



OCENA KAKOVOSTI POTOKA KOSTANJEVICA

Geografija ali geologija

Raziskovalna naloga

Avtorica: Nuša Jurkovič, 4. a

Mentorica: dr. Marija Meznarič, prof. biologije

Somentorica: Tatjana Gregorc, univ. dipl. biol. (Lutra, Inštitut za ohranjanje naravne dediščine)

Ljutomer, 2020

ZAHVALA

Zahvaljujem se dr. Mariji Meznarič, prof. biologije ter ge. Tatjan Gregorc iz Inštituta Lutra za mentorstvo, vso strokovno pomoč in nasvete ter usmerjanje pri ustvarjanju raziskovalne naloge.

Hvala tudi ge. Bernardki Marinič za lektoriranje raziskovalne naloge.

KAZALO VSEBINE:

1	POVZETEK	6
2	UVOD	7
2.1	Hipoteze	7
3	TEORETIČNI DEL.....	8
3.1	Geografski opis območja	8
3.2	Fizikalno-kemijski dejavniki v vodotokih	10
3.2.1	Temperatura.....	10
3.2.2	pH vode	11
3.2.3	Trdota vode	11
3.3	Raztopljeni plini in anorganski ioni.....	12
3.3.1	Amonijevi ioni.....	12
3.3.2	Nitratni ioni.....	12
3.3.3	Nitritni ioni.....	12
3.3.4	Fosfatni ioni	13
3.4	Hidromorfološki dejavniki	13
3.4.1	Vodni pretok.....	13
3.4.2	Globina vode in širina vodotoka.....	13
3.4.3	Substrat	13
3.5	Biotski parametri	14
3.5.1	Vodni nevretenčarji	14
3.5.2	Saprobni indeks	16
4	METODE DELA	17
4.1	Izbira vzorčnih mest.....	17
4.2	Analiza vode	21
4.2.1	Kolorimetrične metode	21
4.2.2	Titrimetrične metode	21
4.3	Fizikalno-kemijski dejavniki v vodotokih	22
4.3.1	Temperatura vode.....	22
4.3.2	pH vode	22
4.3.3	Trdota vode	23
4.3.4	Raztopljeni plini	23
4.4	Hidromorfološki dejavniki	26
4.4.1	Globina vode in širina vodotoka.....	26
4.5	Saprobni indeks	26

4.6 Ekomorfološko vrednotenje vodotokov.....	27
4.7 Popis jelševca (<i>Astacus astacus</i>).....	29
4.8 Analiza prostorskih podatkov.....	29
4.9 Opravljanje terenskega dela.....	30
5 ANALITIČNI DEL	31
5.1 Analize vode	31
5.1.1 pH	31
5.1.2 Trdota vode	31
5.1.3 Fosfatni ioni.....	32
5.1.4 Nitratni ioni.....	32
5.1.5 Nitritni ioni.....	32
5.1.6 Amonijevi ioni.....	33
5.2 Temperatura vode.....	33
5.3 Globina vode in širina vodotoka.....	34
5.4 Popis jelševca.....	34
5.5 Saprobni indeks	35
5.6 Ekomorfološko vrednotenje vodotokov.....	36
6 DISKUSIJA.....	38
6.1 Hipoteza 1: V potoku Kostanjevica, bo prisotnost potočnega raka jelševca (<i>Astacus astacus</i>)..	38
6.2 Hipoteza 2: Voda je najmanj onesnažena v zgornjem delu vodotoka, najbolj pa v smeri izliva v Ščavnico.....	39
6.3 Hipoteza 3: Okoljska ocena Kostanjevice bo od izvira do izliva v Ščavnico vedno slabša	40
6.4 Hipoteza 4: Rezultati kemičnih analiz vode, RCE metode in saprobnega indeksa bodo v pozitivni korelaciji	40
7 VIRI IN LITERATURA	41
PRILOGE.....	43

KAZALO SLIK:

Slika 1: Potok Kostanjevica	8
Slika 2: Pedološka karta prispevnega območja Kostanjevice	9
Slika 3: Raba tal na vodozbirnem območju Kostanjevice	10
Slika 4: Zemljevid vzorčnih mest ter odsekov	17
Slika 5: Vzorčno mesto 1	18
Slika 6: Vzorčno mesto 2	18
Slika 7: Vzorčno mesto 3	19
Slika 8: Vzorčno mesto 4	19
Slika 9: Vzorčno mesto 5	20
Slika 10: Kovček za analizo vode.....	21
Slika 11: Barvna lestvica za pH	22
Slika 12: Preskok barve pri analizi vzorca za trdoto vode	23
Slika 13: Barvna lestvica za fosfatni ion v mg/L PO_4^{3-}	23
Slika 14: Barvna lestvica za nitratni ion v mg/L NO_3^-	24
Slika 15: Barvna lestvica za nitritni ion v mg/L NO_2^-	24
Slika 16: Barvna lestvica za amonijev ion v mg/L NH_4^+	25
Slika 17: Nabiranje vzorcev nevretenčarjev z metodo »kick sampling«	26
Slika 18: Vrša	29
Slika 19: Širša okoljska ocena potoka Kostanjevica.....	37
Slika 20: Ostanek potočnega raka jelševca.....	38

KAZALO TABEL:

Tabela 1: Popisni list za terensko zbiranje podatkov	22
Tabela 2: Kakovost vodnega okolja glede na vrednosti saprobnega indeksa	27
Tabela 3: Vrednosti indeksa RCE, izražene kot kakovostni razredi	28
Tabela 4: pH vrednosti na vzorčnih mestih.	31
Tabela 5: Trdota vode na vzorčnih mestih.	31
Tabela 6: Vrednost fosfatnih ionov na vzorčnih mestih.....	32
Tabela 7: Vrednost nitratnih ionov na vzorčnih mestih.	32
Tabela 8: Vrednost nitritnih ionov na vzorčnih mestih.	32
Tabela 9: Vrednost amonijevih ionov na vzorčnih mestih.	33
Tabela 10: Izmerjena temperatura vode na vzorčnih mestih.	33
Tabela 11: Izmerjena povprečna globina vode na vzorčnih mestih.....	34
Tabela 12: Izmerjena širina vodotoka na vzorčnih mestih.....	34
Tabela 13: Poimenovanja in število nabranih osebkov.....	35
Tabela 14: Ekomorfološka ocena odsekov Kostanjevice.....	36

1 POVZETEK

Kostanjevica je potok, ki izvira pri Zgornjem Kamenščaku in se pri Ljutomeru (SV Slovenija) izliva v Ščavnico. Prvoten cilj raziskovalne naloge je bil, da ugotovim prisotnost potočnega raka jelševca (*Astacus astacus*) ter ga popišem, hkrati pa še, da preverim, ali se je v potoku morda naselila tujerodna invazivna vrsta signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*). Ker prisotnosti rakov nisem potrdila, sem se odločila preveriti kakovost vodotoka. S tem namenom sem odvzela vzorce vode ter jih kemijsko analizirala, opravila širšo okoljsko oceno vodotoka (RCE metoda) in ocenila kakovost vodotoka s pomočjo vodnih nevretenčarjev. Na podlagi dobljenih rezultatov sem odseke potoka in vzorčna mesta uvrstila v kakovostne razrede. Postavila sem si štiri hipoteze. Dve sem zavrgla, dve pa sem potrdila le delno. Ugotovila sem, da je glede na kemijske parametre voda najslabša na prvem vzorčnem mestu, najboljša pa na drugem vzorčnem mestu. V nadaljevanju sem nato za širšo okoljsko oceno izpolnila RCE obrazec, vodotok pa razdelila na 8 odsekov. Pri tem sem odseke 1, 6, 7 in 8 umestila v tretji kakovostni razred, odseke 2, 3, 4 in 5 pa v drugega. Drugi del raziskovanja je vključeval vzorčenje vodnih nevretenčarjev. Na petih vzorčnih mestih sem nabrala vzorce organizmov, jih določila do stopnje družine ali rodu ter preštela. Izračunala sem saprobno stopnjo ter na podlagi rezultatov vzorčna mesta prav tako razvrstila v kakovostne razrede. Pri tem sem ugotovila, da vzorčni mesti 1 in 2 spadata v 1.–2. kakovostni razred, vzorčni mesti 3 in 4 v 2.–3. kakovostni razred in vzorčno mesto 5 v 3. kakovostni razred.

