

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**BAKALÁRSKA
PRÁCA**

2020

**SIMONA
ROŽŇOVJAKOVÁ**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

**KATEDRA HYDROMELIORACÍ A KRAJINNÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



BAKALÁRSKA PRÁCA

**Štúdia vodohospodárskych opatrení v povodí
Večného potoka**

Water management study of the measures in the
catchment of the Večný stream

Vedúci bakalárskej práce: Ing. Adam Vokurka, PhD.

máj 2020

SIMONA ROŽŇOVJAKOVÁ

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som celú bakalársku prácu vypracovala samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry v súlade s metodickým pokynom ČVUT 1/2009 „O dodržovaní etických princípov pri príprave vysokoškolských záverečných prací“.

V Prahe dňa 22.5.2020

.....

Simona Rožňovjaková

Pod'akovanie

Rada by som pod'akovala vedúcemu mojej bakalárskej práce, pánu Ing. Adamovi Vokurkovi, PhD. za odbornú pomoc a podnetné pripomienky pri tvorbe tejto práce. Moje pod'akovanie patrí aj doc. Ing. Martine Zeleňákovej, PhD. za cenné rady a poskytnuté podklady k vypracovaní tejto práce.

Abstrakt v SJ

Cieľom tejto bakalárskej práce je štúdia vodohospodárskych opatrení v povodí Večného potoka. Za týmto účelom bude prevedený dôsledný prieskum celého povodia, na základe ktorého bude vypracovaný pasport vodných tokov s fotodokumentáciou. Súčasťou štúdie je aj výpočet objemu splavenín vzniknutých v povodí a zadefinovanie možných príčin ich vzniku. Výsledkom je ideový návrh opatrení, ktoré majú zlepšiť vodohospodárske pomery v povodí a zmierniť intenzívny pohyb splavenín.

Kľúčové slová

Veľký Rybný potok, Malý Rybný potok, splaveniny, transport splavenín, erózia, pasport vodných tokov, retenčná prehrádzka, vodohospodárske opatrenia.

Abstrakt v AJ

The aim of this bachelor thesis is the study of water management measures in the catchment of the Večný potok stream. For this purpose, a consistent field survey of all catchment will be realized, by virtue of which will be the basis of elaborating the water courses specification including photo description. A part of the study is also the calculation of bed load volume formed in the catchment and the definition of possible reasons of their formation. The results will be a conceptual draft of measures to improve water management conditions in the catchment and also abating the intensive transport of the sediments.

Key words

Veľký Rybný potok stream, Malý Rybný potok stream, bed load, sediment transport, erosion, description of a water courses, retention transverse weir, water management measures.

OBSAH

strana

1. Úvod	9
2. Splaveniny a ich transport vo vodných tokoch	10
2.1 Vznik a zdroje splavenín	10
2.2 Splaveninový režim	11
2.3 Výpočet splaveninového režimu.....	12
2.3.1 Faktor eróznej ohrozenosti	12
2.3.2 Ročná produkcia splavenín	14
2.3.3 Redukcia objemu splavenín	14
2.3.4 Začiatok pohybu splavenín.....	15
2.3.5 Stupeň nasýtenia vodného prúdu splaveninami	16
2.3.6 Tvorba a transport splavenín pri prietoku Q_{100}	17
3. Charakteristika záujmového územia	20
3.1 Geologické pomery.....	21
3.2 Pôdne pomery	21
3.3 Lesnatosť a vegetácia.....	22
3.4 Klimatické pomery	23
3.5 Hydrologické pomery	24
3.6 Tvorba odtoku v povodí.....	24
3.7 Erózne procesy.....	25
4. Pasport prítokov Večného potoka	27
4.1 Veľký Rybný potok	27
4.2 Malý Rybný potok	37
5. Výpočet splaveninového režimu pre dané povodie	40
5.1 Produkcia splavenín v povodí.....	40
5.2 Začiatok pohybu splavenín v povodí.....	41
5.3 Stupeň nasýtenia vodného prúdu splaveninami v povodí.....	41
5.4 Tvorba a transport splavenín pri Q_{100} vo výpočtových profiloch.....	42
5.4.1 Výpočet Q_{100} pre čiastkové povodia	43
5.4.2 Výpočet objemu splavenín vo výpočtových profiloch.....	45
6. Návrh opatrení v povodí.....	48
6.1 Prehrádzky	48
6.1.1 Umiestnenie prehrádzok.....	49

6.1.2	Technický návrh prehrádzok	50
6.1.3	Úprava koryta pod prehrádzkou	51
6.1.4	Rekonštrukcia existujúcej prehrádzky	52
6.2	Úprava pozdĺžneho sklonu	53
7.	Záver	54
8.	Zoznamy	55
8.1	Použitá literatúra a zdroje	55
8.2	Zoznam obrázkov	56
8.3	Zoznam tabuliek	57
8.4	Zoznam príloh.....	58

1. Úvod

Na území Slovenska patrí voda k najväčším pokladom. Hlavným recipientom takmer všetkých vodných zásob sú vodné toky a pri postupne sa zvyšujúcich nárokoch na vodu je potrebné k ich úpravám pristupovať zodpovedne. Obzvlášť zvýšenú pozornosť je potrebné venovať úpravám horských a bystrinných vodných tokov. Bystrina je podľa STN 48 2506 definovaná ako prirodzený vodný tok s malým povodím (do 30 km²), trvalým prietokom a nepravidelným výskytom strmých prietokových vĺn najmä po intenzívnej zrážkovej činnosti s krátkou dobou trvania, pričom dochádza ku transportu škodlivého množstva splavenín, ktoré sa následne ukladajú v korytách a v príľahlom území. Splaveninový režim bystrín je veľmi dôležitý aj z hľadiska protipovodňovej ochrany. Dôsledná znalosť chodu splavenín v horských oblastiach a následný návrh vhodných opatrení resp. úpravy vodných tokov môže zmierniť následky povodní a tým aj škody spôsobené na okolitých pozemkoch, stavbách a v najhoršom prípade aj na ľudských životoch.

V tejto bakalárskej práci, ktorá je vypracovaná vo forme štúdie, sa budem zameriavať na vznik a transport splavenín v povodí Večného potoka, resp. na pravostrannom prítoku Večného potoka - Veľkom Rybnom potoku a na jeho prítokoch. Povodie Večného potoka sa rozprestiera v katastrálnom území obce Malcov v severovýchodnej časti Slovenska, čo je oblasť tvorená málo priepustným flyšom. Flyšové horninové prostredie vytvára nepriaznivé odtokové pomery v celom povodí a prispieva ku zvýšenej tvorbe splavenín, ktorej sa budem venovať v tejto štúdií.

Cieľom tejto štúdie je analyzovať možné príčiny vzniku splavenín doložené výpočtom potenciálneho množstva splavenín vyprodukovaných v celom povodí. Na základe podrobného prieskumu terénu, kde je potrebné vziať do úvahy celé povodie, bude posúdená erózna činnosť a iné okolnosti, ktoré môžu prispievať k tvorbe splavenín. Výsledkom tejto štúdie je návrh možných opatrení, ktoré pomôžu znížiť intenzívny pohyb splavenín v tomto povodí a ich ukladanie v nižších úsekoch toku.

2. Splaveniny a ich transport vo vodných tokoch

2.1 Vznik a zdroje splavenín

Splaveniny v širšom zmysle sú časti hornín najrozličnejšej veľkosti, ktoré pochádzajú z povodia rieky alebo z vlastného koryta a splavované sú vodou. Ich množstvo v prúdiacej vode závisí od geologických, pedogeologických, morfológických a iných podmienok v celom povodí a od hydraulických vlastností toku. [2]

Delenie splavenín podľa spôsobu pohybu [3]

- a) *dnové splaveniny* – pohybujú sa kotúľaním, posunom, poskakovaním (saltáciou) alebo vo forme pohyblivých dnových útvarov
- b) *plaveniny* – jemné látky, ktoré sa vo vode vznášajú

Je ťažké určiť presnú hranicu medzi plaveninami a dnovými splaveninami, pretože to častokrát závisí od momentálneho pôsobenia viacerých hydraulických javov v koryte. Niekedy prechádza jemnejšia časť dnových splavenín do stavu suspenzie, čím je viditeľný výrazný zákal vo vode. Inokedy zas väčšie zrná plavenín klesajú ku dnu a ďalej sa pohybujú po dne. [3]

Splaveniny, ktoré sa dostávajú do vodného toku vznikajú predovšetkým zvetrávaním hornín, čo je chemicko-fyzikálny proces vyvolaný účinkami vzduchu, tepla, mrazu a obzvlášť účinkom vody. Intenzita zvetrávania závisí aj od podnebia v danom území. Najväčšia je na území s veľkým zrážkami a prudkými dažďami pri náhlych zmenách teploty.

Medzi zdroje splavenín zaraďujeme:

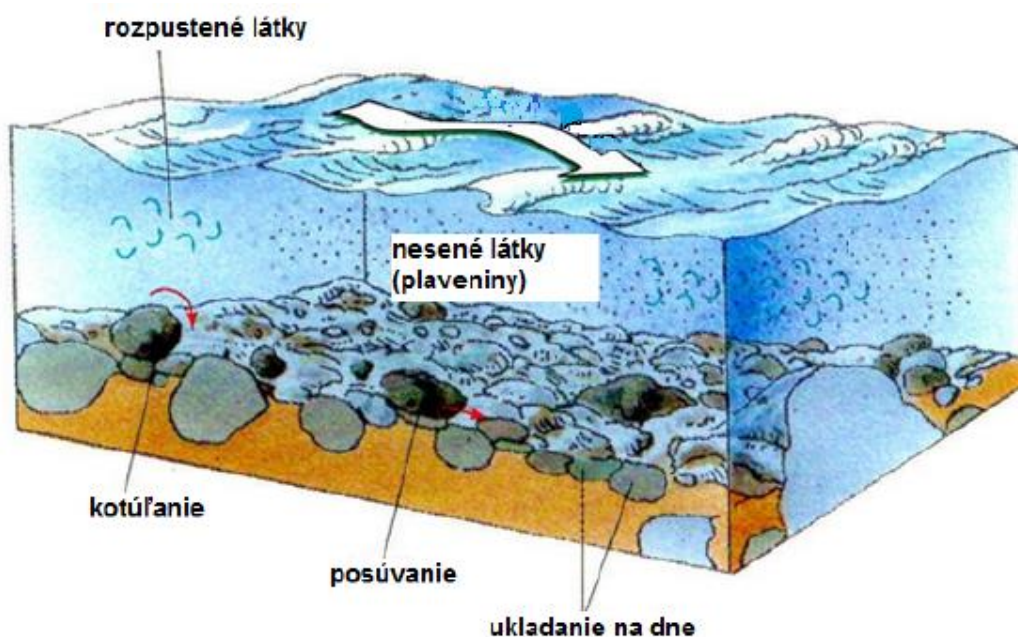
- koryto hlavného toku,
- korytá prítokov,
- samotné povodie - priľahlé úbočia bystrinných dolín,
- výmole, strže,
- svahové zosuvy,
- nevhodne situované a projektované nespevnené lesné cesty.

Splaveniny sú jedným z hlavných faktorov, ktoré ovplyvňujú režim toku pri všetkých vodohospodárskych zásahoch a celkovo robia mnohé nepríjemnosti. [3]

2.2 Splaveninový režim

Pri charakterizovaní splaveninového režimu sa posudzujú podmienky a priebeh tvorby splavenín, ich stabilita, transport a sedimentácia v samotnom toku ako aj v priľahlých pozemkoch. Na pohybe vody a materiálu v toku sa najviac podieľa energia pretekajúcej vody resp. trenie, ktoré vzniká medzi vodou a povrchom (dno a steny koryta). Pohyb závisí aj na režime prúdenia, ktorý ovplyvňuje unášaciu silu a teda začiatok pohybu častíc. Dôsledná znalosť splaveninového režimu je predpoklad úspechu zahradzovacích úprav.

Na začiatku pohybu sa častice pohybujú kotúľaním alebo šmýkaním po dne, čím unášajú nové častice z dna a svahov. So vzrastajúcou rýchlosťou prúdenia prechádzajú častice do pohybu v skokoch. Pri ďalšom raste rýchlosti sa dĺžka skokov postupne zväčšuje až napokon častica prechádza do pohybu v suspenzii. Sedimenty v toku môžu byť transportované po dne toku, vznášané v toku alebo nesené na hladine toku (Obr. 1). [3]



Obr. 1 Splaveninový režim vodného toku [3]

Tvorba, transport a ukladanie splavenín, najmä hrubozrnných sú hlavnými charakteristikami bystrín. Môžeme rozlišovať tieto charakteristické úseky bystrín:

1. *úsek erózný* (úsek vzniku splavenín) - najvyššie položeným úsekom s najvyšším pozdĺžnym sklonom, zhromažďujú sa odtekajúce vody a zbierajú splaveniny
2. *úsek transportný* (úsek dopravy splavenín) - podstatne nižší pozdĺžny sklon, splaveniny sú transportované do nižších častí (zväčša sa netvoria ani neukladajú)
3. *úsek akumuláčny* (oblasť ukladania hmôt) - zmiernenie pozdĺžneho sklonu, ukladanie

splavenín, počas vysokých vodných stavov sa môže voda vylievať von z koryta, zaplavovať príľahlé územie a zanášať ho splaveninami

Jednotlivé oblasti bystriny nebývajú vždy presne vymedzené a ustálené, ale zasahujú často jedna do druhej a časom sa presúvajú. [3]

2.3 Výpočet splaveninového režimu

Splaveninovú zmes tvoria hmoty, ktoré majú rôznu veľkosť, tvar aj hmotnosť, čo značne komplikuje úpravy vodných tokov. Preto je potrebné pred návrhom opatrení vyhodnotiť splaveninový režim v povodí, a to stanoviť niektoré charakteristiky súvisiace so splaveninami. Stanoviť okamih, kedy sa splaveniny dostávajú do pohybu, prípadne kedy začne dochádzať k ich sedimentácii a taktiež množstvo unášaných splavenín.

