CORINE (COordination of INformation on the Environment). Hlavním cílem tohoto programu je sběr, koordinace a zajištění kvalitních informací týkajících se životního prostředí a přírodních zdrojů.

Celková rozloha řešeného území je 4650 ha. Tabulka popisuje procentuální podíly jednotlivých druhů využití pozemků. Z ní vyplývá, že největší zastoupení má v zájmovém území využití půdního fondu jako lesní půda a trvale travní porosty. Zbytek plochy tvoří orná půda, sady, zahrady, ostatní plochy, zastavěné a vodní plochy.

Tab. 5 Jednotlivé využití území [6]

<b>Druh pozemku</b>	<b>Plocha [ha]</b>	<b>Zastoupení [%]</b>
Orná půda	788,6	17
Zahrady	102,3	2,2
Sady	174,3	3,7
Trvalé travní porosty	1029,1	22,1
Lesní půda	2105,2	45,3
Vodní plochy	42,2	0,9
Zastavěné plochy	44,8	1
Ostatní plochy	363,4	7,8
<b>Celková výměra katastrálního území</b>	<b>4650</b>	<b>100</b>

## 5 POPIS ŘEŠENÉ LOKALITY

### 5.1 Současný stav toku

Tok je po celé své délce různorodý. Zkoumaný úsek byl od 23,411 říčního kilometru po směru proudu až do 20,660 ř. km. V horní části je tok charakterizován bystřinným prouděním, které postupně s klesající nadmořskou výškou přechází do proudění říčního.

V rámci řešení bakalářské práce byla provedena pochůzka v terénu, v rámci které byla pořízena fotodokumentace řešeného úseku toku.

Průměrná šířka koryta je 10 metrů. Sklony svahů jsou především 1:2. Dno koryta je tvořeno většími zaoblenými kameny frakce 16 mm, místy až 125 mm. Břehy jsou nízké, nepřesahující 1 m. Patka koryta v horní části toku je opevněna balvany.

Na 22,7009 říčním kilometru je vybudována ochranná hrázka dlouhá 132 metrů, která plní funkci ochrannou přiléhajícím soukromým rybníkům. Sklon návodního svahu je 1:3 a je stabilizována kamennou rovnatinou o velikosti kamene 0,5 m a více. Koruna hráze je tvořena betonovými monolitickými deskami o šířce 3 m, která umožňuje zpřístupnění cesty k řešené nátrži a okolním pozemkům. Na 22,5692 říčním kilometru je umístěn balvanitý jez s levostranným náhonem do rybníků. Na 21,900 říčním kilometru se nachází železobetonový silniční most o šířce 8,2 metrů, který spojuje obec Maršíkov se sousední obcí Velké Losiny.



Obr. 17 Balvanitý jez na toku

Podél toku se nachází stromové patro zastoupeno především duby, olšemi a habry. V minulosti se zde však nacházely také poškozené, havarijní, zdravotně nevyhovující, a především nepůvodní dřeviny, jako např. akát a javor jasanolistý. Keřové patro je zde zastoupeno vrbou poříční, lýkovcem jedovatým a hlohem obecným.



Obr. 18 Ukázka vegetačního doprovodu podél toku

V důsledku klimatických změn a následnému vysychání a redukce vodních ploch se na mnoha místech toku vytvořily nánosy různých zemin a travin, a tím odklonily původní směr proudění. K největším redukci šířky koryta došlo v horní oblasti toku, nad zmíněným jezem, kde je více než polovina původního koryta zanesena nánosy a podobně v dolní oblasti, před řešenou nátrží.

Řeka z velké části prochází intravilánem, jenž je tvořen převážně zemědělskými pozemky a louky. Tudíž na většině území, v období přívalových srážek a následnému vylití koryta, jsou využity inundační území pro rozlivy tak, aby nedocházelo k ohrožení obyvatel nebo jejich majetku.