Ključne besede: potok Kostanjevica, RCE metoda, saprobni indeks, jelševca (*Astacus astacus*), analiza vode, okoljska ocena vodotoka

ABSTRACT

Kostanjevica is a stream that originates at Zgornji Kamenščak and flows into river Ščavnica near Ljutomer (NE Slovenia). The original goal of my research assignment was to find out the presence of noble crayfish (*Astacus astacus*) and list it, while also checking whether the non-native invasive species signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) had settled in the brook. Since I did not find the presence of crayfish, I decided to examine the quality of the stream. To this end, I collected water samples and chemically analysed them. I also determined the broader environmental assessment of the stream (using RCE methodology) and stream quality in regard to macroinvertebrates found (saprobic index). Based on the results obtained, I classified sections of the stream and sampling points into quality classes. I made four hypotheses. I rejected two and only partially confirmed two. I have found that regarding chemical parameters the water quality is the worst at the first sampling site and the best at the second sampling site. With the use of RCE questionnaire for a broader environmental assessment I divided the watershed into 8 sections. In doing so, I placed sections 1, 6, 7 and 8 in the third quality class, and sections 2, 3, 4 and 5 in the second grade. The last part of my research work consisted of sampling aquatic invertebrates. At five sampling points, I collected samples of organisms, then determined them to a level of family or genus and counted them. Based on the saprobic index calculation form, I also ranked the sample sites into quality classes. In doing so, I found that sample sites 1 and 2 belong to the 1-2 quality class, sites 3 and 4 to 2-3 quality class, and sample site 5 to the third quality class.

Key words: stream Kostanjevica, RCE method, saprobic index, Jelševca (*Astacus astacus*), water analysis, environmental assessment of the watercourse

2 UVOD

Voda predstavlja osnovno dobrino za vsa živa bitja. Je najpomembnejši naravni vir ter pomemben gospodarski element. Z vse večjim poseganjem človeka v (vodno) okolje ne vplivamo le na kakovost vode, temveč na celoten ekosistem, kar se kaže v njegovem videzu ter delovanju.

Ob večkratnem sprehajanju ob potoku Kostanjevica se mi je porodilo veliko vprašanj, ob dodatni vzpodbudi mentorice in somentorice pa sem dobila dodatno motivacijo za raziskovanje. Prvoten cilj moje raziskovalne naloge je bil popisati potočne rake vrste jelševca (*Astacus astacus*), ki je bil, po pripovedih domačinov, v preteklosti v potoku prisoten. Hkrati sem želela preveriti tudi, ali se je morda v potoku naselila tudi tujerodna invazivna vrsta signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), ki je prisoten v reki Muri in se širi tudi po reki Ščavnici. Ker prisotnosti rakov nisem ugotovila, me je zanimal razlog, zakaj je temu tako. Postavila sem si glavno raziskovalno vprašanje, ki se glasi: kakšna je širša okoljska ocena potoka Kostanjevica?

2.1 Hipoteze

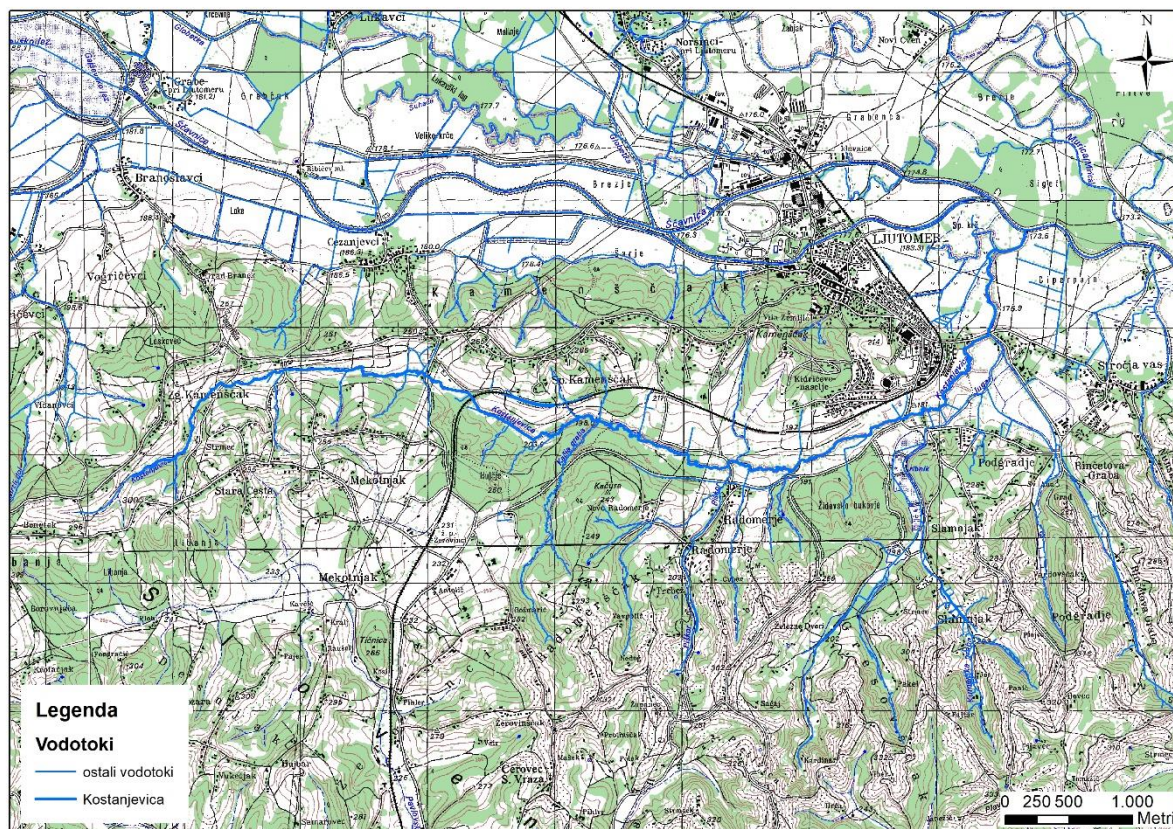
Postavila sem naslednje hipoteze:

1. V potoku Kostanjevica bo prisotnost potočnega raka jelševca (*Astacus astacus*).
2. Voda je najmanj onesnažena v zgornjem delu vodotoka in najbolj proti izlivu v reko Ščavnico.
3. Okoljska ocena se bo od izvira do izliva v Ščavnico slabšala.
4. Rezultati kemičnih analiz vode, RCE metode in saprobnega indeksa bodo v pozitivni korelaciji.