2.3.1 Faktor eróznej ohrozenosti

Faktor eróznej ohrozenosti Z vyjadruje stupeň ohrozenosti povodia vodnou eróziou a vypočíta sa podľa rovnice 2.1. [4]

$$Z = K_v * K_p * (K_E + \sqrt{i_p}) \quad (2.1)$$

K_v – súčiniteľ protieróznej účinnosti vegetačného krytu

K_p – súčiniteľ druhu pôd

K_E – súčiniteľ intenzity erózie v povodí

i_p – stredný sklon svahov v povodí

$$i_p = \frac{0,1 * dH}{\sqrt{F}} \quad (2.2)$$

dH – absolútny výškový rozdiel (m)

F – plocha povodia (km²)

Tabuľka 1 – Hodnoty súčiniteľa protieróznej účinnosti vegetačného krytu [4]

Druh vegetačného krytu povodia	K_v
Zcela obnažený pôdný povrch – plošný smyv, brázdová až stržová eroze	1.00
Orná pôda neosetá na svažitých pozemkoch	0.90 – 0.80
Chmelnice, vinice, bez prízemnej vegetácie, na svazích	0.80 – 0.70
Okopaniny, kukurice, repka	0.70 – 0.60
Obilniny v rôznych stádiách rústu	0.60 – 0.50
Degradované horské pastviny, zabuřené lesní holiny, riedké keřové porosty	0.50 – 0.40

Neobhospodařované travní porosty na loukách, zabuřenělé louky	0.40 – 0.30
Kulturní louky, řídké keřové porosty, imisemi poškozené lesy	0.30 – 0.25
Lesní porosty vyšších věkových tříd, monokultury smrku, borovice	0.25 – 0.20
Lesní porosty zapojené, vhodné věkové a druhové skladby, smíšené porosty	0.20 – 0.10

Tabulka 2 – Hodnoty součinitele druhu půd [4]

Půdní druhy	Půdy	K _p
Jíl, jílovité půdy (nad 60 % jílu), skály, rašeliny	nepropustné	0.90
Půdy jílovitohlinité (45-60 % jílu), horské kamenité	méně propustné	0.80 až 0.70
Hlinité půdy, podzolované půdy, hnědé lesní půdy	středně propustné	0.65 až 0.60
Hlinitopísčité půdy, písčitohlinité půdy	propustné	0.60 až 0.50
Písčité půdy, aluviální štěrkopísčité půdy	velmi propustné	0.50 až 0.40

Tabulka 3 – Hodnoty součinitele intenzity erozie v povodí [4]

Intenzita erozních procesů v povodí a vodopisné síti	Splaveniny a drsnost		K _E
	d _m (mm)	n	
V povodí převažují intenzivní formy eroze (plošná, rýhová, stržová), hrubé splaveniny, sklony svahů přesahují 30 %. Koryta toků jsou směrově a výškově nevyrovnaná, silná bystřinná, hloubková a příčná eroze, intenzivní transport hrubých splavenin	> 300	> 0.070	0.60
Povodí je na 30 až 40 % plochy zasaženo plošnou, brázdovou až rýhovou erozí. Sklonitost svahů povodí je do 25 %. V korytech toků se projevuje hloubková a příčná eroze, dno je štěrkovité s valouny, probíhá transport a sedimentace štěrkových splavenin	200 až 250	0.05 až 0.06	0.50
Povodí do 25 % zasaženo plošnou a brázdovou erozí. Sklony svahů do 20 %. Dno koryta štěrkovité, četné břehové nátrže, transport a sedimentace štěrkových a písčitých splavenin	150 až 200	0.04 až 0.05	0.50 až 0.45
Mírné formy eroze do 15 % plochy povodí, sklony svahů do 15%, koryto štěrkovité, místy břehové nátrže, transport a sedimentace štěrkových a písčitohlinitých splavenin.	50 až 100	0.030	0.40 až 0.30
Nevyskytují se intenzivní formy eroze, pouze plošný smyv půdy do 10 % plochy, sklonitost svahů do 10 %, koryto stabilizované, dno písčitohlinité se štěrkem, pohyb splavenin při vyšších průtocích.	20 až 30	0.020	0.20 až 0.15
V povodí se neprojevují zřetelné znaky eroze, koryto toku je směrově i výškově stabilizováno, dno hlinité, břehy bez deformací, neprojevuje se transport splavenin	< 20	< 0.020	0.10 až 0.00

2.3.2 Ročná produkcia splavenín

Priemerná ročná produkcia splavenín popisuje potenciálne množstvo erózneho materiálu, ktorý sa za bežných zrážkovo-odtokových situácií presunie do vodopisnej siete a dostane sa do ďalšieho pohybu v koryte. [4]

$$W_S = 3,14 * K_T * Ha * F * Z^{1,5} \quad (2.3)$$

$$K_T = 0,1 * (t + 1)^{0,5} \quad (2.4)$$

W_S – ročná produkcia splavenín (m³/rok)

K_T – teplotný parameter

Ha – stredný dlhodobý úhrn zrážok (mm)

F – plocha povodia (km²)

Z – faktor eróznej ohrozenosti

t – stredná ročná teplota (°C)

2.3.3 Redukcia objemu splavenín

Produkcia splavenín W_S poukazuje iba na množstvo vzniknutých splavenín, nie však na to, aké množstvo sa dopraví do posudzovaného profilu. Časť z tohto objemu sa ukladá vo vodopisnej sieti v koryte a pozdĺž brehov. Preto je potrebné toto množstvo redukovať pomocou súčiniteľa retencie a retardácie. Redukovaný objem tak predstavuje množstvo splavenín, ktoré môže byť ročne dopravené do vodopisnej siete a v nej transportované. [4]

$$W_R = k_R * W_S \quad (2.5)$$

W_R – redukovaná produkcia splavenín (m³/rok)

k_R – súčiniteľ retencie a retardácie

$$k_R = \frac{\sqrt{O * dH_S}}{0,25 * (L_p + 10)} \quad (2.6)$$

O – dĺžka rozvodnice

dH_S – stredný výškový rozdiel povodia (km)

L_p – dĺžka údolia toku (km)

Stredný výškový rozdiel sa získa zo zjednodušenej rovnice 2.7.

$$dH_S = 0,001 * (H_{max} - H_S) \quad (2.7)$$

H_{\max} – najväčšia nadmorská výška povodia (m)

H_S – výškový rozdiel povodia (km)

Redukovaný objem splavenín je potrebné rozdeliť na hrubšie splaveniny, ktoré sa pohybujú po dne a na jemnejšie piesčité, ktoré sú súčasťou zákalu vody ako suspenzia. Aby sme mohli určiť podiel splavenín transportovaných v zákale vody, musíme stanoviť koeficient vznášaných splavenín k_S , a to podľa poznatkov z prieskumu územia a podľa charakteru erózných procesov v povodí. U horských bystrín zastúpenie splavenín menších ako 3 mm nepresahuje 15-20%. Po redukcii získame množstvo dnových splavenín W_{SPL} , ktoré môžeme očakávať v posudzovanom profile. [4]

$$W_{SPL} = (1 - k_S) * W_R \quad (2.8)$$

W_{SPL} – objem splavenín vo vyústení (m^3 /rok)

k_S – koeficient vznášaných splavenín

2.3.4 Začiatok pohybu splavenín

Intenzita pohybu splavenín v koryte závisí na začiatku pohybu splaveninových zrn a meria sa prietokom splavenín. Všeobecne sa používa vzťah Meyer-Petera, ktorý bol odvodený na základe dlhoročných laboratórnych pokusov, kde bola vykonaná jedna z najúplnejších experimentálnych štúdií zákonitosti pohybu splavenín. Výsledkom týchto štúdií je vzorec 2.9. [2]

$$\rho * \left(\frac{Q_m}{Q}\right) * \left(\frac{k}{k_m}\right)^{1,5} * h * J = A' * \rho'_m * d_e + B' * \left(\frac{\rho}{g}\right)^{0,333} * g_s^{0,667} \quad (2.9)$$

ρ – hustota vody (t/m^3)

Q_m – prietok vody vplývajúci na pohyb splavenín (m^3/s)

Q – celkový prietok vody (m^3/s)

k – Stricklerov súčiniteľ pre korytá

k_m – Stricklerov súčiniteľ pre splaveninový materiál koryta

h – hĺbka vody (m)

J – sklon hladiny

$A'=0,047$ – experimentálne zistená konštanta

$\rho'_m = (\rho_m - \rho)$ – merná hmotnosť splaveninového materiálu vyjadrená v hmote vo vode (t/m^3)

ρ_m – hustota splavenín (t/m^3)

ρ – hustota vody (t/m^3)

d_e – priemer efektívneho zrna splaveninovej zmesi (m)

$B' = 0,25$ – experimentálne zistená konštanta

$g = 9,81$ – tiažové zrýchlenie (m/s^2)

g_s' – merný prietok splavenín meraný vo vode ($kg/s.m$)

Prvý člen Meyer-Peterovho vzorca (2.9) popisuje medzné tangenciálne napätie, pri jeho prekročení začne pohyb splavenín. Druhý člen udáva prírastok množstva hmoty splavenín. Pre stanovenie medzného tangenciálneho napätia sa v praxi používa niekoľko jednoduchších vzťahov, napr. vzťah 2.10 (Krey 1925). Zo vzorca pre výpočet medzného tangenciálneho napätia môžeme odvodiť vzťah 2.11 pre výpočet medznej rýchlosti pre dané splaveniny. [4]

$$T_K = 745 * (\rho_m - \rho) * d_m \quad (2.10)$$

T_K – medzné tangenciálne napätie (Pa)

ρ_m – hustota splavenín (t/m^3)

ρ – hustota vody (t/m^3)

d_m – smerodajné zrno splaveninovej zmesi (m)

v_m – medzná rýchlosť vody (m/s)

$$v_m = \sqrt[2]{\frac{745 * (\rho_m - \rho) * d_m}{\rho}} \quad (2.11)$$

Smerodajné zrno, ktorým sa rozumie fiktívny rozmer náhradného rovno zrného materiálu, ktorý pri rovnakých hydraulických podmienkach dáva rovnaký prietok splavenín ako daná prirodzená zmes je jednou zo základných charakteristík splavenín. Obyčajne predpokladáme, že tvar zrna je guľovitý. V prípade, že tvar je odlišný, je možné vypočítať priemer náhradnej gule, ktorá má rovnaký objem ako zrno. Prirodzený splaveninový materiál má obvykle tvar trojosého elipsoidu s rozmermi v smere osí a, b, c. Zodpovedajúci priemer (d_m) môžeme vypočítať pomocou vzťahu 2.12. [3]

$$d_m = \sqrt[3]{a * b * c} \quad (2.12)$$

2.3.5 Stupeň nasýtenia vodného prúdu splaveninami

Výskytom splavenín v prietoku vody sa znižuje stredná profilová rýchlosť vodného prúdu a tým aj schopnosť transportovať splaveniny. Vodný prúd je schopný unášať splaveniny tak dlho, pokiaľ je jeho rýchlosť väčšia ako medzná rýchlosť splavenín. Ak dôjde k vyrovnaniu

týchto rýchlostí, vodný prúd je už úplne nasýtený splaveninami a nedochádza k ďalšiemu priberaniu. Tento stav popisuje rovnica 2.13. [4]

$$\beta = \frac{v_m}{v} = \frac{\rho}{\rho + \alpha * (\rho_m - \rho)} \quad (2.13)$$

β – bystrinný súčiniteľ

v_m – medzná rýchlosť vody (m/s)

v – stredná profilová rýchlosť (m/s)

α – podiel obsahu splavenín a vody v prúdiacej kvapaline

ρ_m – hustota splavenín (t/m³)

ρ – hustota vody (t/m³)

2.3.6 Tvorba a transport splavenín pri prietoku Q_{100}

Pri tomto orientačnom výpočte posudzujeme najväčší možný transport splavenín vo vodopisnej sieti povodia za kulminačného prietoku Q_{100} . Predpokladá sa, že tento prietok vznikne pri extrémnej zrážkovo-odtokovej situácii s dobou trvania kritickej zrážky „ t_D “ rovnakou ako je doba koncentrácie odtoku z povodia „ t_K “. Podľa empirických poznatkov sa uvažuje doba prietoku splavenín v kulminačnom prietoku od začiatku pohybu až do ich sedimentácie približne 66% doby trvania zrážky. [4]

Prietok splavenín nesených vodou pri tejto extrémnej situácii stanovíme pomocou empirického vzorca 2.14, ktorý odvodil Herheulidze.

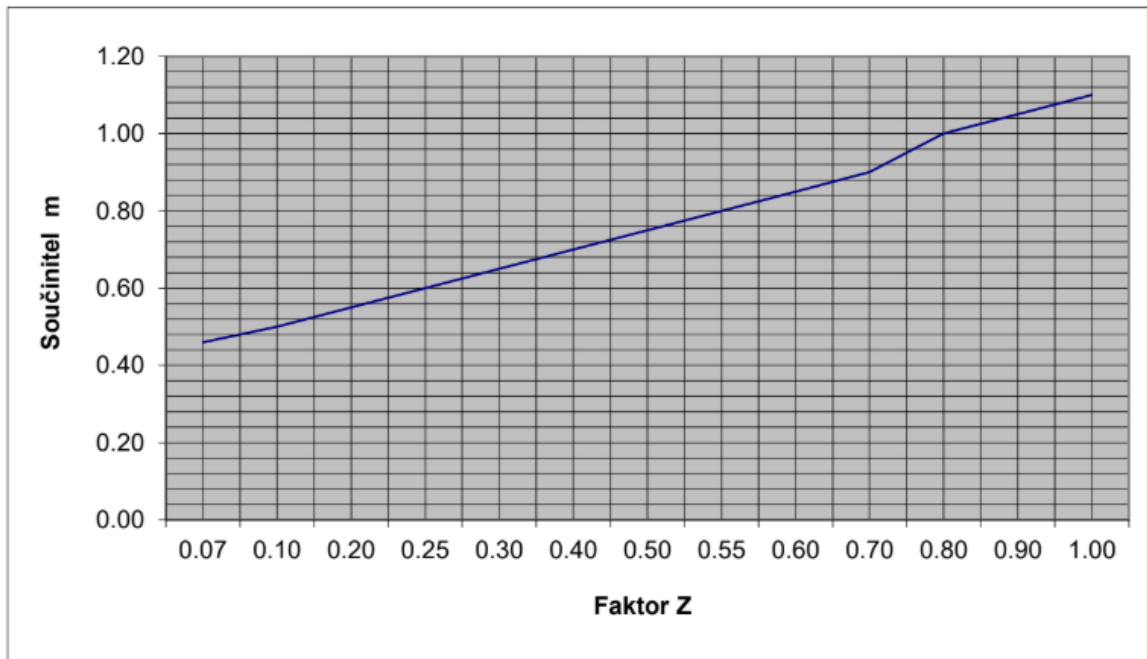
$$Q_{SPL} = \frac{2 * m * n * Q_{100}}{\rho_s} \quad (2.14)$$

Q_{SPL} – prietok splavenín (m³/s)

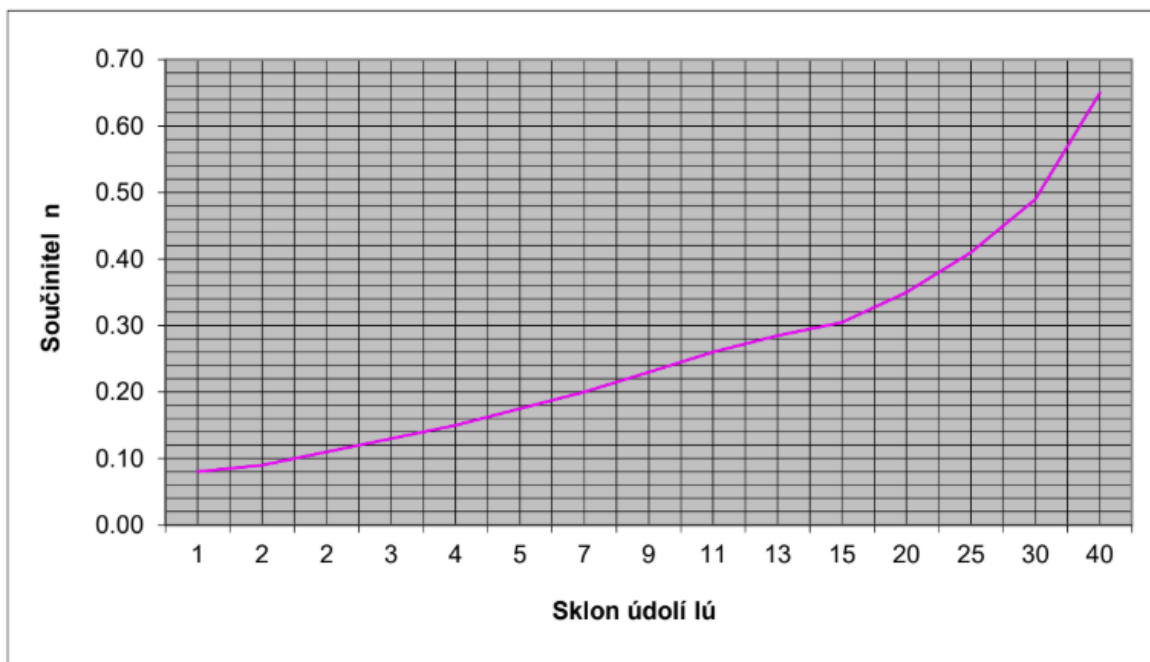
m – súčiniteľ závislý na faktore eróznej ohrozenosti povodia

n – súčiniteľ závislý na sklonu údolia toku

ρ_s – merná hustota splavenín (t/m³)



Obr. 2 - Súčiniteľ faktoru eróznej ohrozenia m [4]



Obr. 3 - Súčiniteľ sklonu údolia n [4]