## 5.2 Charakteristika řešených lokalit

Na dvou lokalitách nedaleko obce Maršíkov, která spadá pod správu obce Velké Losiny, se vytvořily výrazné svahové eroze, které vznikly vlivem nebo ve vazbě na přirozený vývoj koryta vodního toku Desné. Jedna lokalita byla částečně stabilizována po povodni v roce 1997 a do současnosti se jeví jako poměrně stabilní. Na druhé nestabilizované lokalitě probíhá dynamický vývoj, ke kterému přispívají i korytotvorné procesy vodního toku.



### **Lokalita 1 – dolní erozní stěna**

Řešená lokalita se nachází od 21,159 říčního kilometru do 21,430 říčního kilometru. Leží jižně od obce Maršíkov. Největší část území se rozkládá na parcele 2150/1 o výměře 103 943 m<sup>2</sup>, která je pod správou katastrálního území Velké Losiny.

Nachází se zde také soukromé pozemky, které zasahují do řešené lokality.

Na levé straně po toku se rozprostírá lesní pozemek o výměře 11 413 m<sup>2</sup> a trvalý travní porost o výměře 12 291 m<sup>2</sup>, ve vlastnickém právu fyzické osoby. Dotčeným pozemkem je také parcela 2148/1 o výměře 1222 m<sup>2</sup>, kterou vlastní Česká republika s právem hospodařit s majetkem státu mají Lesy České republiky.

Pravou stranu tvoří soukromé lesní pozemky 2116/3 s výměrou 2896 m<sup>2</sup>, ve vlastnictví fyzické osoby a 2116/4 s výměrou 3560 m<sup>2</sup>, které náleží pod správu České republiky s právem hospodařit s majetkem státu Lesy České republiky.



Obr. 19 Dolní erozní lokalita – podzim 2018



Obr. 20 Dolní erozní lokalita – jaro 2019

### **Lokalita 2 - horní erozní stěna**

Rozprostírá se od 22,569 říčního kilometru do 22,939 říčního kilometru. Leží severně nad katastrálním územím Maršíkov. Opět největší část území se rozkládá na lesním pozemku 393/1 s výměrou 6373 m<sup>2</sup>, které je pod správou obce Velké Losiny.

Podél toku se na levé straně nachází různé soukromé pozemky. Dotčenými je lesní pozemek 2055/33 o výměře 204 m<sup>2</sup>, ve správě Lesů České republiky a lesní pozemek 2055/34 s výměrou 3321 m<sup>2</sup>, ve správě Římskokatolické farnosti Velké Losiny.

Pravá strana je lemována jedním lesním pozemkem 2063/8 s výměrou 1087 m<sup>2</sup>, ve správě Lesů České republiky a přilehlým pozemkem 2063/9 s výměrou 2108 m<sup>2</sup>, ve správě Římskokatolické farnosti Velké Losiny.



Obr. 21 Horní erozní lokalita



Obr. 22 Horní erozní lokalita – detail

### 5.3 Objekty

Řešený úsek řeky Desná je dlouhý 2,810 km a začíná na 20,660 říčním kilometru a končí na 23,411 říčním kilometru.

Po celé délce toku jsou umístěny různé druhy objektů. Jedná se především o sloupy elektrického vedení, výusti, zaústění, silniční most, přítoky, náhony, odběry do sousedního rybníka, stupně a jez.

- KM 21,761 – sloup elektrického vedení
- KM 21,875 – PB výust 400
- KM 21,885 – silniční most Velké Losiny
- KM 21,900 – PB výust 500
- KM 21,920 – sloup elektrického vedení
- KM 21,928 – LB výust 500
- KM 22,257 – LB výust 1000
- KM 22,263 – PB přítok
- KM 22,275 – sloup elektrického vedení
- KM 22,369 – LB zaústění náhonu
- KM 22,569 – jez
- KM 22,570 – odbočení náhonu – LB
- KM 22,644 – odběr do rybníka – LB
- KM 22,697 – sloup elektrického vedení
- KM 22,865 – sloup elektrického vedení
- KM 22,895 – LB přítok
- KM 23,077 – stupeň
- KM 23,082 – LB přítok

## 5.4 Vegetační stupňovitost

Řeka Desná pramení v 8. subalpínském vegetačním stupni, ve kterém se především nachází dubobukové porosty. Převažující dřevinou je buk s přimíšeným dubem zimním a habrem. V určitých místech vzhledem k vysoké svažitosti a nestálosti břehů, tyto dřeviny patří k ohrožujícím faktorům.