3 TEORETIČNI DEL

3.1 Geografski opis območja

Kostanjevica je potok v porečju reke Mure v severovzhodni Sloveniji. Je desni pritok reke Ščavnice, ki se v Razkrižju izliva v reko Muro. Izvira pri vasi Zgornji Kamenščak, izliva pa se v regulirano strugo reke Ščavnice v bližini mesta Ljutomer. Porečje Kostanjevice je asimetrično, saj na severni strani dobiva le nekaj pritokov, na južni strani pa pritečejo nekoliko daljši pritoki iz Kačje, Rinčetove in Kumerske grabe. Območje je bilo nekoč precej mokrotno, danes pa njivske površine segajo prav do struge potoka. Na levem bregu potoka je speljana železniška proga Ormož–Hodoš, pri izlivu v Ščavnico pa je čistilna naprava mesta Ljutomer.¹ Potok Kostanjevica (slika 1) meri v dolžino 11.006 m (vir: podatkovni sloj Hidrologija – tekoče vode, DRSV 2018), površina porečja je 18 km². Zbirno območje Kostanjevice na jugu meji na porečje reke Drave.

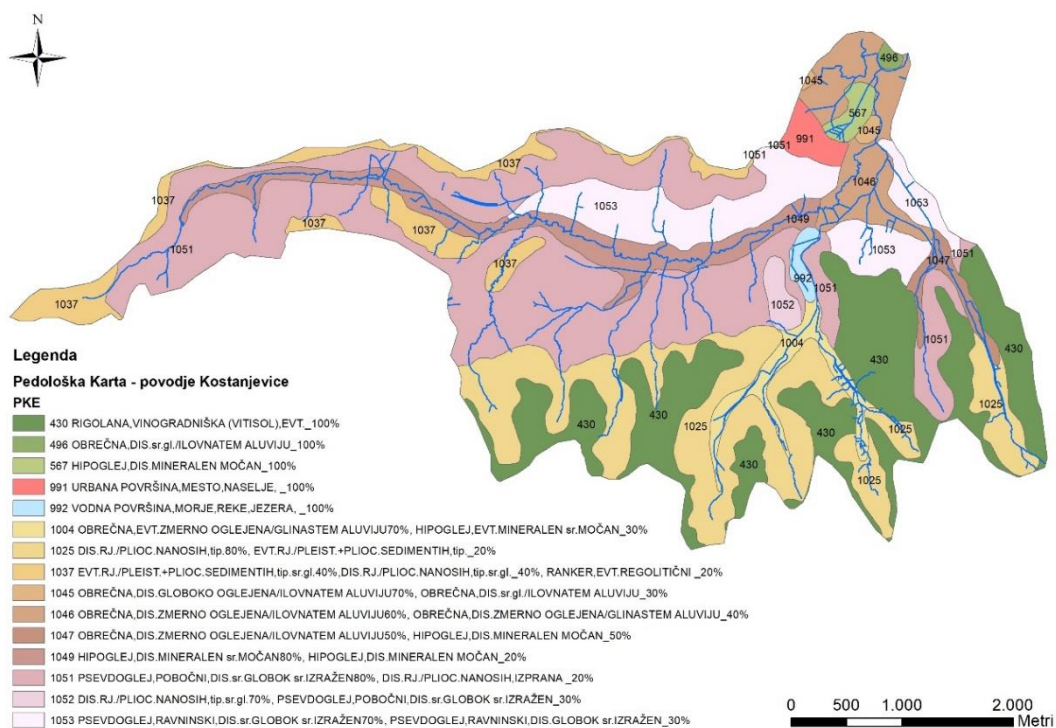


Slika 1: Potok Kostanjevica (vir podatkov: Geodetska uprava URS – kartografska podlaga; Direkcija RS za vode – vodotoki).

Struga potoka meandrira, obdana je z ozkim pasom skoraj sklenjene drevesne in grmovne vegetacije.

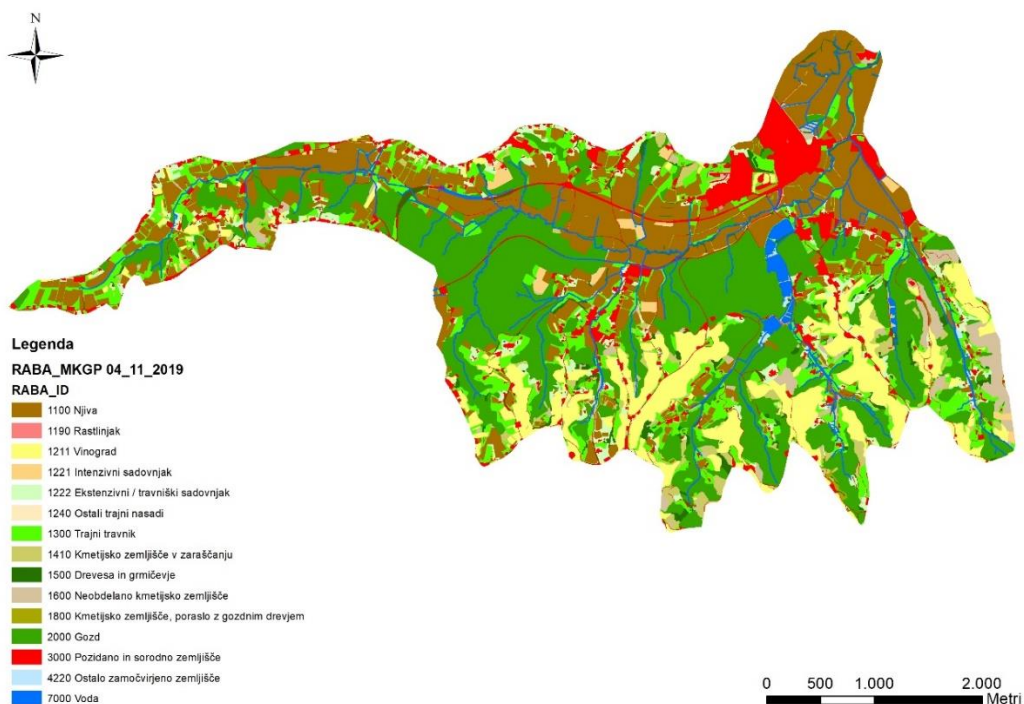
¹ Potok Kostanjevica (dostopno na: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Kostanjevica_\(%C5%A0%C4%8Davnica\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Kostanjevica_(%C5%A0%C4%8Davnica)))

Glede na pedološko karto je neposredno ob Kostanjevici hipoglej, sledi psevdoglej (slika 2).



Slika 2: Pedološka karta prispevnega območja Kostanjevica (vir podatkov: Agencija RS za okolje – pedološka karta Slovenije).

Vodozbirno območje Kostanjevica meri 1.798,37 ha. Glede na dejansko rabo tal (podatki z dne 4. 11. 2019, MKGP) na vodozbirnem območju prevladuje gozd (30,47 %) (slika 3), sledijo njive (23,47 %), trajni travniki (12,79 %), vinogradi (10,85 %), pozidana in sorodna zemljišča (8,92 %), ekstenzivni oz. travniški sadovnjaki (3,82 %), neobdelana kmetijska zemljišča (2,97 %), kmetijska zemljišča v zaraščanju (2,44 %), drevesa in grmičevje (2,40 %), intenzivni sadovnjaki (0,85 %) in vode (0,75 %). Med rabami s površino 0,1 % ali manj so še kmetijska zemljišča porasla z gozdnim drevjem, ostala zamočvirjena zemljišča, ostali trajni nasadi in rastlinjaki (slika 3).