Celkový objem transportovaných splavenín je následne daný súčynom doby trvania prietoku splavenín t_{SPL} a podielom splavenín v celkovom odtoku vody. [4]

$$W = t_{SPL} * Q_{SPL} \quad (2.15)$$

$$t_{SPL} = 0,66 * t_D \quad (2.16)$$

W – objem transportovaných splavení (m^3)

t_{SPL} – doba trvania prietoku splavenín (s)

t_D – doba trvania kritického dažďa (s)

Doba trvania kritickej zrážky „ t_D “ sa stanoví ako súčet doby odtoku vody po svahu a doby odtoku vody v koryte. Odborným odhadom sa určí rýchlosť prúdenia na základe sklonu a podmienok prúdenia vody po svahu. [4]

$$t_D = \frac{L_{OS}}{v_S} + \frac{L_{OT}}{v_T} \quad (2.17)$$

L_{OS} – dĺžka odtoku po svahu (m)

L_{OT} – dĺžka odtoku v koryte (m)

v_S – rýchlosť odtoku vody na svahu (m/s)

v_T – rýchlosť odtoku vody v koryte (m/s)

Výsledné množstvo dopravených splavenín do sledovaného profilu pri prietoku Q_{100} získame redukciou celkového objemu transportovaných splavenín o splaveniny, ktoré sa pohybujú v suspenzii ako vznášané časti a ďalej o časť splavenín, ktoré v priebehu transportu sedimentujú v inundačnom území pozdĺž toku a v údolí. [4]

$$W_{S100} = W - W_{SUS} - W_{SED} \quad (2.18)$$

W_{S100} – objem splavenín v sledovanom profile (m^3)

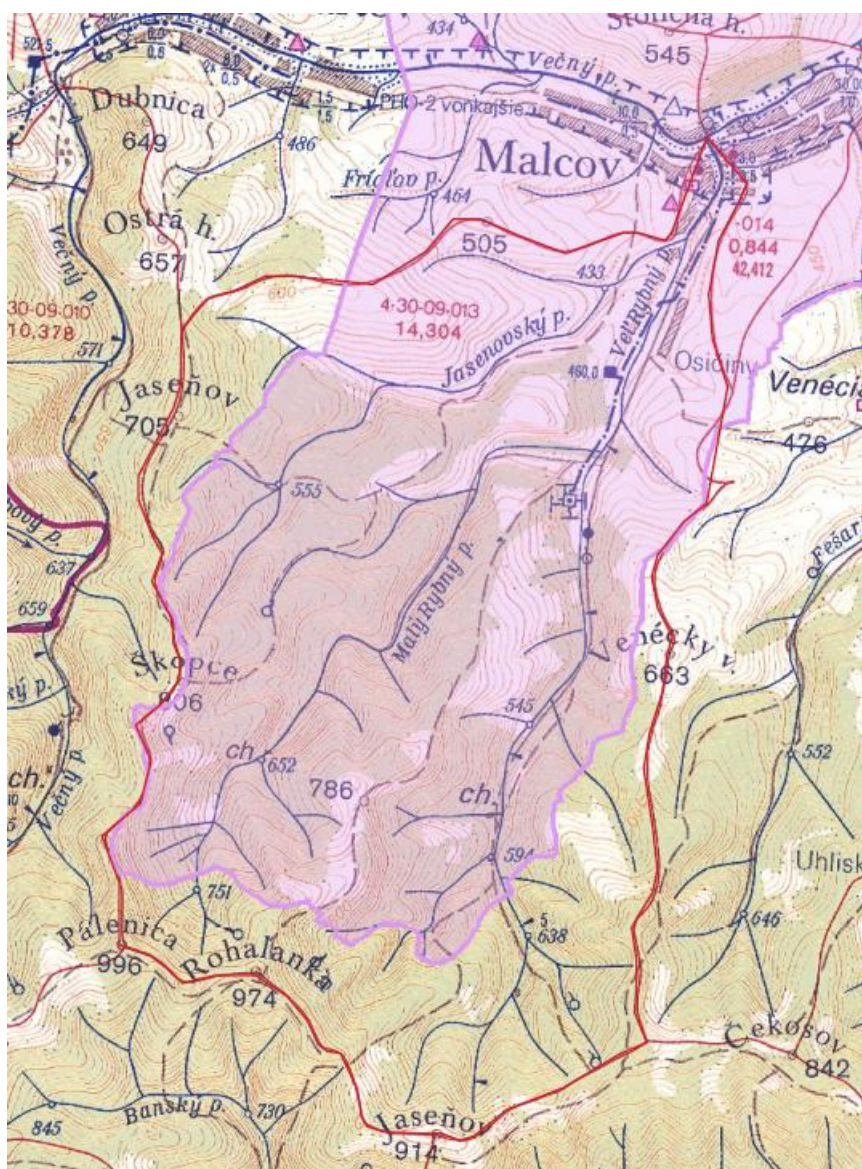
W – objem transportovaných splavenín (m^3)

W_{SUS} – objem suspendovaných splavenín (m^3)

W_{SED} – objem sedimentovaných splavenín (m^3)

3. Charakteristika záujmového územia

Posudzovaná oblasť sa rozprestiera prevažne v extraviláne obce Malcov. Je súčasťou katastrálneho územia obce [835447], ktorá leží v severozápadnej časti okresu Bardejov v Prešovskom kraji. Oblasť tvorí pohorie Čergov a na severe z časti zasahuje Ľubovnianska vrchovina. Hranica je vedená po rozvodnici Veľkého Rybného potoka (Obr. 4), na juhu ju ohraničuje vrch Jaseňov (914 m n. m.), kde pramení Veľký Rybný potok a vrch Pálenica (996 m n. m.), pod ktorým pramení najväčší prítok - Malý Rybný potok. Severná hranica územia je priamo v obci Malcov, kde Veľký Rybný potok ústi do Večného potoka.



Obr. 4 - Rozvodnica Veľkého Rybného potoka [13]

3.1 Geologické pomery

Územie povodia patrí do podsústavy Karpát. Najviac zastúpený geomorfologický celok je pohorie Čergov na juhu a Ľubovnianska vrchovina na severe. Geologická stavba je pomerne jednotvárna. Tvoria ju súvrstvia paleogénneho flyšu s rôznym zastúpením vrstiev pieskovcov, ílovcov, slieňovcov, iba doliny pri riekach sú pokryté štvrtohornými usadeninami štrkov, pieskov a hlín. [5]

Tabuľka 4 – Geomorfologické členenie katastra obce Malcov

sústava	podsústava	provincia	subprovincia	oblasť	celok
Alpsko-himalájska	Karpaty	Západné Karpaty	Vonkajšie Západné Karpaty	Východne Beskydy	Ľubovnianska vrchovina Čergov
		Východné Karpaty	Vonkajšie Východné Karpaty	Nízke Beskydy	Ondavská vrchovina

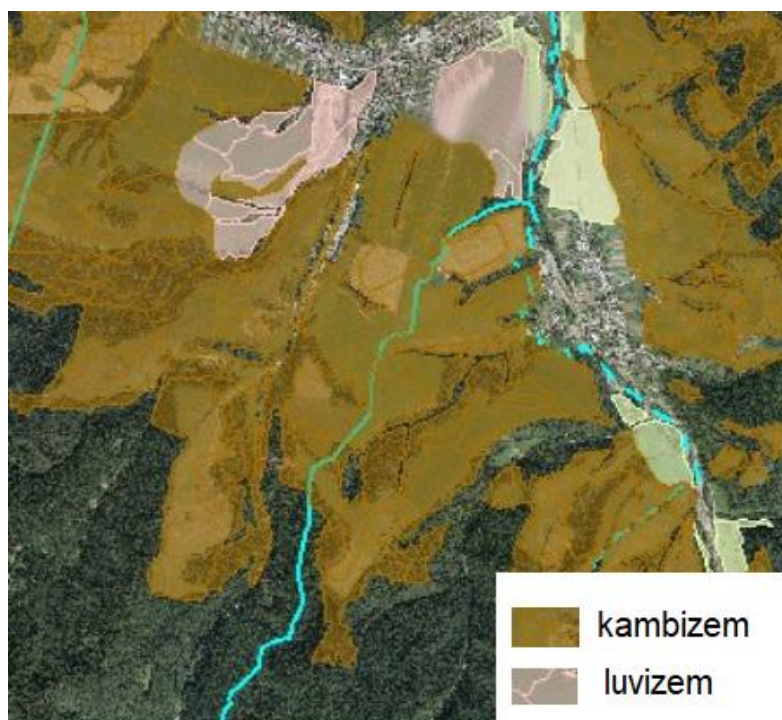
3.2 Pôdne pomery

Prevažnú časť územia zaberajú kambizeme (hnedé lesné pôdy). Výnimkou sú dobre vyvinuté nivy, na ktorých sa vyskytujú luvizeme. (Obr. 5) Z pôdných druhov tu prevládajú piesočnato-hlinité a ílovito-hlinité pôdy, ktoré na danom území vznikli dôsledkom geologického vývinu flyšového pásma. [5]

Kambizeme sú pôdny typ s tromi horizontami A-B-C, vyvinuté zo zvetraných hornín prevažne nekarbónových sedimentov paleogénu a neogénu alebo z nespevnených sedimentov. Vyznačujú sa vysokou schopnosťou zadržiavať zrážkovú vodu, čím sú väčšinou úplne nasýtené. Pri väčšej intenzite zrážok to spôsobuje rýchle odvedenie vody z povrchu týchto pôd. Vzhľadom na ich výskyt na strmých svahoch sú často erodované a tým aj ohrozujúce povrchové vodné zdroje. [6]

Luvizeme sú pôdy, ktoré sa v povodí vyskytujú veľmi málo. Oblasť ich výskytu je prevažne na nivách, na styku nížin s pahorkatinami, ktorými preteká dolný tok Veľkého Rybného potoka a na území v intraviláne obce. Tieto pôdy boli vyvinuté z rôznych, prevažne nekarbónových pôdotvorných substrátov v dôsledku premývania povrchovými vodami. Keďže na tomto území vodné toky nemajú dostatočnú kapacitu na odvedenie Q_{100} ročnej

veľkej vody, častokrát dochádza k rozlivu vody do inundačného územia najmä v rovinnejších oblastiach. Tým sú tieto pôdy často povrchovo zamokrené. [7]



Obr. 5 - Pôdne typy vyskytujúce sa v povodí [14]

3.3 Lesnatosť a vegetácia

Hlavnou dominantou vegetácie v celom povodí je spoločenstvo bukových lesov, ktoré vo vyšších polohách prechádza do lesov zmiešaných s miernym výskytom ihličnanov (Obr. 6). Bukovým lesom sa darí najmä na hnedých lesných pôdach, vyskytujú sa od výšky 450 m n. m. a siahajú zhruba do výšky 800 m n. m. Pozdĺž Veľkého Rybného potoka je zväčša súvislý brehový porast, ktorý lokálne prechádza do lužného lesa (Obr. 7). Lužné lesy tvorené prevažne vrbami a topoľmi boli sprievodcami vodných tokov, no v súčasnosti sú viditeľné už iba nepatrné zvyšky. Nahradené boli vegetáciou, ktorá vznikla následkom činnosti človeka. V danom území je pomerne rozšírená ťažba dreva, ktorá môže mať negatívne účinky na celé povodie. Odlesňovanie územia prispieva ku zvýšenej erózii a na viacerých miestach nespevnené lesné cesty prechádzajú cez koryto, čím sa pri zväžaní dreva do toku dostáva bahno, prípadne menšie kamene, ktoré ho ešte viac zanášajú.



Obr. 6 - Zmiešaný les vo vyššej časti povodia



Obr. 7 - Nižšia brehová vegetácia pozdĺž dolného toku

3.4 Klimatické pomery

Vzhľadom k rozloženiu povodia v smere sever-juh patrí záujmové územie do dvoch klimatických oblastí – chladnej, resp. mierne teplej.

Južná a juhozápadná časť nad 700 m n. m. patrí do chladnejšej oblasti a okrsku mierne chladného s priemernou ročnou teplotou 4°C, v januári od -4 do -7°C a v júli, kedy je aj najviac slnečného svitu od 12 do 16°C. Oblasť je veľmi vlhká s priemerným ročným úhrnom zrážok okolo 800 mm. Priemerný počet dní so snehovou prikrývkou vo vrcholových častiach je 80-120, priemerné maximum snehovej pokrývky je 40-60 cm. [9]

Severná údolná časť je teplejšia patriaca do okrsku M6, ktorý je charakterizovaný ako mierne teplý, vlhký, vrchovinový s počtom menej ako 50 teplých dní v roku. Priemerné ročné úhrny zrážok dosahujú hodnoty 600 – 700 mm, ktoré ovplyvňuje aj morfológia územia. Výdatné krátkodobé zrážkové udalosti sa vyskytujú prevažne v letných mesiacoch a rozhodujú o odtoku v záujmovom území. Zapríčiňujú prudké rozvodnenie tokov, výrazný pohyb splavenín a prejavujú sa povodňami. V zime nastáva pokles povrchového odtoku, pretože zrážky padajú prevažne v podobe snehu. [9]

3.5 Hydrologické pomery

Zájmové územie patrí do povodia Večného potoka (č. hydr. poradia 4-30-09-013). Večný potok sa vlieva do Tople, ktorá je vodohospodársky významným vodným tokom V. rádu. Celé povodie Večného potoka je teda súčasťou čiastkového povodia Tople (č. hydr. poradia 4-30-09), ktoré patrí do čiastkového povodia Bodrogu (č. hydr. poradia 4-30) a to patrí do medzinárodného povodia rieky Dunaj (č. hydr. poradia 4-00-00), ktorá ústi do Čierneho mora.

Pre povodie Bodrogu je charakteristický odtokový režim s maximálnymi priemernými mesačnými prietokmi v jarnom období (mesiace marec a apríl) a s najmenšími priemernými mesačnými prietokmi v letno - jesennom období (august a september). Aj výskyt kulminačných prietokov sa sústreďuje do jarného obdobia, prevažne v mesiaci marec. Jarné povodne sú typické väčšími objemami, pretože ide spravidla o povodne z topiaceho sa snehu, prípadne povodne zmiešaného typu z topiaceho sa snehu a dažďa. [10]

Posudzovaným tokom povodia je drobný vodný tok VII. rádu, Veľký Rybný potok, ktorý je pravostranným prítokom Večného potoka. Veľký Rybný potok má niekoľko väčších prítokov, medzi najvýznamnejšie patria ľavostranné prítoky VIII. rádu, Malý Rybný potok a Jasenovský potok a spolu s Veľkým Rybným potokom sa najviac podieľajú na odvodňovaní povrchových vôd z územia. V povodí sa vyskytuje aj množstvo malých bezmenných prítokov, ktoré sú v období bez zrážok úplne suché alebo s minimálnymi prietokmi.

3.6 Tvorba odtoku v povodí

V povodí prevláda povrchový odtok, ktorého hlavnou zložkou sú atmosférické zrážky alebo vody tvoriace sa pri topení snehu. Je to dôsledok najmä flyšových hornín, ktoré sa vyznačujú nízkou priepustnosťou. Tak isto aj piesočnaté kambizeme, prítomne na týchto horninách sa rýchlo nasýtia vodou, ktorú dokážu zadržiavať pomerne dlho a tak väčšina vody z celého povodia steká do údolia alebo priamo do vodného toku. Pre oblasť sú typické krátke prítoky, ktoré sú počas roka väčšinou bez vody alebo len s minimálnym prietokom. Vzhľadom na to, že prirodzená retencia v povodí je malá, prítoky majú veľké pozdĺžne sklony, takže pri zvýšenej zrážkovej činnosti dosahujú prítoky veľké rýchlosti, čím sa do hlavných tokov dostáva pomerne za krátky čas veľké množstvo vody, čo môže mať za následok rýchly vzostup hladiny v hlavných tokoch. Tak isto tento zrýchlený odtok nesie

v sebe aj vyššie množstvo splavenín, ktoré vymýva z povrchu.