Obr. 23 Vegetační doprovod podél toku Desné

## 5.5 Biogeografické členění krajiny

Lokalita je dle Biogeografického členění České republiky [2] součástí biogeografické provincie hercynská. Nejvyšší polohy povodí se v rámci nejnižších jednotek rozkládají na území Jesenického bioregionu a dolní část povodí náleží oblasti Šumperského bioregionu.

## 6 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Hydrotechnickými výpočty určíme následné parametry:

- stabilitu koryta po celé délce řešené lokality (stabilitu dna a břehů),
- průtoky koryta a průběh hladin pro určité návrhové průtoky  $Q_N$  se zahrnutím stávajících objektů na toku,
- rovnovážný sklon dna, při kterém nedochází k sesuvům půdy z přilehlých břehů.

### 6.1 Program HEC-RAS

Model HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System) řeší výpočet průběhu hladin pro ustálené a neustálené proudění v otevřených korytech na přirozených i umělých tocích.

Pro určení hladinového režimu využívá program HEC-RAS metodu „po úsecích“. Jednotlivé úseky jsou voleny dle charakteru proudění. Program řeší odděleně hydraulické režimy říčního a bystřinného proudění.

Tvorba modelu se skládá z:

- geometrických dat koryta a objektů na toku,
- okrajových podmínek,
- výpočtu průběhu hladin při ustáleném proudění.

Cílem hydrotechnických výpočtů bylo posouzení stávajícího koryta řeky Desná, v řešených lokalitách na území obce Maršikov. Na základě výsledků bylo provedeno přírodě blízké stabilizační opatření.

## 6.2 Vstupní data

### 6.2.1 Geometrická data – Geometric Data

Geometrická data jsou vytvořena pomocí 33 příčných profilů popisujících řešený úsek toku Desné v km od 22,660 do 23,411 říčního kilometru. Profily zaměřené v roce 2008 byly poskytnuty správcem vodního toku Povodí Moravy, s. p.

Součástí geometrických dat jsou i zaměřené objekty (most, jez, přítoky, sloupy elektrických vedení, výusti, náhony, rybníky...) viz kap. 5.1.

Z hlediska správného výpočtu proudění hladin v programu HEC-RAS bylo nutné doplnit stávající příčné profily o pár dalších, zejména v blízkosti silničního mostu a jezu. Veškeré rozměry nových profilů vycházely z osobní pochůzky.

Stanovení stupně drsnosti dna bylo provedeno na základě vstupních dat popisujících materiál dna:

Velikost efektivního zrna:	$d_e = 60 \text{ mm}$
Velikost 90% zrna:	$d_{90} = 120 \text{ mm}$

Hodnoty byly získány na základě osobní pochůzky zájmového území a následně pomocí fotodokumentace byla provedena odborná konzultace s lidmi, zabývajícími se touto problematikou.

Pro výpočet průběhu hladin v programu HEC-RAS byly použity drsnosti dle charakteru materiálu dna a svahů:

- zatravněné svahy	<b>0,040</b>
- svahy zarostlé keři	<b>0,045 – 0,060</b>
- kamenný zához	<b>0,035</b>
- pro dno	<b>0,032</b>

Zdrojem pro stanovení hodnot stupňů drsnosti byla odborná literatura. [11]

### 6.2.2 Okrajová data – Flow Data

Vzhledem k charakteru proudění v řešeném úseku bylo nutné zvážit okrajové podmínky pro výpočet průběhu hladin. Na zhruba prvních 20 % toku, díky velkému

sklonu, převládá bystrinné proudění, které pozvolna přechází do proudění říčního, tudíž je nutné pro výpočet zadat okrajovou podmínku do dolního, tak i do horního profilu.