Slika 3: Raba tal na vodozbirnem območju Kostanjevice (vir podatkov: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano – 04. 11. 2019).

3.2 Fizikalno-kemijski dejavniki v vodotokih

3.2.1 Temperatura

Voda ima veliko specifično toploto ($4200 \frac{J}{kgK}$), zato vodni organizmi ne doživljajo tolikšnih dnevnih sprememb temperature kot kopenski organizmi.² Temperatura vode je odvisna od količine sevanja, ki vstopa v vodo, se absorbira ter nato pretvori v toploto, ki jo segreje.³ Za jezera je značilna vodna stratifikacija oz. razslojenost vode na epilimnij (zgornji sloj), metalimnij (srednji sloj)⁴ in hipolimnij (spodnji sloj)⁵. Vendar pa takšna razslojenost ne velja v rekah in potokih; vodni tok vodo neprestano meša.

Glede na temperaturo je odvisna tudi vsebnost kisika – višja je temperatura, manj je kisika, saj je le-ta slabše topen v vodi, prav tako pa se pri višji temperaturi razvijejo bakterije, ki so velik porabnik kisika.⁶ Temperatura uravnava tudi hitrost kemičnih in biokemičnih procesov in vpliva na stopnjo metabolizma. Večina encimov je stabilnih le v okviru določene temperature.⁷

² Smith, R. L. in Smith, T. M. *Ecology & field biology*. (Benjamin Cummings, 2001). – str. 630

³ Lampert, W. in Sommer, U. *Limnoecology*. (Oxford University Press Inc., New York, 2007). – str. 21

⁴ Pogled s "površine" na dogajanja v jezerskih ekosistemih (dostopno na:

<http://www.josko.org/pogledspovrsine.htm>)

⁵ Smith, R. L. in Smith, T. M. *Ecology & field biology*. (Benjamin Cummings, 2001). – str. 630

⁶ Plini v vodi (dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/kemija1/588/index1.html>)

⁷ Lampert, W. in Sommer, U. *Limnoecology*. (Oxford University Press Inc., New York, 2007). – str. 22

3.2.2 pH vode

pH je merilo za koncentracijo oksonijevih (H_3O^+) ionov v raztopini. Oksonijevi ioni povzročajo kislost, torej več jih je, bolj je raztopina kislina ter obratno.⁸ pH lestvica je sestavljena iz števil 0–14, pri čemer pH manjši od 7 predstavlja kislino, pH večji od 7 pa bazično raztopino.⁹ Raztopina je nevtralna pri pH 7, kar pomeni, da je koncentracija oksonijevih in hidroksilnih (OH^-) ionov enaka.

V naravi je pH v večini povezan z ravnotežjem ogljikovega dioksida (CO_2), hidrogen karbonata (HCO_3^-) in karbonata (CO_3^{2-}).¹⁰ Ogljikov dioksid se raztaplja v vodi in tvori ogljikovo kislino ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$). Če ogljikova kislina razpade na ione, se sprosti H^+ ion, kar vpliva na pH ($\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$). Če ima voda nizki pH, je v večini prisoten nevezani CO_2 , pri pH 7 je največ HCO_3^- ionov, pri visokem pH pa prevladujejo CO_3^{2-} ioni. Običajen pH v potokih in jezerih je med 6,5 in 8,5.¹¹ Vrednost pH ima pomemben vpliv na življenje vodnih organizmov, saj vpliva na ionski transport skozi celično membrano.¹²

pH se lahko čez dan spreminja, saj na njega vplivajo fotosinteza, dihanje in asimilacija nitrata. Večja produktivnost rastlin lahko pH močno dvigne, le ta pa upade ponoči, zaradi večjega sproščanja CO_2 .¹³

3.2.3 Trdota vode

Skupno trdoto vode predstavljajo kalcijeve in magnezijeve soli, nahajajo pa se v skoraj vseh naravnih in neonesnaženih vodnih telesih. Voda ima na območjih kamnin dolomita ali marmorja zaradi raztapljanja lahko veliko trdoto (nad 540 mg/L), v vodi pa se visoka stopnja trdote pojavlja zaradi fiksacije ogljika. Glede na količino kalcijevih in magnezijevih soli vodo razvrščamo kot trdo ali mehko v različnih stopnjah (od zelo mehke do zelo trde).¹⁴

⁸ pH definicija (dostopno na: <https://www.thoughtco.com/definition-of-ph-in-chemistry-604605>)

⁹ Smrdu, A. *Kemija: Snov in spremembe 2*. (Ljubljana: Jutro, 2009). – str. 68

¹⁰ Opisi indikatorskih parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi (dostopno na: https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/indikatorski_parametri_0.pdf)

¹¹ Smith, R. L. in Smith, T. M. *Ecology & field biology*. (Benjamin Cummings, 2001). – str. 633

¹² Lampert, W. in Sommer, U. *Limnoecology*. (Oxford University Press Inc., New York, 2007). – str. 41

¹³ Cronk, J. K. in Fennessy M. S. *Wetland plants* (Lewis Publishers, 2001). – str. 462

¹⁴ Trdota vode (dostopno na: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf)

3.3 Raztopljeni plini in anorganski ioni

3.3.1 Amonijevi ioni

Amonijak v naravi nastane med postopki razgradnje rastlinskih in živalskih beljakovin, ki vsebujejo dušik. Amonijak predstavlja citotoksin (za celico strupeno snov¹⁵) za višje organizme in ga je potrebno iz organizma čim prej odstraniti. V nasprotju z amonijakom amonijeve soli niso strupene. Običajna vrednost amonijevih ionov v čisti vodi je 0,1 mg/L, medtem ko jih v onesnaženi vodi lahko zaznamo več kot 10 mg/L. Amonijak je še posebej strupen za ribe, njegova koncentracija pa se veča z naraščanjem pH. Zaradi visoke vsebnosti amonijevih ionov je močno obremenjeno tudi ravnovesje kisika, saj se pri pretvorbi amonijaka v nitrato porablja kisik.¹⁶

3.3.2 Nitratni ioni

Osnovni vir povečanja koncentracije nitratov v vodnih sistemih je odtekanje vode s površin, ki so prejele preveliko količino dušikovih gnojil. V naravi je najpomembnejši naravno prisoten nitrat natrijev nitrat (NaNO₃). Nitrati sami po sebi niso strupeni za ljudi in živali. Nevarnost, ki pa jo lahko predstavljajo, nastane v prebavilih, kjer bakterije iz nitratov lahko tvorijo nitrite. Vsebnost nitratnih ionov v neonesnaženi vodi je med 0,4 in 8 mg/L, v onesnaženi pa so lahko vrednosti med 50 in 150 mg/L (možne so tudi višje vrednosti). Povečana koncentracija nitratov vodi do povečanega cvetenja voda, kar vodi do pomanjkanja kisika, ki povzroči spremembe v ekosistemih. Nitrati so v vodi dobro topni in jih uporabljamo kot indikator kvalitete vode.¹⁷