Na odtoku sa podieľajú aj lesné cesty, ktoré sa vyskytujú na svahoch v blízkosti tokov a na niektorých miestach prechádzajú priamo cez koryto. Niektoré sú spevnené vplyvom ťažkých mechanizmov a tým pádom po nich voda veľmi ľahko steká priamo do toku, no väčšina je nespevnená, čím sa pri prechode vody dostáva do pohybu voľný materiál a je unášaný priamo do toku. Na tokoch v povodí sa nachádzajú aj objekty slúžiace na zachytávanie splavenín a na spomaľovanie odtoku. Tieto stavby nie sú v najlepšom technickom stave, častokrát sú zanesené rôznym materiálom a tým neplnia svoju funkciu, na ktorú boli vybudované.

3.7 Erózne procesy

Erózne procesy vznikajú interaktívnym pôsobením prírodných a antropogénnych činiteľov, ktoré ju vyvolávajú. Najvýznamnejšími činiteľmi sú zrážky a z nich vznikajúci povrchový odtok. Vodná erózia patrí v podmienkach Slovenska medzi najrozšírenejšie procesy degradácie pôdy. Vznik a priebeh erózných procesov je vo väčšine prípadov vyvolaný privalovými zrážkami, ktoré sú charakterizované vysokou intenzitou, krátkou dobou trvania a malou zasiahnutou plochou. Veľkosť a rozsah erózie významne ovplyvňuje aj sklon, dĺžka a tvar svahu. [11]

Vlastnosti geologickej stavby nepriaznivo vplývajú na vodohospodárske pomery povodia a to hlavne striedaním priepustných vrstiev pieskovcov a nepriepustných vrstiev ílovcov. Výrazne to ovplyvňuje reliéf, keďže tieto horniny rýchlo podliehajú vodnej erózii, čím sa pri prevládajúcom povrchovom odtoku v povodí tvorí množstvo rýh (Obr. 8) a strží. Tie sú po väčšinu roka bez vody a majú veľké pozdĺžne sklony. V prípade prietoku vody sa prejavuje aktívna spätná erózia dna a svahov, obmýva sa povrch strží a tým sa do povodia dostávajú splaveniny. Tak isto sú náchylné aj na svahovú eróziu, ktorá sa pri náhlych zmenách nasýtenia prejavu mimoriadne intenzívnym rozvojom plošných a prúdových zosuvov.



Obr. 8 - Ryha s viditeľnou eróziou brehu

4. Pasport prítokov Večného potoka

Vypracovaný bol podrobný pasport Veľkého Rybného potoka – Identifikátor toku (ID) 4-30-09-2333, v správe SVP, š.p., OZ Košice, ktorý je pravostranným prítokom Večného potoka v obci Malcov. Tok je popísaný v celej svojej dĺžke 6,106 km pričom 61,3% z tejto dĺžky preteká zalesneným územím. V minulosti bola navrhnutá úprava koryta Veľkého Rybného potoka v intraviláne obce na prevedenie prietoku Q_{100} , ktorá však do dnes nebola zrealizovaná. Pre tieto účely bolo uskutočnené geodetické zameranie od ústia až po r. km 1,000 a na základe týchto podkladov bol tento úsek podrobnejšie popísaný. Stručne bol popísaný aj jeden z ľavostranných prítokov Veľkého Rybného potoka - Malý Rybný potok ID 4-30-09-2341 v správe Lesy Slovenskej republiky, š.p. (LSR) s dĺžkou 4,286 km, pričom preteká v 77,58% dĺžky zalesneným územím. Druhý väčší prítok - Jasenovský potok ID 4-30-09-2334, v správe LSR a dĺžkou 4,029 km po dohode s vedúcim bakalárskej práce preskúmaný nebol z dôvodu, že v blízkosti toku sa nachádza rómska osada a zároveň k nemu nie je k nemu dobrá prístupnosť.

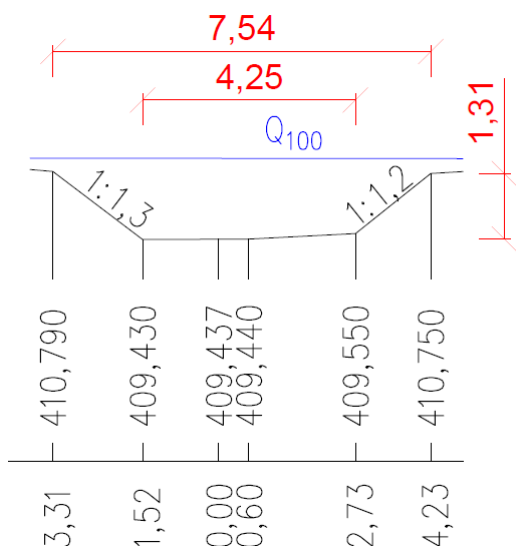
Pre tieto toky je typické striedanie úsekov v hlbokom údolí so strmými svahmi, úsekov v miernejšom údolí s nízkym brehovým porastom príp. lužnými lesmi a úsekmi prevažne na dolnom toku s dobre vyvinutou nivou. V úsekoch pretekajúcich lesnou traťou je viditeľná iba nepatrná erózia samotného koryta a prevažná časť splavenín pochádza z povodia.

4.1 Veľký Rybný potok

r. km 0,000 – 0,330

Tento počiatkový úsek vodného toku preteká intravilánom obce Malcov. Na vodnom toku sú vybudované dve premostenia v r. km 0,220 a r. km 0,330 spájajúce obecné komunikácie nachádzajúce sa súbežne pozdĺž pravého a ľavého brehu toku. Vybudované premostenia výraznejšie neovplyvňujú prúdenie v samotnom toku, pretože ich brehové piliere sú situované mimo koryto vodného toku. Od ústia do Večného potoka po premostenie v r. km 0,330 bola v minulosti zrealizovaná úprava koryta toku. Priečny profil koryta má lichobežníkový tvar s pôvodnou šírkou v dne približne 4,2 m a výškou 1,3 m. Sklony svahov sa v úseku toku menia v rozmedzí od 1:1 – 1:2,5. Zameraný profil koryta je znázornený na Obr. 9. Opevnenie svahov koryta je zatrávením. Keďže po väčšinu roka, sa v koryte toku vyskytujú iba bežné, resp. minimálne prietoky, pričom koryto v dne má značnú šírku (cca 4,2 m), prúdením vody došlo k sústredeniu minimálnych prietokov v osi koryta (šírka

v hladine cca 1,2 – 1,3 m) a vytvorení nánosov v koryte po oboch stranách od osi (Obr. 10). K vytvorení týchto nánosov došlo vplyvom prechodu veľkých vôd počas zvýšených vodných stavov v toku, kedy po ich prechode sa na dne pri päte svahov usadzovali splaveniny transportované z povodia. V dobe prieskumu (máj 2020) bola hĺbka vody cca 15 – 18 cm a odhadovaný prietok asi cca 0,2 m³/s.



Obr. 9 - Zameraný profil s vyznačením dôležitých hodnôt popisujúcich koryto



Obr. 10 - Upravené zatravnené koryto v intraviláne obce

r. km 0,330 – 1,600

V tomto úseku tok postupne prechádza z extravilánu do intravilánu obce. Od miesta v r. km. 1,260, kde sa voda rozlieva, koryto toku ďalej pokračuje v miernom záreze (hĺbka koryta cca 1,2 m), s pomerne hustými brehovými porastmi prevažne vo forme drobných kríkov (Obr. 12). Tesne pred sútokom s Jasenovským potokom koryto postupne získava obdobný charakter ako v intraviláne obce a až po premostenie v r. km 0,330 je prirodzené, neupravené s riedkou sprievodnou vegetáciou po oboch jeho brehoch. Sklon svahov sa v úseku výrazne mení od cca 1:0,5 v intraviláne až po 1:1 v údolí.

r. km 0,570 – do Veľkého Rybného potoka zaústuje jeho ľavostranný prítok - Jasenovský potok (Obr. 11). V dĺžke cca 300 m od sútoku Jasenovský potok prechádza intravilánom obce, resp. okrajovou rómskou osadou, je výrazne znečistený antropogénnym odpadom. V dobe prieskumu nebolo pozorované väčšie množstvo splavenín v tomto toku.



Obr. 11 - Sútok Jasenovského a Veľkého Rybného potoka



Obr. 12 - Koryto v záreze (február 2020)

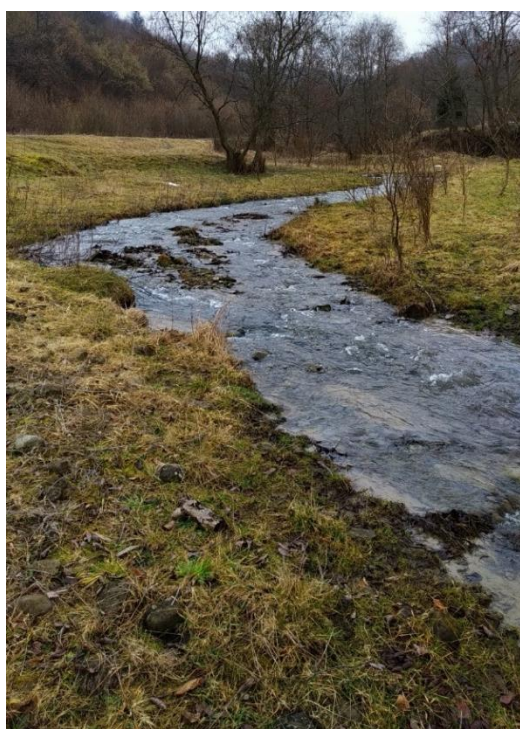
r. km 1,260 – 1,320 je na toku vytvorené miesto, kde sa usadzujú splaveniny transportované z vyšších úsekov. Výrazne sa zmiernuje pozdĺžny sklon toku, voda je v tomto mieste pomerne stojatá a tým nedochádza k ďalšiemu transportu splavenín. Vo februári 2020, v dobe prvého prieskumu, v tomto úseku pritekajúca voda bola zakalená, pričom na odtoku už nevykazovala známky znečistenia. Pri nižších vodných stavoch počas obhliadky v máji 2020 boli na dne pozorované tieto usadeniny vo forme bahna (Obr. 13).



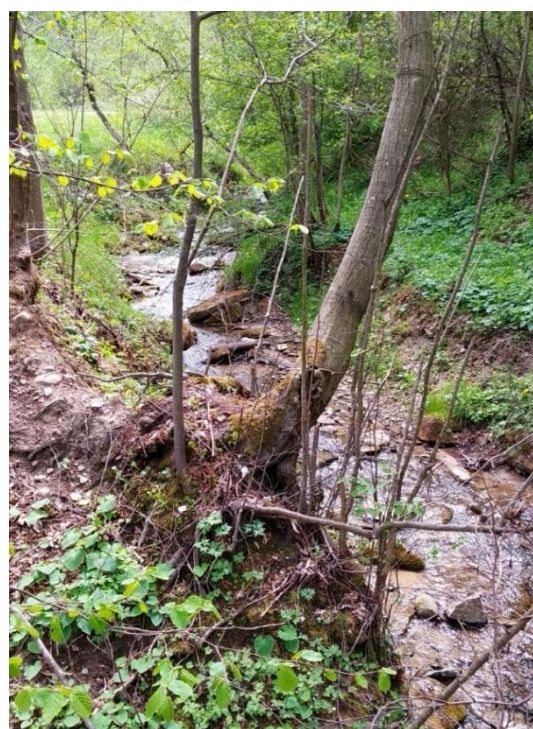
Obr. 13 - Miesto usadzovania splavenín

r. km 1,600 – 2,400

Trasa toku v tomto úseku najprv preteká v dĺžke 400 m priľahlými lúkami s dobre vyvinutou riečnou nivou, s výrazným meandrovaním koryta (Obr. 14). Najmä v konkávných brehoch sú pozorované pomiestne brehové nátrže v päte svahov. Charakteristický je plytký tvar koryta s dobre vyvinutým priečny profilom miskovitého tvaru s premenlivou šírkou v dne 1,2 – 1,4 m. V čase prieskumu (máj 2020) bola pozorovaná hĺbka vody 6 – 8 cm, s priemernou rýchlosťou cca 0,5 m/s a prietokom cca 0,05 m³/s. Od premostenia v r. km 2,000 prechádza do mierneho zárezu s drobnou sprievodnou vegetáciou na brehoch (Obr. 15). Koryto sa mierne rozširuje (šírka v dne cca 2,0 m), svahy sú strmšie so sklonom cca 1:1,5, pričom v niektorých úsekoch je viditeľná erózia brehov. Pri zvýšených prietokoch voda z týchto brehov odnáša voľný materiál a transportuje ho ďalej v toku.



Obr. 14 - Koryto vedené v priľahlých lúkach (február 2020)



Obr. 15 - Koryto vedené v miernom záreze (máj 2020)

r. km 1,580 – 1,640 – v brodovej časti toku je zriadený nespevnený prechod cez vodný tok (Obr. 16), čím sa jeho využívaním dopravnými prostriedkami do koryta dostáva voľný materiál, ktorý sa pri nižších prietokoch usádza na dne, čo výrazne ovplyvňuje prúdenie. Tak isto je viditeľná aj erózia brehov toku spôsobená činnosťou vody a erózia okolitého terénu v podobe pozdĺžnych rýh. Svahy okolitého terénu aj samotného koryta nie sú pokryté takmer žiadnou vegetáciou, voda môže voľne stekať priamo do koryta, pričom vymývaním rýh zvlášť počas privalových dažďov odnáša do koryta ďalší materiál.



Obr. 16 - Nespevnený prechod cez vodný tok

r. km 1,750 – zaústenie bezmenného pravostranného prítoku s pomerne veľkým pozdĺžnym sklonom cca 20%, ktorý v r. km 0,020 križuje miestna cesta s betónovým kruhovým priepustom v zlom technickom stave a čiastočne zarasteným drobným porastom (Obr. 17). Prítok je výrazne zarezaný vo svahu a je viditeľná obojstranná brehová erózia. V dobe prieskumu (máj 2020) bol pozorovaný v jeho koryte minimálny prietok a na dne boli viditeľné piesočnaté usadeniny, ktoré sa pri väčšom prietoku dostávajú do pohybu a sú unášané do hlavného toku (Obr. 18).



Obr. 17 - Kruhový priepust na výtoku pred zaústením bezmenného prítoku do Veľkého Rybného potoka



Obr. 18 - Prítok zarezaný v údolí s viditeľnou eróziou a usadenými splaveninami

r. km 1,850 – za sútokom je vybudovaná kamenná retenčná prehrádzka (Obr. 19). Jej účelom je zachytiť splaveniny, ktoré do toku prináša predovšetkým Malý Rybný potok. Prehrádzka nie je plne funkčná, jej retenčný priestor je zanesený splaveninami, čím voda aj pri bežných prietokoch prepadá cez preliv. Konštrukcia je porastená drobnými kríkmi najmä v prepadovej sekcii, kde je taktiež zachytený aj rôznyi materiál a tým je obmedzená kapacita prepadu. Zo strany správcu toku je potrebné vykonať nutnú údržbu v podobe odťaženia nánosov z retenčného priestoru prehrádzky a jej opätovné sfunkčenie.



Obr. 19 - Retenčná prehrádzka v r. km 1,850 (február 2020)

r. km 1,900 – sútok Veľkého a Malého Rybného potoka. V danom mieste je tok charakteristický plytkým korytom obdĺžnikového resp. miskovitého tvaru, bez súvislej sprievodnej vegetácie. Pri prieskume daného územia bolo zistené, že väčšia časť splavenín pochádza z povodia Malého Rybného potoka. Pri mierne zvýšených vodných stavoch v zimných mesiacoch (Obr. 20a) je Malý Rybný potok silne zanesený splaveninami, čo možno poznať z hnedého zákalu vody. Pri normálnom prietoku v koryte (Obr. 20b) možno pozorovať rozdielnu dnovú štruktúru v oboch tokoch. Kým na Veľkom Rybnom potoku pred sútokom je vidieť usadené hrubšie splaveniny, dno Malého Rybného potoka je zanesené jemnejšími piesočnatými splaveninami, ktoré sa práve pri zvýšených prietokoch transportujú v zákale vody do nižších častí toku.