Do výpočtu byly zadány okrajové podmínky dle podélného sklonu dna dolního úseku toku s hodnotou 10‰ a horního úseku toku s hodnotou 36‰.

Výpočet průběhu hladin vychází z předpokladu smíšeného proudění – Flow Regime – MIXED.

### **6.3 Ověření kapacity koryta**

Ověření kapacity stávajícího koryta toku Desná proběhlo v programu HEC – RAS 5.0.5. Pro výpočet kapacity koryta a posouzení bylo použito 33 geodeticky zaměřených a vykreslených příčných profilů.

Při průtoku  $Q_1 = 12,3 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $Q_5 = 29,6 \text{ m}^3/\text{s}$  nedochází v žádném místě k vybřežení ani jinému ohrožování stávajících objektů na toku. Koryto je kapacitní do průtoku  $Q_{KAP} = 38,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , což odpovídá přibližně průtoku  $Q_{10} = 39,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Pro stanovení záplavového území by bylo nutné provést nové geodetické zaměření a vytvoření aktuálního stavu, např. v podobě digitálního modelu terénu (DMT).



## **7 NÁVRH OPATŘENÍ**

### **7.4 Lokalita 1 – dolní erozní stěna**

Na základě provedené rešerše literatury byla navržena vhodná opatření, vedoucí k sanaci erozní stěny v řešené lokalitě 1. Jsou zde navržena dvě přírodě blízká opatření, popsána v následujícím textu. Výběr konkrétního opatření pro realizaci sanace by měl vycházet z podrobného geologického průzkumu, který není proveden.

Při realizaci navržených opatření je pro těžkou techniku složitější přístup k řešené lokalitě, který je možný přes pozemky Lesů ČR, pozemky obce Velké Losiny nebo soukromých vlastníků – viz Příloha 2 - Situace majetkoprávních vztahů.

#### **7.4.1 Kamenná hrázka**

Na 21,267 až 21,386 říčním kilometru je navržena kamenná hrázka s šířkou v koruně 1 m a šířkou v patě hrázky 3,5 m. Výška hrázky je 1,5 m. Sklony jednotlivých stěn jsou navrhnuty 1:1.

Použitý materiál je těžký kamenný zához s prohumusováním a urovnáním s hmotností kamene od 500kg.

Hrázka je odsazena od původní břehové čáry ve vzdálenosti 1 metr. Z důvodů zmenšení kapacity koryta je navrženo na konvexní straně prohloubení původního koryta přibližně 40 cm, zakončeným svahem ve sklonu 1:3. Šířka nově vytvořeného koryta je 7,6 metrů.

Dále je provedeno sesunutí zeminy z levého břehu směrem k hrázce, viz Příloha 9 - vzorový řez „3“, do níž se následně osadí vhodná vegetace a celý svah se zatravní.

Úpravou nedošlo ke zhoršení odtokových poměrů v řešené oblasti. Hladiny jednotlivých průtoků vzrostly v rozsahu 0,9 až 0,15 m – viz Tab. 6.

Tab. 6 Průběh hladin Q<sub>1</sub> – lokalita 1

Staničení	Příčný profil	Dno v ose toku [m n. m.]	Hladina [m n. m.]	Levý břeh [m n. m.]	Pravý břeh [m n. m.]
<b>Průběh hladiny Q<sub>1</sub> pro stávající koryto</b>					
21,04	326	399,21	399,6	402,17	401,29
21,159	327	400,53	401,35	404,01	402,71
21,241	328	402,01	402,77	404,57	403,25
21,345	329	403,12	403,94	420	404,77
21,39	330	403,21	404,33	409,01	404,96
21,43	331	404	404,54	405,45	405,38
<b>Průběh hladiny Q<sub>1</sub> s navrženou kamennou hrázkou – viz vzorový řez „3“</b>					
21,04	326	399,21	399,6	402,17	401,29
21,159	327	400,53	401,35	404,01	402,71
21,241	328	402,01	402,92	404,57	403,25
21,345	329	403,12	404,03	420	404,77
21,39	330	403,21	404,42	409,01	404,96
21,43	331	404	404,54	405,45	405,38

#### 7.4.2 Kombinace kmenů a pilot

Opatření je navrženo v říčním km 21,293 až 21,381. Realizace je možná pouze v případě, že se v lokalitě nenachází skalnaté podloží, které by bylo nutné ověřit geologickým průzkumem.