3.3.3 Nitritni ioni

Pretvorba nitratov v nitrite v človeškem telesu poteka v tankem črevesu. Nitrit v krvi pomaga pri oksidaciji hemoglobina, ki je odgovoren za transport kisika. Nitriti so za ribe zelo strupeni, saj so predstopnja rakotvornih spojin. Odpadna voda lahko vsebuje večje količine nitrita na račun industrijske odpadne vode iz kovinske ali kemične industrije. Drug vir nitrita iz nitrata je lahko pocinkana železna vodovodna instalacija iz gospodinjskih cevni sistemov. Koncentracije, ki se gibljejo do 1 mg/L, veljajo za nenevarne.¹⁸

¹⁵ Citotoksin (dostopno na: <https://www.termania.net/slovarji/slovenski-medicinski-slovar/5510157/citotoksin>)

¹⁶ Amonijevi ioni (dostopno na: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf)

¹⁷ Nitratni ioni (dostopno na: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf)

¹⁸ Nitritni ioni (dostopno na: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf)

3.3.4 Fosfatni ioni

Vir fosfatov so umetna gnojila in pralni praški. Fosfati so anorganski ioni za rast rastlin, vendar so ob večjih koncentracijah znak onesnaženosti voda. Povečana raven fosfatov v vodnih telesih vodi v eutrofikacijo (intenzivno rast vodnih rastlin, zlasti alg). Zaradi prekomernega bakterijskega razkroja odmrlih cianobakterij ta postopek, znan tudi kot cvetenje voda, vodi do povečanja porabe kisika. Če se posledično pojavijo anaerobni pogoji, se lahko sprosti vodikov sulfid. V čistih vodnih telesih, zlasti v gorah, je vsebnost fosfatov manjša od 0,1 mg/L, pogosto celo pod 0,03 mg/L. Koncentracije fosfata, ki presegajo 0,3 mg/L, veljajo za kontaminirano vodo. Izjema je močvirna voda, ki lahko vsebuje do 1 mg/L.¹⁹

3.4 Hidromorfološki dejavniki

3.4.1 Vodni pretok

Vodni pretok oz. vodnatost je parameter za količino vode, ki se premakne čez določeno točko po rečni strugi v določenem času. Določamo ga na vodomernih postajah in ga izražamo v m³/s.²⁰ Je primarni dejavnik, ki razlikuje jezera od potokov, saj povzroča nenehno mešanje vode.²¹ Na vodni pretok vplivajo vremenske razmere (npr. dež, sneg in suša), prav tako pa pretok narašča z naraščanjem rečnih pritokov, z globino in gladkim substratom.²²

Vodni pretok je zelo močan selektivni faktor za organizme, saj so se morali zaradi močne vlečne sile vode prilagoditi. Vendar pa vodni tok po celotni dolžini rečne struge ni enak. Predeli za ovirami iz skal ali rastlin upočasnijo vodni tok in v teh predelih so naseljeni organizmi, ki nimajo razvitih oprijemalnih delov.²³

3.4.2 Globina vode in širina vodotoka

Tako globina vode kot širina vodotoka naraščata od izvira proti izlivu. V plitvi vodi je nevarnost mehanskih poškodb večja kot v globoki vodi. Prav tako je v plitvi vodi v poletnih mesecih nevarnost izsušitve, ki je večina organizmov ne prenese.²⁴

3.4.3 Substrat

Substrat je sestavljen iz anorganskih in organskih snovi in številnim vrstam predstavlja življenjski prostor (habitat). Finejši substrati so povezani s počasnejšim tokom in grobi s hitrejšim.²⁵

¹⁹ Fosfatni ioni (dostopno na: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf)

²⁰ Tekoče vode (dostopno na: https://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/Vodno_bogastvo_2tekoce_vode.pdf)

²¹ Lampert, W. in Sommer, U. *Limnoecology*. (Oxford University Press Inc., New York, 2007). – str. 28, 29

²² Giller P. S. in Malmqvist B. *The Biology of Streams and Rivers*. New York. (Oxford University Press, New York, 1998). – str. 296

²³ Lampert, W. in Sommer, U. *Limnoecology*. (Oxford University Press Inc., New York, 2007). – str. 44, 45

²⁴ Barendregt, A. in Bio, M.F.A. *Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters*. (Ecological Modelling, 2003). – str. 212

²⁵ Lampert, W. in Sommer, U. *Limnoecology*. (Oxford University Press Inc., New York, 2007). – str. 213, 214

3.5 Biotski parametri

3.5.1 Vodni nevretenčarji

Vodni nevretenčarji, ki jih drugače lahko poimenujemo tudi makroinvertebrati ali bentoški nevretenčarji, so drobne vodne živali. Med nje sodijo vodne žuželke (Insecta), vrtinčarji, polži (Gastropoda), školjke (Bivalvia), pijavke (Hirudinea), vodne pršice (Acarina), raki (Crustacea) ...²⁶ So živali, ki jih najdemo med delci peska in organskega drobirja ali pritrjene na kamne ali rastline. Združbo makroinvertebratov po definiciji predstavljajo vodni nevretenčarji, ki pri vzorčenju ostanejo v mreži z odprtini 0,5 x 0,5 mm; so večji od 1 mm in vidni s prostim očesom.²⁷ Pod »velike« bentoške nevretenčarje uvrščamo potočne rake, školjke in nekatere pijavke, ki lahko zrastejo tudi za več kot 10 cm.²⁸ So najbolj preučevana skupina organizmov v tekočih vodah ter na podlagi rezultatov tudi vrstno najbolj pestra.²⁹ Širši javnosti najbolj poznani vodni nevretenčarji so zagotovo potočni raki (v preteklosti uporabljeni kot vir hrane), pijavke (uporabljene v medicinske namene) in školjke. Največjo pestrost med vodnimi nevretenčarji so dosegle žuželke, ki v fazi ličink živijo v vodi, po levitvi pa izletijo. Med njimi so kačji pastirji (Odonata), enodnevnice (Ephemeroptera), mladoletnice (Trichoptera), vrbnice (Plecoptera), nekatere vrste hroščev (Coleoptera) in dvokrilcev (Diptera) – bolj znane, kadar odrastejo in jih vidimo letati po zraku.

Vodni nevretenčarji se prehranjujejo z organskim drobirjem. Njihova funkcija je filtriranje vode, plenjenje drugih živali in drobljenje listov, s čimer pripomorejo h kroženju snovi in izrabi energije v celinskih vodah.³⁰ Med drugim pa jih uporabljamo za ugotavljanje sprememb v vodnih okoljih kot posledice človekovega posega v okolje, saj človek s tem spreminja naravne značilnosti vodnih ekosistemov in življenjska okolja vodnih organizmov. Vodni nevretenčarji so za te analize zelo primerni, saj se na te spremembe hitro odzovejo.³¹ Številne vodne nevretenčarje najdemo le v neonesnaženih vodah in na podlagi njihove prisotnosti ugotovimo stopnjo onesnaženosti reke, torej so bioindikatorji voda. V čistih vodah najdemo vrbnice, enodnevnice in mladoletnice, medtem ko najdemo v onesnaženih predvsem maloščetnice in ličinke trzač.³²

Potočni raki so bili v preteklosti zelo razširjeni po vsej Sloveniji, vendar so zaradi račje kuge, regulacij vodotokov in onesnaževanja voda izginili iz marsikaterega vodotoka. Danes živijo sicer v manjšem deležu voda, vendar se spet pojavljajo v vedno več vodotokih.³³