Obr. 20 - Sútok Veľkého a Malého Rybného potoka v r. km 1,900

a) február 2020

b) máj 2020

r. km 2,400 – 3,000

Tok vystupuje zo zalesneného územia do otvorenejšieho údolia s menšími sklonmi svahov 1:2 miestami až 1:3 a drobnejšími prevažne listnatými porastmi (Obr. 21). Koryto v niektorých úsekoch meandruje, má prevažne plytké koryto, na dne sú usadené hrubšie splaveniny, medzi ktorými sú viditeľné aj jemnejšie piesočnaté splaveniny. Aj v tomto úseku križuje tok v brodových miestach niekoľko menších nespevnených lesných ciest slúžiacich prevažne na zväžanie dreva.

r. km 2,600 – vedľajšia nespevnená lesná cesta, pozdĺž ktorej vedie odvodňovacia priekopa, ktorá bola v dobe prieskumu (máj 2020) bez vody (Obr. 22). Priekopa vyúsťuje kruhovým priepustom priamo do koryta toku. Vtok priepustu je zanesený rôznym materiálom vo výrazne zlom technickom stave. Vzhľadom na nespevnený charakter tejto lesnej cesty sa pri odtoku bude dostávať veľké množstvo splavenín priamo do koryta.



Obr. 21 - Charakteristické koryto v tomto úseku



Obr. 22 - Nespevnená lesná cesta

r. km 3,000 – 5,000

V tomto úseku tok preteká zalesneným územím v záreze údolia, z jednej strany obklopený prudkým svahom v sklone cca 1:1 (Obr. 25). Na dne toku sa miestami vyskytujú usadené jemnejšie prevažne piesčité splaveniny ale aj väčšie kamene. Tieto splaveniny pochádzajú najmä z povodia, keďže v koryte toku nie je viditeľná výrazná erózia. Zároveň tok príberá niekoľko bezmenných prítokov, ktoré sú pomerne strmé, silnejšie erodované, väčšinou iba s nepatrným alebo žiadnym prietokom, no pri výskyte zrážok sú nositeľmi splavenín do hlavného toku.

r. km 3,600 – zaústenie bezmenného pravostranného prítoku, ktorý bezprostredne pred zaústením križuje lesná cesta. V mieste kríženia je vybudovaný kruhový betónový priepust. Pred vtokom do priepustu je na prítoku vybudovaná malá drevená prehrádzka (Obr. 23) na zachytenie väčších splavenín a plavenín aby nedochádzalo k zanášaniam vtoku premostenia. Výtok premostenia je realizovaný cez dva kruhové priepusty umiestené nad sebou (Obr. 24) s cieľom prekonať výškový rozdiel medzi premostením a ústím prítoku do Veľkého Rybného potoka.



Obr. 23 - Drevená prehrádzka pred vtokom



Obr. 24 - Dvojitý výtokový objekt

r. km 4,100 – tok križuje lesná cesta, premostenie je realizované rámovým priepustom (Obr. 26). V úseku dĺžky cca 8 m pred a za priepustom je upravené dno koryta betónovými panelmi so šírkou 2 m (Obr. 25).



Obr. 25 - Spevnené dno koryta



Obr. 26 - Rámový priepust na výtoku

r. km 4,300 – zaústenie bezmenného ľavostranného prítoku s priemerným pozdĺžnym sklonom 20%, ktorý ako väčšina prítokov bezprostredne pred zaústením križuje lesná cesta. V mieste križenia je vybudovaný rámový priepust. Vtoková časť premostenia nebola viditeľná, pravdepodobne došlo k úplnému zahlteniu splaveným materiálom.

r. km 4,500 – zaústenie najväčšieho bezmenného ľavostranného prítoku tohto úseku s priemerným pozdĺžnym sklonom 16%. Prítok križuje miestna cesta, premostenie je tvorené kamenným kruhovým priepustom. Na tomto prítoku je viditeľná mierna erózia brehov (Obr. 27) a v dobe prieskumu bol prítok porovnateľný s prítokom vo Veľkom Rybnom potoku v mieste zaústenia. Popri prítoku viedla výrazne nespevnená lesná cesta, ktorá v čase výskytu zrážok môže byť zdrojom splavenín transportovaných do hlavného toku.



Obr. 27 - Prítok pred vtokovou časťou premostenia s miernou eróziou pravého brehu

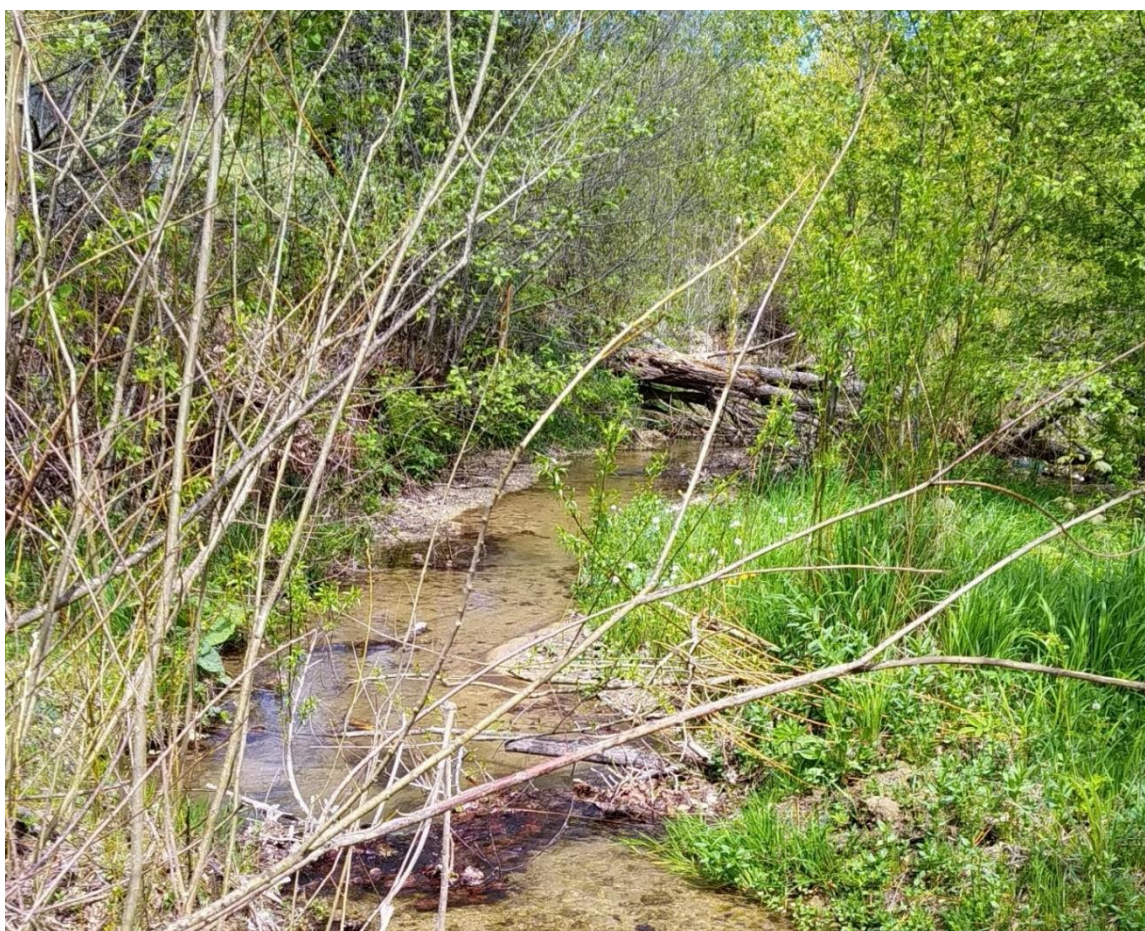
r. km 5,000 – 6,100 (prameň)

Veľký Rybný potok pramení pod vrchom Jaseňov v nadmorskej výške cca 850 m n. m. Jedná sa o pramennú oblasť, kde sa zbíha množstvo malých bezmenných prítokov z okolitých svahov, ktoré majú veľké pozdĺžne sklony okolo 26%. Pri takomto veľkom pozdĺžnom sklone, vyšších vodných stavoch a tým aj väčšej rýchlosti prúdenia sa splaveniny v tomto úseku nebudú usádzať, ale budú ďalej transportované.

4.2 Malý Rybný potok

r. km 0,000 – 0,700

Od premostenia v r. km 0,700 koryto toku preteká oblasťou so zachovaným pôvodným lužným lesom (Obr. 28). Dno koryta až po ústie do Veľkého Rybného potoka je výrazne pokryté usadenými piesočnatými splaveninami, ktoré sa pri zvýšených prietokoch dostávajú do pohybu. Malý Rybný potok sa vo väčšej miere podieľa na množstve splavenín transportovaných do nižších úsekov Veľkého Rybného potoka (Obr. 20). Približne v r. km 0,500 - 0,250 tok preteká chatovou oblasťou, kde je koryto na viacerých miestach poznačené ľudskou činnosťou.



Obr. 28 - Potočná trať typické pre tento úsek

r. km 0,400 – úprava okolitého terénu pre lepšiu prístupnosť k súkromným pozemkom. Odťažená zemina sa dostáva do vodného toku (Obr. 29). Koryto toku križuje drobné premostenie realizované pomocou betónových panelov uložených na brehoch koryta. Premostenie je v zlom technickom stave a pri jeho využívaní sa materiál zosúva do koryta (Obr. 30).



Obr. 29 - Zosuv zeminy do koryta

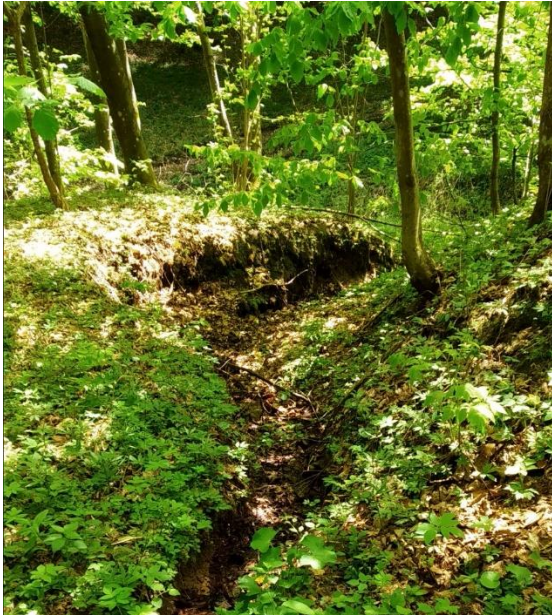


Obr. 30 - Nespevnené premostenie cez koryto

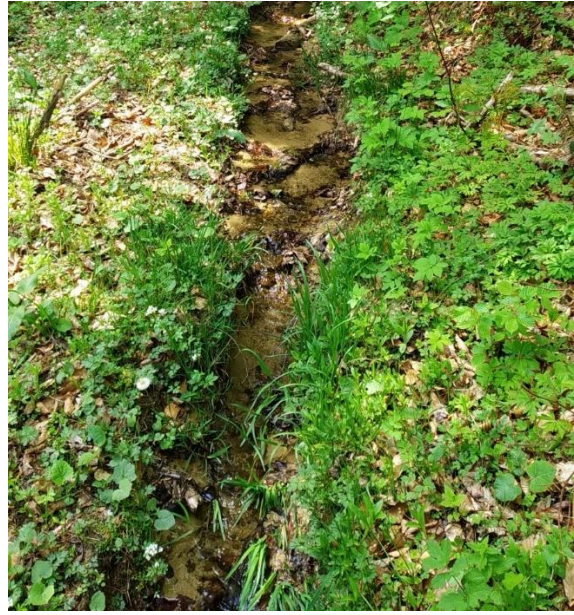
r. km 0,700 – r. km 4,000

V tomto úseku tok v celej dĺžke preteká zalesneným územím a následne po krížení s miestnou cestou vstupuje do oblasti lužného lesu. V r. km 2,300 sa koryto toku prudko zatáča na východ a cca po 300 m sa orientuje späť na sever a týmto smerom tečie až po koniec úseku. V hornom úseku je koryto zarezané v údolí obklopené svahmi v sklonoch cca 1:1 a strmších, postupne sa údolie viac otvára so sklonmi cca 1:1,5 – 1:2. Pri prieskume nebola pozorovaná erózia samotného koryta ale na viacerých miestach bola viditeľná erózia okolitých svahov. Koryto priberá aj niekoľko menších bezmenných prítokov, ktoré pritekajú z okolitých svahov s pozdĺžnymi sklonmi pohybujúcimi sa v rozpätí 20-30%. V dobe prieskumu (máj) mali tieto prítoky minimálne prietoky, boli výrazne erodované, takže v dobe väčších vôd prinášajú do koryta množstvo materiálu (Obr. 31).

r. km 0,800 – zaústenie najväčšieho bezmenného ľavostranného prítoku. Pred ústím do Malého Rybného potoka dochádza ku kríženiu s lesnou cestou. Premostenie je realizované kruhovým priepustom. Na dne je viditeľné veľké množstvo usadených piesočnatých splavenín (Obr. 32), ktoré sa pri vyšších prietokoch dostávajú do pohybu a transportujú sa do koryta Malého Rybného potoka.



Obr. 31 - Menší prítok s viditeľnou eróziou brehov



Obr. 32 - Prítok v r. km 0,800, na dne usadené splaveniny

r. km 1,000 – erózia pravého brehu v podobe pozdĺžnych rýh smerujúcich priamo do koryta toku (Obr. 33). V dobe výskytu intenzívnych zrážok voda so svahov cez tieto ryhy steká priamo do koryta a nesie so sebou voľný materiál.



Obr. 33 - Ryhy na svahu prechádzajúce cez vodný tok

r. km 4,000 – prameň (r. km 4,400)

Malý Rybný potok pramení pod vrchmi Pálenica a Rohaľanka v nadmorskej výške cca 910 m n. m. Pramenná oblasť, v ktorej sa formuje koryto sútokom viacerých menších bezmenných prítokov s pozdĺžnymi sklonmi až takmer 50%.

5. Výpočet splaveninového režimu pre dané povodie

Pre výpočet množstva splavenín vzniknutých v povodí boli použité vzťahy z kapitoly 2.3 „Výpočet splaveninového režimu“. Vstupné údaje boli získané približným meraním z ortofotomapy, z 3D mapy terénu, z vodohospodárskej mapy v mierke 1:50 000 ale predovšetkým odborným odhadom pri terénnom prieskume povodia. Vzhľadom na tieto skutočnosti sú všetky výpočty iba orientačné a nezohľadňujú skutočné podmienky v záujmovom území.

5.1 Produkcia splavenín v povodí

Záujmové územie sa rozprestiera v dvoch klimatických oblastiach – chladnej, resp. mierne teplej. Každá oblasť sa vyznačuje inými charakteristikami, ktoré vstupujú do výpočtu a z tohto dôvodu bol výpočet priemernej ročnej produkcie splavenín rozdelený na dve čiastkové územia.

Tabuľka 5 - Faktor eróznej ohrozenosti – vid'. kap. 2.3.1

Mierne teplá oblasť				Chladná oblasť							
H_{max} =	705	m n. m.	K_v =	0.3	-	H_{max} =	996	m n. m.	K_v =	0.25	-
H_{min} =	410	m n. m.	K_p =	0.65	-	H_{min} =	515	m n. m.	K_p =	0.65	-
dH =	295	m	K_E =	0.5	-	dH =	481	m	K_E =	0.5	-
F =	6.6	km ²				F =	7.7	km ²			
i_p =	11.48	%				i_p =	17.33	%			
Z =	0.164	-				Z =	0.149	-			

Tabuľka 6 - Ročná produkcia splavenín - vid'. kap. 2.3.2

Mierne teplá oblasť			Chladná oblasť		
t =	7.1	°C	t =	4	°C
Ha =	650	mm	Ha =	800	mm
K_t =	0.285	-	K_t =	0.224	-
W_s =	253.64	m ³ /rok	W_s =	248.52	m ³ /rok

Tabuľka 7 - Redukcia objemu splavenín - vid'. kap. 2.3.3

Mierne teplá oblasť				Chladná oblasť							
dH _s =	0.148	km	k _R =	0.325	-	dH _s =	0.241	km	k _R =	0.336	-
L _p =	6.8	km	k _S =	0.15	-	L _p =	7.7	km	k _S =	0.15	-
O =	12.64	km				O =	9.2	km			
W _R =	82.46	m³/rok				W _R =	83.54	m³/rok			
W _{SPL} =	70.09	m³/rok				W _{SPL} =	71.01	m³/rok			

Celkové množstvo vzniknutých splavenín ako aj množstvo splavenín, ktoré sa transportuje do uzáverového profilu po redukcii o splaveniny, ktoré sa uložia vo vodopisnej sieti a o splaveniny, ktoré sa pohybujú v zákale vody získame súčtom hodnôt vypočítaných pre jednotlivé oblasti. V rámci výpočtu pre mierne teplú oblasť je zohľadnená aj produkcia splavenín v čiastkovom povodí Jasenovského potoka.