Jedná se o dřevěné piloty s průměrem 0,25 m a celkovou délkou 3,5 metru, které jsou pomocí beranidel osázeny ve vzdálenostech 2 metrů podél levé břehové čáry. Za piloty se vodorovně umístí dřevěné kmeny s délkou 3 – 4 metrů, a tím se odkloní proudnice vody od erozní stěny – viz Příloha 10 - vzorový řez „4“.

## 7.5 Lokalita 2 – horní erozní stěna

V lokalitě 2 jsou navrženy dvě varianty opatření. Výběr konkrétního opatření pro realizaci sanace by měl opět vycházet z podrobného geologického průzkumu, který není k dispozici.

Pro realizaci navržených opatření je zapotřebí těžké techniky. Přístup k řešené lokalitě je přes obecní pozemky Velkých Losin, pozemky Povodí Moravy, s. p. a z části pozemky ve vlastnictví Římskokatolické farnosti Velkých Losin – viz Příloha 3 - Situace majetkoprávních vztahů.

### 7.5.1 Kamenný zához

Opevnění je navrženo od 22,716 do 22,741 říčního kilometru. Levý břeh toku je zpevněn těžkým kamenným záhozem o hmotnosti kamene 900 – 1000 kg. Uspořádání opevnění a sanace erozního svahu je popsáno v Příloze 8 a je označeno jako vzorový řez „2“.

Úpravou nedošlo ke zhoršení odtokových poměrů v řešené oblasti. U hladin jednotlivých průtoků došlo pouze k nepatrnému navýšení – viz Tab. 7.

Tab. 7 Průběh hladin  $Q_1$  – lokalita 2

Staničení	Příčný profil	Dno v ose toku [m n. m.]	Hladina [m n. m.]	Levý břeh [m n. m.]	Pravý břeh [m n. m.]
<b>Průběh hladiny <math>Q_1</math> pro stávající koryto</b>					
22,6409	346	418,27	418,86	420,97	419,72
22,7244	347	418,29	419,23	432,36	420,76
22,8301	348	418,94	419,65	437,05	421,69
22,9393	349	420	420,57	424,34	422,31
<b>Průběh hladiny <math>Q_1</math> s navrženým kamenným záhozem - viz vzorový řez "2"</b>					
22,6409	346	418,27	418,86	420,97	419,72
22,7244	347	418,29	419,21	432,36	420,76
22,8301	348	418,94	419,64	437,05	421,69
22,9393	349	420	420,57	424,34	422,31

Kameny budou dovezeny těžkou technikou přes pozemky pod správou obce Velké Losiny – viz Příloha 3 - situace majetkoprávních vztahů – lokalita 2.

### **7.5.2 Výhony**

Po délce toku na 22,679 až 22,759 říčním kilometru jsou navrženy inkliniční výhony.

Materiálem pro výhony jsou použity kmeny topolu a průměru 90 – 100 cm. Pro zlepšení stability bude provedeno odkopání zeminy levého břehu ve vzdálenosti 2 metrů od původní břehové čáry a po osazení výhonu opětovné zasypaní. Celková délka výhonu je 6 m.

Samotný výhon je po obou stranách zpevněn dřevěnými piloty o průměru 0,2 m a osázen balvany s hmotností 500 – 1000kg. Výhon je uložen do stávajícího terénu – viz Příloha 7 - vzorový řez „1“.

## 8 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá návrhem sanace erozních svahů ve dvou lokalitách, popsaných v textu. Lokality se nachází v katastrálním území obce Velké Losiny a Maršíkov na vodním toku Desná. Postup řešení vychází z osobní pochůzky, rešerše literatury, výsledků posouzení současného stavu toku a kapacity koryta. Důležitou součástí řešení práce je vymezení přiléhajících pozemků s návazností na navržené úpravy.