²⁶ Vodni nevretenčarji (dostopno na: <http://www.zelena-os.si/nevretencarji.html>)

²⁷ Urbanič, G. in Toman, M. J. *Varstvo celinskih voda* (Ljubljana: Študentska založba, 2003). – str. 93

²⁸ Bentoški nevretenčarji celinskih voda (dostopno na: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-ZSVM2ETY/49f036c4-1e07-40d5-ad71-417330a67523/PDF>)

²⁹ Vpliv hidroloških značilnosti na združbo vodnih nevretenčarjev (dostopno na: http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_sever_maja.pdf)

³⁰ Bentoški nevretenčarji celinskih voda (dostopno na: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-ZSVM2ETY/49f036c4-1e07-40d5-ad71-417330a67523/PDF>)

³¹ Vodni nevretenčarji (dostopno na: <http://www.zelena-os.si/nevretencarji.html>)

³² Bentoški nevretenčarji celinskih voda (dostopno na: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-ZSVM2ETY/49f036c4-1e07-40d5-ad71-417330a67523/PDF>)

³³ Govedič, M. Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo. (Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore, 2006). – str. 5

Raki so v preteklosti imeli velik gospodarski pomen v človeški prehrani, dandanes pa veljajo za dobre pokazatelje kvalitete vode.³⁴

Potočni raki so aktivni predvsem ponoči, v mraku zapustijo svoja skrivališča in začnejo iskati hrano. So vsejedi, hranijo se z algami, odmrlimi deli rastlin, odpadlim listjem, vodnimi rastlinami, ličinkami žuželk, mehkužci ... Njihova aktivnost je odvisna od temperature vode, zato so najbolj aktivni v poletnih in jesenskih mesecih.³⁵

Parijo se v jesenskih mesecih. Samice oplojena jajčeca nosijo pritrjena pod zadkom, da jih varujejo pred plenilci. Mladi raki se izležejo spomladi, ko se temperatura vode začne dvigati, v zavetju materinega zadka pa ostanejo do druge levitve.³⁶

Potočnega raka prepoznamo po dolgih tipalkah na glavi, ki mu služijo kot tipalni organ. Prav tako ima krajše tipalke, ki pa služijo kot vohalni organ. Še eden izmed prepoznavnih znakov so velike škarje, ki služijo pri prijemanju hrane, obrambi pred plenilci in hoji. Na gibljivih pecljih imajo nameščene oči, kar jim zagotavlja široko vidno polje.³⁷ Rakovo »okostje« predstavljata trd apnenčast oklep. Da lahko rastejo, se morajo raki leviti, kjer star oklep »slečejo«, pod njim pa nastane že nov, večji oklep.³⁸

Vzrok, da so potočni raki začeli izumirati, je bila račja kuga, danes pa jim največjo grožnjo predstavljajo vnosi tujerodnih vrst, onesnaževanje vode s pesticidi in slabšanje življenjskega prostora (kot gradnja pregrad, odvzemi vode, osuševanje).³⁹

Jelšavec (*Astacus astacus*) je največji predstavnik potočnih rakov v Sloveniji. Nahaja se v potokih, rekah, gramoznicah, jezerih in ribnikih, običajno pa se nahaja v globljih vodah. Jelšavec lahko zraste v dolžino od 15 do 17 cm. Je od svetlo rjave do skoraj črne barve, najdemo pa lahko tudi modrikaste primerke, njegove škarje pa so oranžnordeče. V Sloveniji je jelšavec razširjen predvsem v južnem in vzhodnem delu ter je edina vrsta potočnega raka, ki ga najdemo v Prekmurju. Zelo mu ustreza prodnato do peščeno dno ter ilovnat breg, v katerega lahko koplje rečine (luknje, ki si jih v breg skopljejo odrasli raki).^{40 41}

³⁴ Govedič, M. *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. (Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore, 2006). – str. 5

³⁵ Govedič, M. *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. (Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore, 2006). – str. 18

³⁶ Govedič, M. *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. (Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore, 2006). – str. 18

³⁷ Govedič, M. *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. (Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore, 2006). – str. 18

³⁸ Govedič, M. *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. (Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore, 2006). – str. 19

³⁹ Govedič, M. *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. (Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore, 2006). – str. 20

⁴⁰ Potočni rak ali jelšavec (dostopno na: <https://www.notranjski-park.si/izobrazevalne-vsebine/zivalski-svet/raki/deseteronozci/jelsevec>)

⁴¹ Govedič, M. *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. (Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore, 2006). – str. 6

3.5.2 Saprobni indeks

Biološko kakovost vodotokov lahko ocenjujemo s saprobnim indeksom, ki nam pokaže organsko obremenitev v vodi.⁴² Saprobnost je stanje kakovosti vode, ki izhaja predvsem iz organske obogatitve, vse to pa se odraža v vrstni pestrosti. Na začetku 20. stoletja sta znanstvenika Marsson in Kolkwitz (1902) objavila seznam indikatorjev za bentoške alge in nevretenčarje. Po drugi svetovni vojni je Liebmann (1951) objavil razširjen priročnik ter obsežen seznam indikatorjev vodnega okolja. Njegov način omogoča vizualizacijo ter shranjevanje podatkov o stanju ekološkega stanja vodotokov po principu barvnega označevanja v različne baze podatkov.⁴³ Še kasneje sta Pantle in Buck (1955) uvedla sistem razvrščanja v razrede, kjer vrednost saprobnega indeksa s slabšanjem življenjskih pogojev narašča od 1 proti 4.⁴⁴ Zadnja sprememba saprobnega pristopa razvrščanja vodotokov je bila okoli leta 2006, od takrat morajo vodna telesa opredeliti na podlagi pristopov in referenčnih pogojev.⁴⁵

⁴² Kakovost voda v Sloveniji (dostopno na:

<https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Kakovost%20voda-SLO.pdf>)

⁴³ Schmutz, S. in Sendzimir, J. *Riverine Ecosystem Management*. (Springer International Publishing AG). – str. 373

⁴⁴ Kakovost voda v Sloveniji (dostopno na:

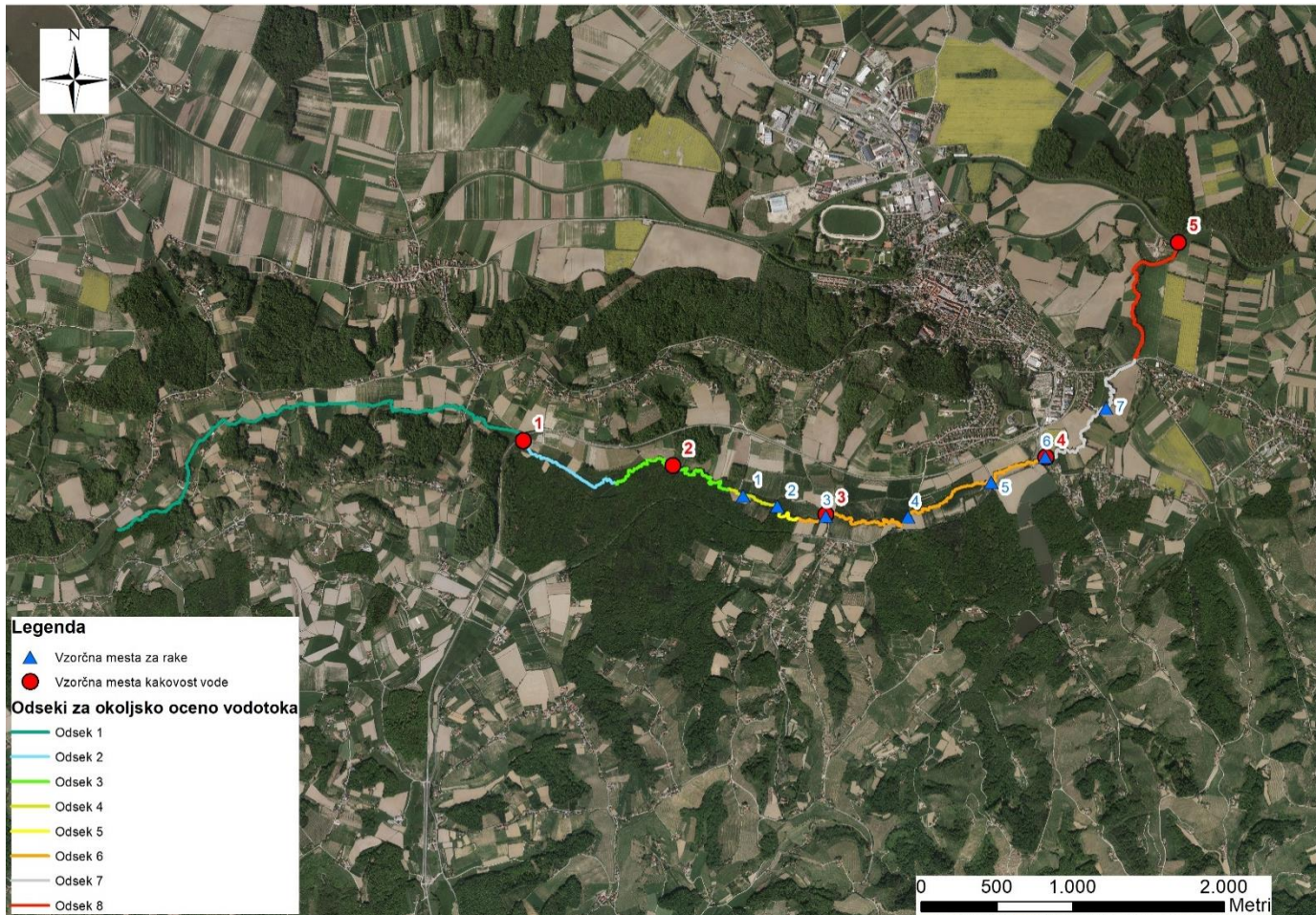
<https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Kakovost%20voda-SLO.pdf>)

⁴⁵ Schmutz, S. in Sendzimir, J. *Riverine Ecosystem Management*. (Springer International Publishing AG). – str. 373

4 METODE DELA

4.1 Izbira vzorčnih mest

Za kemijsko analizo vode sem si izbrala pet vzorčnih mest na potoku Kostanjevica. Izbrala sem jih glede na možnost dostopa, pazila pa sem tudi, da sem si prvo vzorčno mesto zbrala blizu izvira, vsako naslednje pa čez približno 1 km zračne razdalje v smeri izliva.



Slika 4: Zemljevid vzorčnih mest ter odsekov (vir: Geodetska uprava RS, Agencija RS za okolje – linija vodotoka).

Slika 5 prikazuje *vzorčno mesto 1*, kjer sem opravila odvzem vzorca za kemijsko analizo vode ter vzorčenje vodnih nevretenčarjev. Potok Kostanjevica tukaj teče neposredno ob železniški progi.



Slika 5: Vzorčno mesto 1 (vir: Jurkovič, N., 2020).

Slika 6 prikazuje *vzorčno mesto 2*, kjer sem opravila odvzem vzorca za kemijsko analizo vode ter vzorčenje vodnih nevretenčarjev. Potok Kostanjevica meandrira med gozdom in njivami.



Slika 6: Vzorčno mesto 2 (vir: Jurkovič, N., 2020).

Slika 7 prikazuje *tretje vzorčno mesto* in se nahaja pod mostom, ki potok prečka. Tudi na tretjem vzorčnem mestu sem opravila odvzem vzorca za kemijsko analizo vode ter vzorčenje nevretenčarjev.



Slika 7: Vzorčno mesto 3 (vir: Jurkovič, N., 2020).

Slika 8 prikazuje *vzorčno mesto 4*, v bližini katerega so gospodarska poslopja (hiše). Tukaj je potekalo četrta odvzem vode ter vzorčenje nevretenčarjev.



Slika 8: Vzorčno mesto 4 (vir: Jurkovič, N., 2020).

Na sliki 9 je zadnje, *peto vzorčno mesto*, tik preden se potok Kostanjevica izlije v reko Ščavnico.



Slika 9: Vzorčno mesto 5 (vir: Jurkovič, N., 2020).

4.2 Analiza vode

Začetki analize vode segajo med 16. in 18. stol., ko so odkrili barvne reakcije za odkrivanje raztopljenih snovi v vodi. Prvi »prenosni laboratoriji« so bili tako trgu predstavljeni že okoli leta 1800. Prvi pomemben vzpon v analizi vode se je zgodil v 19. stol. zaradi razvoja titrimetričnih in kolometričnih metod, omenjene metode pa so v drugi polovici 20. stol. dobile večji pomen zaradi vse večjega onesnaženja.⁴⁶

Danes posebni reagenti omogočajo natančno določanje snovi z uporabo barvnih spojin, katerim se intenzivnost barve poveča skupaj s koncentracijo. Za primerjavo barv se uporabljajo barvne lestvice po načelu primerjave barv, po katerih lahko analiziramo predbarvane vzorce vode. Primerjalnik vključuje vzorec vode brez reagenta in vzorec vode z ustreznim barvilom. Za določitev koncentracije primerjalnik pomikamo po barvni lestvici, dokler se barvi ne ujemata, pri čemer je pomembna natančnost.⁴⁶

4.2.1 Kolorimetrične metode

Pri kolorimetričnih metodah s pomočjo posebnih reagentov, ki tvorijo obarvane spojine, lahko določimo iskano snov in njeno koncentracijo na podlagi intenzivnosti barve, ki sorazmerno narašča s koncentracijo iskane snovi. Reagente dodamo le v eno epruveto.⁴⁶

4.2.2 Titrimetrične metode

S titrimetričnimi metodami analiziramo snovi, ki se težje pretvorijo v barvne spojine. Pri tej metodi vzorcu z neznano snovjo po kapljicah dodajamo reagent, ki reagira na določeno količino vzorca. Količina kapljic, potrebna za doseg spremembe barve indikatorja, predstavlja količino iskane snovi v vzorcu vode.⁴⁶

Pri analizi sem uporabljala šolski kovček za analizo vode Visocolor school, ki ga prikazuje slika 10.

Nekaj dni pred odvzemom vzorcev vode, ki sem jih odvzela 22. februarja 2020, ni deževalo. Temperature na dan odvzema so bile pod 0 °C.



Slika 10: Kovček za analizo vode (vir: Jurkovič, N., 2020).