Tabuľka 8 - Priemerná ročná produkcia splavenín v celom povodí

W _s =	502.16	m³/rok
W _R =	166.00	m³/rok
W _{SPL} =	141.10	m³/rok

5.2 Začiatok pohybu splavenín v povodí

Pre výpočet začiatku pohybu splavenín bolo potrebné zistiť veľkosť smerodajného zrna. Tá bola stanovená na základe prieskumu terénu, odberu vzorky splaveninovej zmesi z toku a následným približným odhadom v rozmedzí 7 – 9 mm. Pre hustotu splavenín ρ_m bola použitá hodnota 2,55 t/m³, čo je tabuľková hodnota pre pieskovcové flyše.

Tabuľka 9 - Výpočet tangenciálneho napätia a medznej rýchlosti vody

ρ_m =	2.55	t/m ³
ρ =	1.00	t/m ³
d _m =	8	mm
T _K =	9.24	kPa
v _m =	3.04	m/s

5.3 Stupeň nasýtenia vodného prúdu splaveninami v povodí

V dobe prieskumu povodia bola priemerná rýchlosť v koryte vodných tokov cca 0,5 m/s.

Táto hodnota je menšia ako je medzná rýchlosť splavenín t. j. pomer v_m/v zo vzorca 2.13 (vid' kapitola 2.3.5) je väčší ako 1, z čoho vyplýva, že vodný prúd nie je schopný uviesť splaveniny do pohybu. Pri priemernej rýchlosti prúdenia vody pri prietoku Q_{100} cca 4,5 – 5,5 m/s je pomer v_m/v menší ako 1, t. j. vodný prúd transportuje splaveniny a je schopný priberať ďalšie množstvo až pokiaľ nedôjde k vyrovnaniu rýchlosti a teda k úplnému nasýteniu vodného prúdu splaveninami.

Tabuľka 10 - Stupeň nasýtenia vodného prúdu splaveninami

$v =$	0.50	m/s
$v_{100} =$	5.00	m/s
$v_m =$	3.04	m/s
$v_m/v =$	6.08	-
$v_m/v_{100} =$	0.61	-

5.4 Tvorba a transport splavenín pri Q_{100} vo výpočtových profiloch

Súčasťou štúdie je aj výpočet splaveninového režimu pri prietoku Q_{100} , pre ktorého potreby boli žiadané hydrologické údaje od SHMÚ. Údaje boli získané pre profil v tesnej blízkosti ústia Veľkého Rybného potoka do Večného potoka. Konkrétne hodnoty veľkých vôd Q_n sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Tok: Veľký Rybný potok

Profil: Malcov

Hydrologické číslo: 4-30-09-013

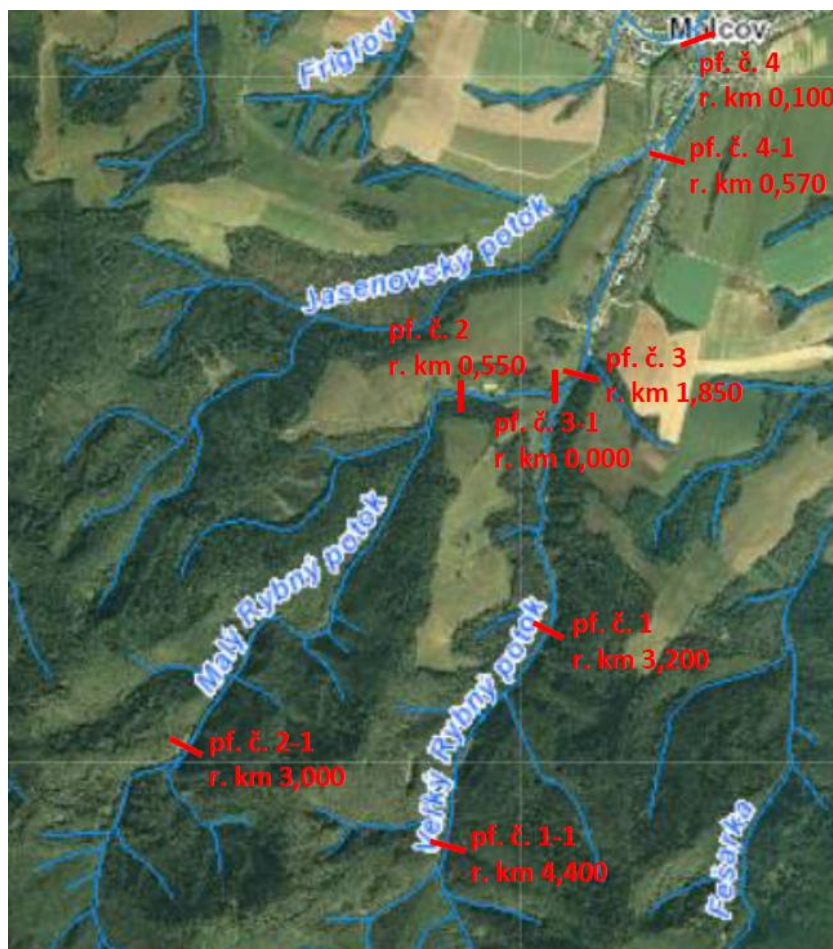
Plocha povodia: 14,3 km²

st. v km: 0,1

Tabuľka 11 – Hodnoty n-ročných prietokov (SHMÚ)

1	5	10	20	50	100	rokov
7	19	27	35	48	60	m ³ .s ⁻¹

Hodnoty veľkých vôd Q_n pre ďalšie výpočtové profily (Obr.34) sa mi nepodarilo získať, preto boli dopočítané pomocou znalostí čiastkových povodí k týmto profilom. Tieto výpočtové profily boli zvolené v miestach, kde sú navrhnuté prehrádzky aby následným výpočtom bolo možné určiť veľkosť retenčného priestoru jednotlivých prehrádzok. Tento výpočet v rámci štúdie uskutočnený nebol.



Obr. 34 - Výpočtové profily pre objem splavenín transportovaných pri prietoku Q_{100} [13]

5.4.1 Výpočet Q_{100} pre čiastkové povodia

Pre výpočet bol použitý Dubov vzorec, ktorý vychádza z morfológických a regionálnych charakteristík povodia: [12]

$$Q_{max} = A * S_p^{(1-n)} \quad (5.1)$$

$$A = \frac{Q_{100}}{S_{p,100}^{(1-n)}} \quad (5.2)$$

Q_{max} – storočný prietok pre čiastkové povodia (m^3/s)

A, n – koeficienty závislé na klimaticko-geografickej charakteristike oblasti (Tabuľka 12)

S_p – plocha čiastkového povodia (km^2)

Q_{100} – storočný prietok v profile v r. km 0,1

$S_{p,100}$ – celková plocha povodia (km^2)

Tabuľka 12 – Hodnoty koeficientov A a n [12]

	Povodí	A	n
1.	Toky z horského flyšového pásma: Váh, Ondava, Laborec, Uh	17.6 – 15.0	0.443 – 0.5
2.	Horské toky z oblastí průměrně propustných, pokud netvoří rozsáhle inundace (Poprad, přítoky Váhu, Hron, Ipeľ Nitra, Hornád)	10.0 – 5.0	0.494
3.	Dolní tratě silně inundačních toků a jejich přítoky (přítoky Moravy a Dudváhu, Dolní Nitra a přítoky Slané, Bodva)	4 – 2 většinou 2.3	0.364 – 0.4
4.	Rovinné toky s nedostatečně vyvinutým korytem, kde průtok velkých vod je většinou v inundaci (Černá voda, dolní přítok Dudváhu, malé přítoky Moravy a dolní Nitry)	1.5 – 1.0	0.364

Na základe dát od SHMÚ pre záverečný profil v r. km 0,100 pred ústím do Večného potoka a stanovením koeficientu n podľa Tabuľky 12, bol dopočítaný koeficient A. Ten bol následne použitý pre prepočet Q_{100} v ostatných profiloch.

$$Q_{100} = 60.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S_{p,100} = 14.304 \text{ km}^2$$

$$n = 0.47 \text{ -}$$

$$A = 14.65 \text{ -}$$

Tabuľka 13 – Výpočet Q_{100} pre jednotlivé výpočtové profily

tok	priečny profil	r. km	S_p (km²)	Q_{100} (m³/s)	v (m/s)
Veľ. Ryb. potok	1	3.200 - 4.400	4.33	31.85	4.64
Veľ. Ryb. potok	1-1	4.400 - 6.150	2.76	25.09	4.86
Mal. Ryb. potok	2	0.550 - 3.000	4.03	30.66	5.21
Mal. Ryb. potok	2-1	3.000 - 4.440	1.56	18.54	7.04
Veľ. Ryb. potok	3	1.850 - 3.200	5.47	36.05	4.69
Mal. Ryb. potok	3-1	0.000 - 0,550	4.24	31.50	4.53
Veľký Rybný potok v ústi	4	0.100 - 0.570	14.3	60.0	4.58
Veľ. Ryb. potok	4-1	0.570 - 1.850	10.66	51.34	4.49

5.4.2 Výpočet objemu splavenín vo výpočtových profiloch

Pre tento výpočet bolo potrebné stanoviť rýchlosť prúdenia v koryte pri Q_{100} ročnej vode. Pre jednotlivé výpočtové profily boli vypočítané konzumčné krivky. Konzumčná krivka graficky vyjadruje funkčnú závislosť medzi prietokom a výškou hladiny v koryte $Q=f(h)$. Tento výpočet bol prevedený iba orientačne a to z dôvodu, že pre dané profily neexistuje presné geodetické zameranie. Tvar priečných profilov bol vykreslený na základe jednoduchého merania v teréne a odborného odhadu. Výpočet konzumčnej krivky bol uskutočnený pomocou základnej Chézyho rovnice, pre ktorého potreby boli stanovené aj základne hydraulické charakteristiky pre korytá a to je pozdĺžny sklon „i“ a drsnosť „n“.

Pre stanovenie výsledného množstva dopravených splavenín do sledovaných profilov pri prietoku Q_{100} , bolo potrebné zistiť množstvo splavenín, ktoré sa pohybujú v suspenzii a množstvo splavenín, ktoré v priebehu transportu sedimentujú v inundačnom území pozdĺž toku. Odhadom bolo stanovené, že približne 25% z transportovaných splavenín sa pohybuje v suspenzii a cca 18% sa usádza v území. Výpočet množstva splavenín pre každý profil bol rozdelený na čiastočné výpočty pre menšie úseky, kde bolo možné presnejšie stanoviť vstupné údaje a tým dosiahnuť aj presnejšie výsledky. Výsledné množstvo dopravených splavenín do sledovaných profilov sa získa súčtom čiastkových množstiev vypočítaných pre menšie úseky.

Veľký Rybný potok – priečný profil č. 1 (r km. 3,200)

Tabuľka 14 – Výpočet objemu splavenín pre čiastkové úseky profilu č. 1

Úsek 1 (r. km 3,200 - 4,400)				Úsek 1-1 (r. km 4,400 - 6,100)			
$L_{OS} =$	0.76 km	$v_S =$	0.16 m/s	$L_{OS} =$	0.69 km	$v_S =$	0.18 m/s
$L_{OT} =$	1.2 km	$v_T =$	4.64 m/s	$L_{OT} =$	1.75 km	$v_T =$	4.86 m/s
$Q_{100} =$	31.8 m ³ /s	$m =$	0.52 -	$Q_{100} =$	25.1 m ³ /s	$m =$	0.52 -
$\rho_s =$	2.1 t/m ³	$n =$	0.33 -	$\rho_s =$	2.1 t/m ³	$n =$	0.33 -
$Q_{SPL} =$	5.205 m³/s			$Q_{SPL} =$	4.100 m³/s		
$t_D =$	5 009 s			$t_D =$	4 193 s		
	83.5 min				69.9 min		
$t_{SPL} =$	3 306 s			$t_{SPL} =$	2 767 s		
$W =$	17 206 m³	$W_{SUS} =$	4 302 m³	$W =$	11 346 m³	$W_{SUS} =$	2 837 m³
$W_{S100} =$	9 808 m³	$W_{SED} =$	3 097 m³	$W_{S100} =$	6 467 m³	$W_{SED} =$	2 042 m³

Tabuľka 15 – Celkový objem splavenín v priečnom profile č. 1

W =	28 552 m³	W_{SUS} =	7 138 m³
W_{S100} =	16 275 m³	W_{SED} =	5 139 m³

Malý Rybný potok - priečný profil č. 2 (r km. 0,550)

Tabuľka 16 – Výpočet objemu splavenín pre čiastkové úseky profilu č. 2

Úsek 2 (r. km 0,550 - 3,000)				Úsek 2-1 (r. km 3,000 - 4,440)			
L _{OS} =	1.05 km	v _S =	0.16 m/s	L _{OS} =	1.04 km	v _S =	0.18 m/s
L _{OT} =	2.45 km	v _T =	5.21 m/s	L _{OT} =	1.4 km	v _T =	7.04 m/s
Q ₁₀₀ =	30.7 m ³ /s	m =	0.52 -	Q ₁₀₀ =	18.5 m ³ /s	m =	0.52 -
ρ _s =	2.1 t/m ³	n =	0.33 -	ρ _s =	2.1 t/m ³	n =	0.33 -
Q_{SPL} =	5.011 m³/s			Q_{SPL} =	3.030 m³/s		
t_D =	7 032 s			t_D =	5 977 s		
	117.2 min				99.6 min		
t_{SPL} =	4 641 s			t_{SPL} =	3 945 s		
W =	23 256 m³	W_{SUS} =	5 814 m³	W =	11 952 m³	W_{SUS} =	2 988 m³
W_{S100} =	13 256 m³	W_{SED} =	4 186 m³	W_{S100} =	6 813 m³	W_{SED} =	2 151 m³

Tabuľka 17 – Celkový objem splavenín v priečnom profile č. 2

W =	35 209 m³	W_{SUS} =	8 802 m³
W_{S100} =	20 069 m³	W_{SED} =	6 338 m³

Veľ. + Mal. Rybný potok - priečný profil č. 3 (r. km 1,850)

Tabuľka 18 – Výpočet objemu splavenín pre čiastkové úseky profilu č. 3

Úsek 3 (r. km 1,850 - 3,200)				Úsek 3-1 (r. km 0,000 - 0,550)			
L _{OS} =	0.72 km	v _S =	0.14 m/s	L _{OS} =	0.41 km	v _S =	0.14 m/s
L _{OT} =	1.35 km	v _T =	4.69 m/s	L _{OT} =	0.55 km	v _T =	4.53 m/s
Q ₁₀₀ =	36.0 m ³ /s	m =	0.54 -	Q ₁₀₀ =	31.5 m ³ /s	m =	0.54 -
ρ _s =	2.1 t/m ³	n =	0.26 -	ρ _s =	2.1 t/m ³	n =	0.26 -
Q_{SPL} =	4.820 m³/s			Q_{SPL} =	4.212 m³/s		
t_D =	5 431 s			t_D =	3 050 s		
	90.5 min				50.8 min		
t_{SPL} =	3 584 s			t_{SPL} =	2 013 s		
W =	17 278 m³	W_{SUS} =	4 319 m³	W =	8 478 m³	W_{SUS} =	2 119 m³
W_{S100} =	9 848 m³	W_{SED} =	3 110 m³	W_{S100} =	4 832 m³	W_{SED} =	1 526 m³