Pro výpočty průběhu hladin  $N$  – letých průtoků byl v programu HEC-RAS 5.0.5 z důvodů kombinovaného proudění – říčního a bystrinného – dosazen za dolní i horní okrajovou podmínku podélný sklon toku. Kapacitní průtok toku byl stanoven na  $38,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , což odpovídá přibližně hodnotě průtoku desetileté vody. Při vyšších průtocích dochází k vybřežení.

Samotný návrh opatření v lokalitě 2 je proveden v podobě kamenného záhozu, který má za úkol stabilizovat svah a zastavit rozšiřující abrazi. Dalším návrhem jsou inklinanční výhony umístěné nad řešenou oblastí, kterými lze dosáhnout usměrnění proudu vodního toku na druhou stranu. V lokalitě 1 je navržena kamenná hrázka s cílem odklonit proudnici vodního toku od erozního svahu. Následně je sesunuta zemina ze stávajícího svahu směrem k hrázce, do které se osadí vegetace. Dle budoucího geologického průzkumu je také možné použít variantu opevnění s kombinací kmenů a pilot, která má podobnou funkci jako navržena hrázka.

Nutno podotknout, že se při návrhu vycházelo ze zaměření řešeného úseku a lokalit erozních svahů z roku 2008. Pro přesnější návrh vhodného opatření je zapotřebí provést nové podrobnější zaměření minimálně v prostoru lokality 1 a lokality 2.

Veškeré navržené úpravy jsou realizovatelné pouze po vyřešení přístupu k lokalitám, které závisí na dohodě s vlastníky okolních pozemků. Vzhledem k budoucímu ohrožení pozemků vlivem svahové eroze lze předpokládat, že domluva bude možná.

V Brně dne 24. 5. 2019

---

Radek Lach  
autor práce

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### 9.1 Literatura

- [1] MACURA, L. *Úpravy tokov.* 1. vydání. Bratislava: SVTL, 1966. 731 stran.
- [2] CULEK, M. a kol. *Biogeografické členění České republiky.* 1. vydání. Praha: Enigma, 1996. 347 stran. ISBN 80-85368-80-3.
- [4] ŠAFÁŘ, J. *Chráněná území ČR.* 1. vydání. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2003. 454 stran. ISBN 80-86064-46-08.
- [8] MATĚJÍČEK, J. *Povodeň v povodí Moravy v roce 1997.* 1. vydání. Povodí Moravy, 1998. 108 stran.
- [11] RAPLÍK, M.; VÝBOROVÁ, P.; MAREŠ, K. *Úprava tokov.* 1. vydání. Bratislava: Alfa, 1989. 640 stran. ISBN 80-05-00128-2.
- [12] ŠLEZINGR, M. *Břehová abraze.* 1. vydání. Brno: Ing. Zdeněk Novotný CSc., 2003. 155 stran. ISBN 80-86510-75-1.
- [13] ŠLEZINGR, M.; ÚRADNÍČEK, L. *Stabilizace břehů.* FAST VUT. Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institut of Water Structures, FAST VUT BRNO. 2007. 210 stran. ISBN 978-80-7204-550-1.
- [15] QUITT, E. *Klimatické oblasti ČSR.* 1. vydání. Praha: Kartografické nakladatelství, 1975. Studia Geographica 16, Brno. 73 stran. ISBN 978-80-86690-89-6 (Český hydrometeorologický ústav: brož.); 978-80-244-2813-0 (Univerzita Palackého: brož.).
- [18] ŠLEZINGR, M. *Stabilizace říčních ekosystémů.* 1. vydání. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2005. 353 stran. ISBN 80-7204-403-6.
- [19] MATĚJÍČEK, J.; ROTSCHEIN, P. *Povodí Moravy.* 1. vydání. Brno: Povodí Moravy, 2006. 130 stran. ISBN 80-239-8163-3.
- [20] PERINA, L. a kol. *Voda v České republice.* Praha: Consult, 2006. 256 stran. ISBN 80-903482-1-1.