Tabuľka 19 – Celkový objem splavenín v priečnom profile č. 3

W =	25 755 m³	W_{SUS} =	6 439 m³
W_{S100} =	14 681 m³	W_{SED} =	4 636 m³

Veľký Rybný potok v ústi - priečný profil č. 4 (r. km 0,100)

Tabuľka 20 – Výpočet objemu splavenín pre čiastkové úseky profilu č. 4

Úsek 4 (r. km 0,100 - 0,570)				Úsek 4-1 (r. km 0,570 - 1,850)			
L _{OS} =	0.34 km	v _S =	0.14 m/s	L _{OS} =	0.76 km	v _S =	0.14 m/s
L _{OT} =	0.47 km	v _T =	4.58 m/s	L _{OT} =	1.28 km	v _T =	4.49 m/s
Q ₁₀₀ =	60.0 m ³ /s	m =	0.54 -	Q ₁₀₀ =	51.3 m ³ /s	m =	0.54 -
ρ _s =	2.1 t/m ³	n =	0.26 -	ρ _s =	2.1 t/m ³	n =	0.26 -
Q_{SPL} =	8.023 m³/s			Q_{SPL} =	6.865 m³/s		
t_D =	2 531 s			t_D =	5 714 s		
	42.2 min				95.2 min		
t_{SPL} =	1 671 s			t_{SPL} =	3 771 s		
W =	13 402 m³	W_{SUS} =	3 351 m³	W =	25 890 m³	W_{SUS} =	6 472 m³
W_{S100} =	7 639 m³	W_{SED} =	2 412 m³	W_{S100} =	14 757 m³	W_{SED} =	4 660 m³

Tabuľka 21 – Celkový objem splavenín v priečnom profile č. 4

W =	39 292 m³	W_{SUS} =	9 823 m³
W_{S100} =	22 396 m³	W_{SED} =	7 073 m³

6. Návrh opatrení v povodí

V tejto kapitole bude riešené zachytenie splavenín, ktoré vznikajú v horných častiach Veľkého ale predovšetkým Malého Rybného potoka, eróziou svahov a zmývaním uvoľneného materiálu do koryt potokov. Veľký aj Malý Rybný potok sú horské toky, ktoré majú v týchto horných úsekoch veľké pozdĺžne sklony a tak sa materiál nesený vodným prúdom začína ukladať až na miestach, kde klesne rýchlosť prúdenia a tým aj schopnosť vody unášať splaveniny. Z pravidla to býva v miestach, kde tok vstupuje do otvorenejšieho údolia, koryto sa rozširuje a znižuje sa pozdĺžny sklon nivelety dna. Najúčinnjším opatrením na zníženie transportovaných splavenín je zahradzovanie týchto horných úsekov tokov a ich prítokov.

Na dolných úsekoch tokov, kde je už podstatne nižší pozdĺžny sklon dochádza k usadzovaniu splavenín, postupne sa zvyšuje dno koryta, t.j. dochádza k zanášaniam prietokového profilu koryta tokov a pri prechode veľkých vôd kapacita koryta nemusí postačovať na ich odvedenie, následkom čoho môže byť zaplavené priľahlé územie. Na týchto pomerne rovinných úsekoch je potrebné pri návrhu úpravy toku stanoviť taký optimálny pozdĺžny sklon a priečny profil koryta, aby sa dosiahol rovnomerne udržiavaný postup splavenín, a to aj pri rôznych prietokoch.

6.1 Prehrádzky

Medzi charakteristické objekty zahradzovacích úprav tokov patria prehrádzky. Prehrádzky sú charakteristické tým, že majú prelivnú hranu nad úroveň dna bystriny, čím majú vytvorený retenčný priestor. Tieto priečne objekty budované v korytách bystrín znižujú pozdĺžny sklon a tým aj prietokovú rýchlosť v koryte toku, čím sa znižuje unášacia schopnosť vody niesť splaveniny. Tie sa akumulujú v danom retenčnom priestore prehrádzky, ktorý je potrebné po určitom čase vyťažiť (obzvlášť po prechode veľkých vôd) aby prehrádzka znovu plnila svoju funkciu. [3]

Prehrádzky v koryte bystriny majú dve hlavné funkcie, podľa ktorých sa delia na: [3]

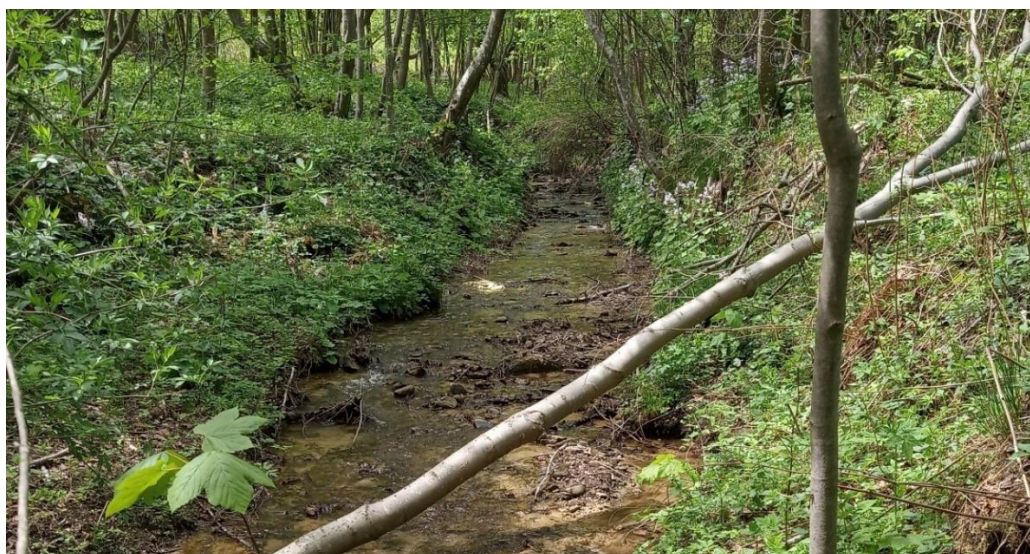
- a) *prehrádzky konsolidačné* - ustávajú koryto bystriny, zabraňujú vymieľacej činnosti vody, zachytávajú splaveniny, zaisťujú svahy úbočí a bočných sutinových kužeľov pred podmieľaním
- b) *prehrádzky retenčné* - zachytávajú splaveniny v horných úsekoch toku, zabraňujú transportu splavenín do dolných úsekov toku, príp. okolitého územia

V rámci mojej štúdie bol zvolený návrh retenčných prehrádzok na dolnom úseku Malého Rybného potoka a na hornom úseku Veľkého Rybného potoka s cieľom zastaviť intenzívny pohyb splavenín na týchto tokoch a tým zabrániť škodlivým účinkom ich ďalšieho transportu postupne až do tokov vyšších rádoov.

6.1.1 Umiestnenie prehrádzok

Pred konkrétnym návrhom bol uskutočnený prieskum terénu s vytipovaním vhodných úsekov pre založenie prehrádzok. Posudzovaný bol priečny profil koryta a okolitý terén tak, aby bolo možné založenie prehrádzky. Zvolené profily sú dobre prístupné aj pre stavebnú techniku. V celom povodí je v súbehu s vodnými tokmi vedená lesná cesta priamo z obce Malcov. K samotnému prístupu z lesnej cesty priamo až k profilom prehrádzok bude v rámci výstavby nutné zriadiť prístupovú komunikáciu so spevneným povrchom. Zároveň bude táto komunikácia slúžiť aj pre pravidelnú údržbu prehrádzok.

Ako najvhodnejší profil pre vybudovanie prehrádzky na Malom Rybnom potoku, bol zvolený profil v dolnej časti toku v r. km 0,550, pod zaústením bezmenného ľavostranného prítoku (Obr. 35). Tento profil bol zvolený z dôvodu, že väčšia časť splavenín pochádza z horných úsekov tokov čiastkového povodia Malého Rybného potoka a tak vybudovaním prehrádzky v tomto profile toku dôjde k ich zachyteniu a tým sa obmedzí prísun splavenín do Veľkého Rybného potoka. Prehrádzka v tomto profile zabezpečí aj čiastočnú transformáciu povodňovej vlny v prípade zvýšených vodných stavov a tým prispeje k ochrane chatovej oblasti pred povodňami.



Obr. 35 – Profil pre založenie prehrádzky na Malom Rybnom potoku v r. km. 0,550

Druhý profil pre návrh prehrádzky bol zvolený na hornom úseku Veľké Rybného potoka v r. km 3,200 (Obr. 36). Prehrádzka vybudovaná v tomto profile bude primárne zachytávať splaveniny vzniknuté v najstrmších úsekoch Veľkého Rybného potoka, čím sa zníži množstvo transportovaných splavenín do úseku priľahlých lúk s dobre vyvinutou riečnou nivou, kde sa splaveniny môžu ľahko usádzať v priľahlom inundačnom území.



Obr. 36 – Profil pre založenie prehrádzky na Veľkom Rybnom potoku v r km. 3,200

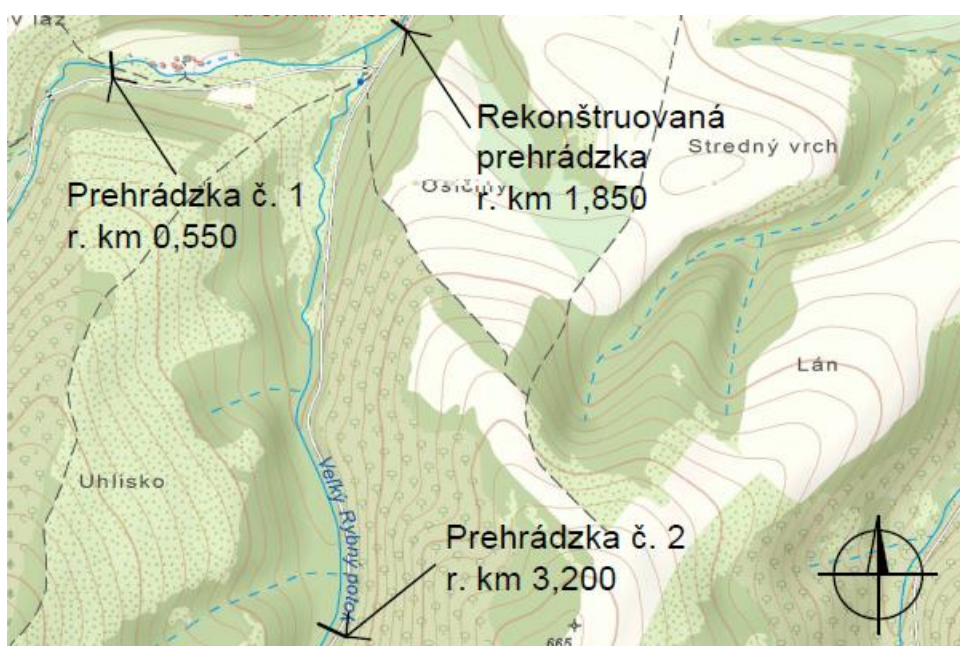
6.1.2 Technický návrh prehrádzok

Retenčné prehrádzky v oboch profiloch vodných tokov sú navrhnuté ako zrubové a to z dôvodu dobrej dostupnosti drevených materiálov v tejto lokalite a taktiež budú prispievať k zachovaniu ekologického rázu a prírodného charakteru oblasti. Vzhľadom na typ použitého materiálu, ktorého životnosť je oproti iným materiálom nižšia, bude potrebné vykonávať pravidelnú kontrolu a údržbu vybudovaných prehrádzok.

Teleso prehrádzky je zrubové, z guľatiny priemeru 30 cm, uložených horizontálne na seba v dvoch radoch, spojené klieštinami a kovovými skobami. Medzistenový priestor bude vyplnený kamenivom fr. 63-120 mm. Teleso prehrádzky s celkovou výškou 2,7 m bude zviazané do rastlého terénu minimálne 1,0 m. Prepadová sekcia je navrhnutá v tvare lichobežníka so sklonmi svahov 1:1, šírkou prepadovej hrany 5 m a výškou prepadu 0,6 m tak, aby kapacitne previedla prietok Q_{100} . Pre odvádzanie bežných prietokov sú v prehrádzke navrhnuté štyri otvory s rozmermi 300 x 300 mm. Nakoľko ide o podobný charakter oboch zvolených priečných profilov, tieto technické parametre sú zhodné pre obe navrhnuté prehrádzky.

Prehrádzky sú navrhnuté ako retenčné, t.j. ich primárnym cieľom je zachytávanie splavenín vzniknutých v horných úsekoch oboch potokov v navrhnutom retenčnom priestore pred prehrádzkou. Po určitom čase však dôjde k zaneseniu retenčného priestoru, preto bude potrebné tento priestor pravidelne čistiť, obzvlášť po prechode veľkých vôd. Na základe prieskumu terénu, odhadnutého pozdĺžneho sklonu koryta, priečneho profilu koryta v úsekoch pred prehrádzkami a navrhutej výšky telesa prehrádzky boli vypočítané približné veľkosti retenčných priestorov jednotlivých prehrádzok. Po vybudovaní prehrádzky č. 1 na Malom Rybnom potoku v r. km 0,550 získame objem retenčného priestoru cca 84 m³ a pre prehrádzku č.2 vybudovanú na Veľkom Rybnom potoku v r. km 3,200 je veľkosť retenčného priestoru cca 110 m³.

Umiestnenie prehrádzok v jednotlivých profiloch je znázornené na Obr. 37. Vzorová schéma navrhutej zrubovej prehrádzky pre profily na Veľkom Rybnom potoku v r. km 3,200 a na Malom Rybnom potoku v r. km 0,550 je znázornená v Prílohe č. 2.



Obr. 37 – Umiestnenie prehrádzok v jednotlivých profiloch na tokoch

6.1.3 Úprava koryta pod prehrádzkou

Koryto pod prehrádzkou bude upravované v dvoch úsekoch, ktorých dĺžky neboli presne určené. Tieto dĺžky závisia na dĺžke dopadu vodného lúča, kde je potrebné tlmenie kinetickej energie dopadajúcej vody a na dĺžke úseku nerovnomerného prúdenia. Výpočet týchto dĺžok v rámci tejto štúdie nebol uskutočnený.

Priečny profil koryta v úseku bezprostredne pod prehrádzkou, kde je potrebné tlmenie kinetickej energie prepadajúcej vody je navrhnutý v tvare lichobežníka so šírkou v dne 3 m a sklonmi svahov 1:1,5. Dno je spevnené lomovým kameňom s hmotnosťou 200 - 500 kg ukladaným na stojato s vyklíňovaním menšími kameňmi. Na opevnenie svahov je navrhnutá kamenná rovnanina s hmotnosťou do 200 kg uložená na sucho do štrkového lôžka s vyškárovaním. Päty svahov koryta sú stabilizované nahádzkou z lomového kameňa strednej veľkosti s hmotnosťou 200 – 500 kg, ktorá zaisťuje stabilitu brehového opevnenia. Tento úsek je ukončený kamenným protiprahom.

V úseku nerovnomerného prúdenia pod prehrádzkou (za kamenným prahom) sú dno aj brehy opevnené kamennou rovnaninou s hmotnosťou 200 - 500 kg uloženou na sucho do štrkového lôžka s vyškárovaním. Päty svahov koryta sú stabilizované nahádzkou z lomového kameňa strednej veľkosti s hmotnosťou 200 – 500 kg. Úsek je ukončený stabilizačným prahom z drevených brvien s priemerom 15 cm. Za prahom a taktiež v úseku nad prehrádzkou je dno stabilizované kamennou rovnaninou v dĺžke cca 2 m. Úprava koryta bude v potrebnej dĺžke plynule napojená na pôvodné koryto.

6.1.4 Rekonštrukcia existujúcej prehrádzky

Ako jedno z opatrení na zmiernenie pohybu splavenín je aj rekonštrukcia už existujúcej prehrádzky na Veľkom Rybnom potoku vybudovanej v r. km 1,850 (Obr. 19), ktorej retenčný priestor je zanesený splaveninami a prepádová sekcia rôznym naplaveným materiálom, čím je obmedzená jej pôvodne naprojektovaná kapacita. Súčasťou rekonštrukcie preto bude aj vyčistenie usadených splavenín v jej retenčnom priestore, ktorý je výrazne zanesený, čím voda aj pri bežných prietokoch prepadá cez preliv. Vyčistením tohto retenčného priestoru sa získa objem cca 76 m³, ktorý bude znova slúžiť na zachytávanie splavenín a tým sa zabráni ich ďalšiemu transportu do úseku v intraviláne obce Malcov. Pravidelné odťazenie splaveninového materiálu z tohto retenčného priestoru je potrebné vykonávať v trojročnom cykle z dôvodu, že priemerný objem splavenín dopravených k profilu tejto existujúcej prehrádzky je cca $W_{SPL} = 20 \text{ m}^3$.

Navrhnutá je aj úprava koryta pod prehrádzkou v dĺžke cca 600 m (r.km 1,250 – 1,850), v rámci ktorej bude optimalizovaný pozdĺžny sklon, aby nedochádzalo k ďalšiemu usadzovaniu sedimentov. Táto úprava bude bližšie popísaná v nasledujúcej podkapitole. Koryto toku nad prehrádzkou bude stabilizované kamennou rovnaninou v dĺžke cca 2 m.

6.2 Úprava pozdĺžneho sklonu

Úprava koryta Veľkého Rybného potoka v úseku r. km 1,250 – 1,850 spočíva predovšetkým v optimalizovaní a stabilizovaní pozdĺžneho sklonu, ktorý je v úseku r. km 1,260 – 1,320 takmer nulový a tak v tomto mieste dochádza k výraznému akumulovaniu splavenín, čím sa znižuje prietoknosť koryta. Úprava pozdĺžneho sklonu zabezpečí rovnomerný postup splavenín v tomto úseku aj pri rôznych prietokoch.

Návrh pozdĺžneho sklonu bude vychádzať z priemerného sklonu pôvodného stavu koryta toku, ktorý je cca 3%. Na stabilizáciu a zmiernenie pozdĺžneho sklonu sú po celej dĺžke úpravy navrhované kamenné prahy, ktorých presné výšky a umiestnenie budú stanovené na základe geodetického zamerania úseku toku a hydrotechnických výpočtov, ktoré v rámci tejto štúdie neboli realizované. Stabilizácia dna toku, 2 m pred a za každým prahom, je navrhnutá z kamennej rovnaniny uloženej na sucho do štrkového lôžka s vyškárovaním.

Priečny profil koryta je navrhovaný ako lichobežníkový s premenlivou šírkou v dne 2 – 3 m a so sklonom svahov 1:1,5. V celom úseku úpravy koryta je na svahy navrhnuté opevnenie oživenou kamennou rovnaninou s hmotnosťou do 200 kg uloženej na sucho do štrkového lôžka s vyškárovaním. Päty svahov koryta sú stabilizované nahádzkou z lomového kameňa strednej veľkosti s hmotnosťou 200 – 500 kg.

V potrebnom úseku bezprostredne za existujúcou prehrádzkou, kde je nutné tlmenie kinetickej energie prepadajúcej vody je navrhnuté spevnenie dna so šírkou 3 m lomovým kameňom s hmotnosťou 200 - 500 kg ukladaným na stojato s vyklíňovaním. Tento úsek je ukončený kamenným protiprahom. Za prahom je dno stabilizované v dĺžke cca 2 m kamennou rovnaninou. V ostatnom riešenom úseku úpravy je navrhnuté dno koryta s premenlivou šírkou 2 – 2,5 m. V osi dna koryta je navrhnuté prehĺbenie o cca 20 cm, čím sa v koryte vytvorí priestor (trojuholníkového tvaru) na odvedenie bežných, resp. nízkych prietokov počas roka. Z dôvodu jeho možného poškodenia vplyvom prúdenia vody a následnej erózie je navrhnutá stabilizácia prehĺbenia nahádzkou z lomového kameňa. V r. km 1,600 je riešený brod, prechod poľnej cesty cez koryto toku, v sklone 1:7 a 1:4 spevnený nahádzkou z lomového kameňa. Koniec upraveného koryta bude v potrebnej dĺžke plynule napojený na pôvodné koryto.

Parametre jednotlivých objektov na tokoch a priečných profilov koryta sú iba orientačné, keďže predmetom štúdie nebol presný technický návrh. Vzorové priečne profily koryta v jednotlivých úsekoch úpravy sú znázornené v Prílohe č. 3.

7. Záver

Úlohou tejto bakalárskej práce bolo vypracovanie ideového návrhu vodohospodárskych opatrení, ktoré pomôžu znížiť intenzívny pohyb splavenín v celom povodí tým, že sa zabráni ich transportu do nižších úsekov tokov, prípadne až do vodných tokov vyšších rádov, kde sa vplyvom nižšieho sklonu môžu ľahko usádzať. Aby bol možný návrh účinných opatrení, bolo potrebné vykonať podrobný terénny prieskum celého povodia a opísať charakter najvýznamnejších tokov v povodí. Na základe zistených informácií, boli odborným odhadom stanovené niektoré charakteristiky povodia, ktoré vstupovali do výpočtu priemernej ročnej produkcie splavenín v celom povodí a do výpočtu tvorby a transportu splavenín pri prietoku Q_{100} .

Výsledným riešením štúdie je návrh retenčných prehrádzok t. j. priečných objektov na tokoch, ktoré zachytávajú splaveniny v retenčnom priestore nad prehrádzkou. Prvá z dvojice prehrádzok bola navrhnutá v profile na Malom Rybnom potoku v r. km 0,550 a druhá bude vybudovaná v profile na Veľkom Rybnom potoku v r. km 3,200. Aby prehrádzky plnili účel, pre ktorý boli vybudované, je potrebné pravidelne odťahať nahromadený materiál z retenčného priestoru, pri výskyte veľkých vôd ihneď po ich prechode. Približným výpočtom bol stanovený celkový objem retenčného priestoru týchto prehrádzok na hodnotu 194 m^3 , z čoho vyplýva, že pri priemernej ročnej produkcii splavenín dopravených k profilom prehrádzok ($W_{\text{SPL}} = 71 \text{ m}^3$), je potrebné vyťaženie splaveninového materiálu cca raz za 2,5 – 3 roky. K zlepšeniu situácie na Veľkom Rybnom potoku prispeje aj existujúca prehrádzka v r. km 1,850, ktorej retenčný priestor po prečistení a odťažení rokmi naakumulovaných splavenín bude cca 76 m^3 . Sfunkčnením tejto prehrádzky sa zabráni ďalšiemu transportu splavenín do úseku toku v intraviláne obce Malcov, avšak je potrebné vykonávať pravidelnú údržbu vyťažením materiálu v trojročnom cykle.

Súčasťou opatrení v povodí je aj úprava pozdĺžneho sklonu nivelety dna na Veľkom Rybnom potoku v r. km 1,250 – 1,850, ktorej cieľom je optimalizovať a stabilizovať koryto toku tak, aby bol umožnený plynulý pohyb splavenín vzniknutých v tomto úseku a nedochádzalo k ich usadzovaniu v úsekoch, kde je v súčasnosti len minimálny resp. nulový pozdĺžny sklon nivelety dna. Umiestnenie jednotlivých objektov a úprava koryta toku sú znázornené na základnej mape M 1:10 000 (Príloha č. 1).

8. Zoznamy

8.1 Použitá literatúra a zdroje

- [1] STN 48 2506 Lesníckotechnické meliorácie. Zahrádzanie bystrín a strží.
- [2] MACURA, M. 1966. Úpravy tokov. 1.vyd. Bratislava: SVTL, 1966. 731 s.
- [3] KALETOVÁ, T. 2017. Lesotechnické meliorácie [online]. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. 2017. 131 s. ISBN 978-80-552-1694-2. Dostupné z: <https://ves.uniag.sk/files/pdf/tva5ugigwxtgipxo35ljiyimju8a1o.pdf>
- [4] ZUNA, J. 2008. Hrazení bystrín. Praha: České vysoké učení technické. 2008. 180 s. ISBN 978-80-01-04010-2
- [5] LUKNIŠ, M. a kol. 1972. Slovensko príroda II. Bratislava: Obzor, 1972. 920 s.
- [6] BIELEK, P. Pôdy Slovenska: Kambizem [online]. Pôdohospodársky poradenský systém. 2004 [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <http://old.agroporadenstvo.sk/rv/poda/kambizem.htm>
- [7] BIELEK, P. Pôdy Slovenska: Luvizem [online]. Pôdohospodársky poradenský systém. 2004 [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <http://old.agroporadenstvo.sk/rv/poda/luvizem.htm>
- [8] MICHAELI, E. 1999. Prešovský kraj. In: Geografia, roč.7, 1999, č.2, s. 50-54
- [9] Návrh Územného plánu obce MALCOV: *Správa o hodnotení územnoplánovacej dokumentácie* [online]. február 2018 [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: https://www.malcov.sk/e_download.php?file=data/uredni_deska/obsah2382_3.pdf&original=Spr%C3%A1va%20o%20hodnoen%C3%AD%20C3%9APN-O%20Malcov.pdf
- [10] Predbežné hodnotenie povodňového rizika v čiastkovom povodí Bodrogu – aktualizácia 2018 [online]. december 2018 [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <https://minzp.sk/files/sekcia-vod/hodnotenie-rizika-2018/bodrog/phpr-bodrog.pdf>
- [11] MIDRIAK, R. 1977. Potenciálna erózia lesnej pôdy ČSSR. In: Vedecké práce VÚLH, č. 25, 1977, s. 201-228
- [12] ŠKOPEK, V. – NOVAK, L. 1977. Hrazení bystrín a strží. Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 1977.
- [13] SVP, š. p. – OZ Košice
- [14] http://www.podnemapy.sk/regional_gis/viewer.htm
- [15] ANDREJČINOVÁ, D. a kol. 2018. Katalóg vybraných adaptačných opatrení na

nepriaznivé dôsledky zmeny klímy vo vzťahu k využitiu krajiny [online] Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia. 2018. 109 s. ISBN 978-80-89503-89-6. Dostupné z:

<http://old.obnovadediny.sk/Upload/propagacia/Katal%C3%B3g%20vybran%C3%BDch%20adapta%C4%8Dn%C3%BDch%20opatren%C3%AD%20na%20nepriazniv%C3%A9%20d%C3%B4sledky%20zmeny%20kl%C3%ADmy%20vo%20vz%C5%A5ahu%20k%20vyu%C5%BEitiu%20krajiny.pdf>

8.2 Zoznam obrázkov

Obr. 1 Splaveninový režim vodného toku [3].....	11
Obr. 2 - Súčiniteľ faktoru eróznej ohrozenosti m [4]	18
Obr. 3 - Súčiniteľ sklonu údolia n [4].....	18
Obr. 4 - Rozvodnica Veľkého Rybného potoka [13].....	20
Obr. 5 - Pôdne typy vyskytujúce sa v povodí [14]	22
Obr. 6 - Zmiešaný les vo vyššej časti povodia	23
Obr. 7 - Nižšia brehová vegetácia pozdĺž dolného toku	23
Obr. 8 - Ryha s viditeľnou eróziou brehu	26
Obr. 9 - Zameraný profil s vyznačením dôležitých hodnôt popisujúcich koryto	28
Obr. 10 - Upravené zatrávené koryto v intraviláne obce	28
Obr. 11 - Sútok Jasenovského a Veľkého Rybného potoka	29
Obr. 12 - Koryto v záreze (február 2020)	29
Obr. 13 - Miesto usadzovania splavenín.....	29
Obr. 14 - Koryto vedené v príľahlých lúkach (február 2020).....	30
Obr. 15 - Koryto vedené v miernom záreze (máj 2020).....	30
Obr. 16 - Nespevnený prechod cez vodný tok.....	31
Obr. 17 - Kruhový priepust na výtoku pred zaústením bezmenného prítoku do Veľkého Rybného potoka	31
Obr. 18 - Prítok zarezaný v údolí s viditeľnou eróziou a usadenými splaveninami	31
Obr. 19 - Retenčná prehrádzka v r. km 1,850 (február 2020).....	32
Obr. 20 - Sútok Veľkého a Malého Rybného potoka v r. km 1,900.....	33
Obr. 21 - Charakteristické koryto v tomto úseku.....	34
Obr. 22 - Nespevnená lesná cesta	34
Obr. 23 - Drevená prehrádzka pred vtokom	35

Obr. 24 - Dvojitý výtokový objekt.....	35
Obr. 25 - Spevnené dno koryta	35
Obr. 26 - Rámový priepust na výtoku.....	35
Obr. 27 - Prítok pred vtokovou časťou premostenia s miernou eróziou pravého brehu.....	36
Obr. 28 - Potočná trať typické pre tento úsek.....	37
Obr. 29 - Zosuv zemin do koryta.....	38
Obr. 30 - Nespevnené premostenie cez koryto	38
Obr. 31 - Menší prítok s viditeľnou eróziou brehov	39
Obr. 32 - Prítok v r. km 0,800, na dne usadené splaveniny	39
Obr. 33 - Ryhy na svahu prechádzajúce cez vodný tok.....	39
Obr. 34 - Výpočtové profily pre objem splavenín transportovaných pri prietoku Q_{100} [13].....	43
Obr. 35 – Profil pre založenie prehrádzky na Malom Rybnom potoku v r km. 0,550	49
Obr. 36 – Profil pre založenie prehrádzky na Veľkom Rybnom potoku v r km. 3,200	50
Obr. 37 – Umiestnenie prehrádzok v jednotlivých profiloch na tokoch.....	51

8.3 Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 – Hodnoty súčiniteľa protieróznej účinnosti vegetačného krytu [4].....	12
Tabuľka 2 – Hodnoty súčiniteľa druhu pôd [4]	13
Tabuľka 3 – Hodnoty súčiniteľa intenzity erózie v povodí [4]	13
Tabuľka 4 – Geomorfologické členenie katastra obce Malcov	21
Tabuľka 5 - Faktor eróznej ohrozenosti – vid'. kap. 2.3.1	40
Tabuľka 6 - Ročná produkcia splavenín - vid'. kap. 2.3.2	40
Tabuľka 7 - Redukcia objemu splavenín - vid'. kap. 2.3.3	41
Tabuľka 8 - Priemerná ročná produkcia splavenín v celom povodí.....	41
Tabuľka 9 - Výpočet tangenciálneho napätia a medznej rýchlosti vody	41
Tabuľka 10 - Stupeň nasýtenia vodného prúdu splaveninami.....	42
Tabuľka 11 – Hodnoty n-ročných prietokov (SHMÚ).....	42
Tabuľka 12 – Hodnoty koeficientov A a n [12]	44
Tabuľka 13 – Výpočet Q_{100} pre jednotlivé výpočtové profily.....	44
Tabuľka 14 – Výpočet objemu splavenín pre čiastkové úseky profilu č. 1	45
Tabuľka 15 – Celkový objem splavenín v priečnom profile č. 1	46
Tabuľka 16 – Výpočet objemu splavenín pre čiastkové úseky profilu č. 2.....	46

Tabuľka 17 – Celkový objem splavenín v priečnom profile č. 2	46
Tabuľka 18 – Výpočet objemu splavenín pre čiastkové úseky profilu č. 3.....	46
Tabuľka 19 – Celkový objem splavenín v priečnom profile č. 3	47
Tabuľka 20 – Výpočet objemu splavenín pre čiastkové úseky profilu č. 4.....	47
Tabuľka 21 – Celkový objem splavenín v priečnom profile č. 4	47

8.4 Zoznam príloh

Príloha 1 – Zakreslenie navrhnutých opatrení

Príloha 2 – Vzorová schéma zrubovej prehrádzky

Príloha 3 – Vzorové priečne rezy koryta