## 9.2 Internetové zdroje

- [3] POVODÍ MORAVY, S.P. *Závod Horní Morava* [online]. 2010-2019 [2019-05-05]. Dostupné z <<http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/zavod-horni-morava/>>.
- [5] POVODÍ MORAVY, S.P. *Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu: I. Charakteristiky dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu* [online]. 2016 [2019-02-01]. Dostupné z <[http://pop.pmo.cz/download/web\\_PDP\\_Morava\\_kraje/kapitola-i/kapitola-i.html#a\\_i](http://pop.pmo.cz/download/web_PDP_Morava_kraje/kapitola-i/kapitola-i.html#a_i)>.
- [6] ELEKTRONICKÝ DIGITÁLNÍ POVODŇOVÝ PORTÁL. *Velké Losiny: Charakteristika zájmového území* [online]. 2010-2019 [2019-02-01]. Dostupné z <[https://www.edpp.cz/vls\\_charakteristika-zajmoveho-uzemi/](https://www.edpp.cz/vls_charakteristika-zajmoveho-uzemi/)>.
- [7] OBEC LOUČNÁ NAD DESNOU. *Historie povodní v regionu Loučné* [online]. 2007-08-02 [2019-02-01]. Dostupné z <<http://www.loucna-nad-desnou.cz/785-historie-povodni-v-regionu-loucne>>.
- [9] CHMELAŘ, P. *Povodeň 1997 – dvacet let poté* [online]. 2017-06-28 [2019-02-01]. Dostupné z <<http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/povoden-1997-dvacet-let-pote/>>.
- [10] ŠUMPERK. *Letos si připomínáme 20 let od ničivých povodní* [online]. 2017 [2019-02-15]. Dostupné z <<https://m.sumperk.cz/cs/obcan/periodicky-tisk/tiskove-zpravy/letos-si-pripominame-20-let-od-nicivych-povodni.html>>.
- [14] DVORSKÝ, T. *Úpravy toků: Břehové stavby* [online]. 2018 [2019-02-15]. Dostupné z <[http://hgf10.vsb.cz/546/UT/chapter\\_7.html](http://hgf10.vsb.cz/546/UT/chapter_7.html)>.
- [16] VANĚK, A. *Nejnovější vývojové trendy u pilotových beranidel* [online]. 2019 [2019-04-25]. Dostupné z <[https://zakladani.cz/casopis/archiv/2\\_02/casbody07.htm#e-summary](https://zakladani.cz/casopis/archiv/2_02/casbody07.htm#e-summary)>.
- [17] VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I *Geoportál: eKatalog BPEJ* [online]. 2006 [2019-04-25]. Dostupné z <<https://bpej.vumop.cz/>>.
- [21] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Evidenční list hlásného profilu č.302* [online]. 2019 [2019-04-20]. Dostupné z <[http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_prfbk\\_detail.php?seq=307332](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=307332)>.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČR	Česká republika
B80	beton s pevností 5 MPa v tlaku
B170	beton s pevností 13.5 MPa v tlaku
B250	beton s pevností 20 MPa v tlaku
Q <sub>N</sub>	N-letá povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za N let
Q <sub>355</sub>	průtok, který je dosažen nebo překročen průměrně 355 dní v roce
Q <sub>1</sub>	jednoletá povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 1 rok
Q <sub>5</sub>	pětiletá povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 5 let
Q <sub>10</sub>	desetiletá povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 10 let
Q <sub>20</sub>	dvacetiletá povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 20 let
Q <sub>100</sub>	stoletá povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 100 let
Q <sub>800</sub>	osmisetletá povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 800 let
Q <sub>KAP</sub>	kapacitní průtok, které je koryto schopno převést bez vyběžení
km <sup>2</sup>	plošná jednotka, kilometr čtvereční
ha	plošná jednotka, 100x100 metrů
m <sup>3</sup> /s	objemová jednotka, metr krychlový za sekundu
°C	stupeň Celsia
%	procenta
‰	promile
F <sub>s</sub>	součinitel stability
M <sub>max</sub>	maximální hladina
l <sub>1</sub>	půdorysná délka hrázky
l <sub>2</sub>	délka přerušeni hrázky
MT10	klimatická oblast
ř. km.	řiční kilometr



CORINE	COordination of INformation on the Environment (vývoj krajinného pokryvu)
PB	pravobřežní
LB	levobřežní
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System
KÚ	konec úseku
ZÚ	začátek úseku
$d_e$	efektivní zrno
$d_{90}$	90% zrno
$v_{vs}$	nevymílací rychlost
DMT	digitální model terénu

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Zničení železniční tratě v Loučné [10].....	13
Obr. 2	Pásma břehových porostů [13].....	23
Obr. 3	Opevnění svahu pomocí plůtků [1].....	25
Obr. 4	Příčný řez opevněním pomocí laťového plůtku [14].....	26
Obr. 5	Opevnění proutěným obkladem se.....	26
Obr. 6	Opevnění svahu pomocí vrbových sazenic [1].....	28
Obr. 7	Opevnění pomocí ukládaných kamenů [1].....	29
Obr. 8	Opevnění pomocí haťoštěrkových válců a dřevěných pilot [1].....	30
Obr. 9	Zatížení paty svahu pomocí kamenného záhozu [1].....	32
Obr. 10	Opevnění svahu pomocí vrbového porostu [1].....	33
Obr. 11	Detail drátokamenné matrace [14].....	34
Obr. 12	Železobetonová stěna se žulovými deskami [1].....	36
Obr. 13	Opevnění svahu pomocí srubu z kulatiny [1].....	36
Obr. 14	Opevnění pomocí dřevěné srubové stěny [1].....	37
Obr. 15	Katastrální území Velké Losiny – Maršíkov [6].....	39
Obr. 22	Území ve správě Povodí Moravy [3].....	43
Obr. 16	Balvanitý jez na toku.....	47
Obr. 17	Ukázka vegetačního doprovodu podél toku.....	48
Obr. 18	Dolní erozní lokalita – podzim 2018.....	49
Obr. 19	Dolní erozní lokalita – jaro 2019.....	50
Obr. 20	Horní erozní lokalita.....	51
Obr. 21	Horní erozní lokalita – detail.....	51
Obr. 23	Vegetační doprovod podél toku Desné.....	53

## 12 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Přípustné rychlosti pro drnování [1].....	25
Tab. 2	Základní informace o toku [3].....	41
Tab. 3	Číselná charakteristika klimatické oblasti MT10 [6] .....	42
Tab. 4	N – leté průtoky, profil Rejhotice [21] .....	44
Tab. 5	Jednotlivé využití území [6].....	46
Tab. 6	Průběh hladin $Q_1$ – lokalita 1 .....	58
Tab. 7	Průběh hladin $Q_1$ – lokalita 2.....	59

## 13 SEZNAM PŘÍLOH

### 13.3 Textová část

A.1 – Hydrotechnické výpočty průběhů hladin z programu HEC-RAS

### 13.4 Výkresová část

B.1 – Situace toku Desná	1:5000
B.2 – Situace majetkoprávních vztahů lokalita 1	1:2500
B.3 – Situace majetkoprávních vztahů lokalita 2	1:2000
B.4 – Situace opevnění – vzorový řez „3“ lokalita 1	1:1000
B.5 – Situace opevnění – vzorový řez „2“ lokalita 2	1:500
B.6 – Situace opevnění – vzorový řez „1“ lokalita 2	1:500
B.7 – Vzorový řez „1“ – výhon nad erozní stěnou lokalita 2	1:100
B.8 – Vzorový řez „2“ – kamenný zához lokalita 2	1:100
B.9 – Vzorový řez „3“ – kamenná hrázka lokalita 1	1:100
B.10 – Vzorový řez „4“ – kombinace kmenů a pilot lokalita 1	1:100
B.11 – Podrobný podélný profil toku Desná	1:2000/100