⁴⁶ Analiza vode (dostopno na: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf)

4.3 Fizikalno-kemijski dejavniki v vodotokih

4.3.1 Temperatura vode

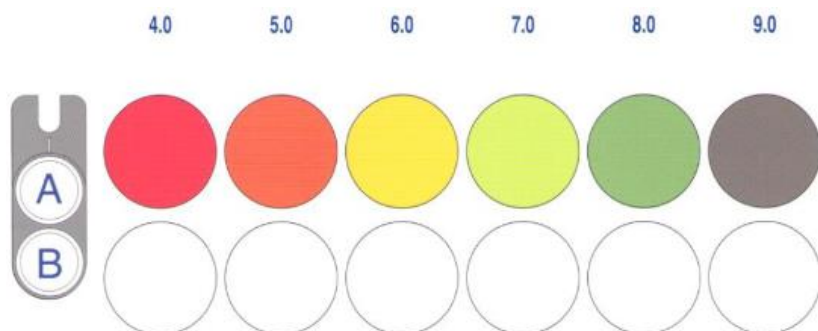
Za določitev temperature vode sem si pomagala z digitalnim termometrom. Konico termometra sem potisnila v vodo do polovice globine, termometer prižgala ter počakala, da se je nihanje temperature ustavilo. Temperaturo sem nato odčitala ter jo zabeležila v popisni list za terensko zbiranje podatkov (tabela 1).

Tabela 1: Popisni list za terensko zbiranje podatkov

vzorčno mesto	temperatura (°C)	globina vode - skrajni desni rob (cm)	globina vode - sredina (cm)	globina vode - skrajni levi rob (cm)	širina struge (m)
1					
2					
3					
4					
5					

4.3.2 pH vode

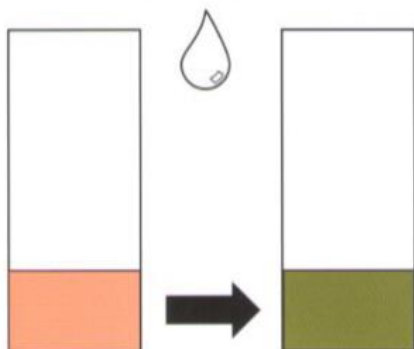
Za analizo pH vode sem najprej s pomočjo brizgalke v vsako vzorčno posodico nalila 5 ml vode. Ena vzorčno posodico sem postavila na mesto A na komparatorju (plastičnem primerjalniku). V vzorčno posodico B sem dodala 4 kapljice reagenta pH-1, jo zaprla in pretresla. Nato sem vzorčno posodico postavila na mesto B na komparatorju ter primerjala barvni lestvici (slika 11).



Slika 11: Barvna lestvica za pH (vir: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf, pridobljeno: 21. 12. 2019).

4.3.3 Trdota vode

Za analizo trdote vode sem s pomočjo brizgalke najprej nalila 5 ml vzorca vode v vsako vzorčno posodico. V eno vzorčno posodico sem nato dodala 2 kapljici reagenta GH-1, jo previdno premešala. Moj testirani vzorec se je obarval rdeče. Nato sem po kapljicah dodajala reagent GH-2, kapljice štela ter po vsaki dodani kapljici premešala, dokler se vzorec ni obarval zeleno (slika 12). Glede na število dodanih kapljic sem iz tabele odčitala celokupno trdoto vode.

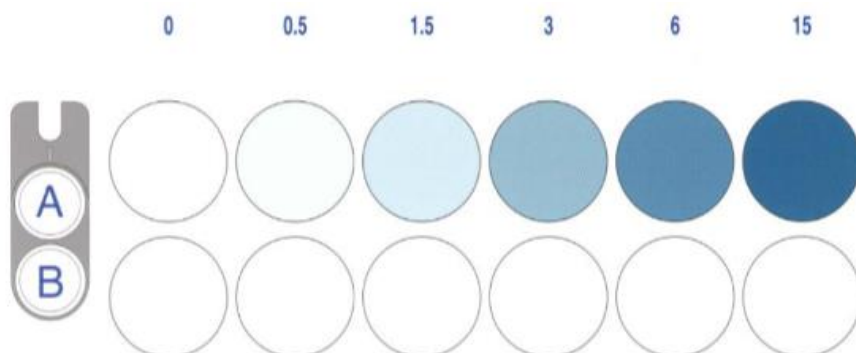


Slika 12: Preskok barve pri analizi vzorca za trdoto vode (vir: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf, pridobljeno: 21. 12. 2019).

4.3.4 Raztopljeni plini

4.3.4.1 Fosfatni ioni

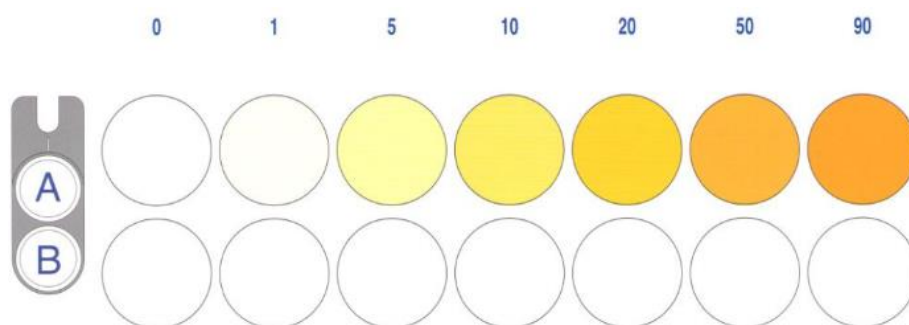
Za analizo vsebnosti fosfatnih ionov sem s pomočjo brizgalke najprej nalila 5 ml vzorca vode v vsako vzorčno posodico. Eno vzorčno posodico sem postavila na položaj A na komparatorju (plastičnem primerjalniku). V vzorčno posodico B sem dodala 6 kapljic reagenta $\text{PO}_4\text{-1}$, jo zaprla in jo pretresla. Nato sem dodala še 6 kapljic reagenta $\text{PO}_4\text{-2}$, jo zaprla, pretresla in počakala 10 min. Po pretečenem času, sem posodico postavila na položaj B na komparatorju ter primerjala barvni lestvici (slika 13).



Slika 13: Barvna lestvica za fosfatni ion v mg/L PO_4^{3-} (vir: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf, pridobljeno: 21. 12. 2019).

4.3.4.2 Nitratni ioni

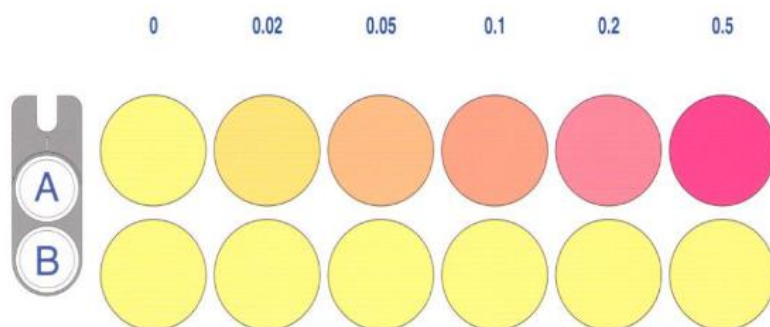
Za analizo vsebnosti nitratnih ionov sem s pomočjo brizgalke najprej nalila 5 ml vzorca vode v vsako vzorčno posodico. Ena vzorčno posodico sem postavila na položaj A na komparatorju (plastičnem primerjalniku). V vzorčno posodo B sem dodala 5 kapljic reagenta $\text{NO}_3\text{-1}$, jo zaprla in pretresla. V posodico B sem nato dodala 1 polno žlico reagenta $\text{NO}_3\text{-2}$, jo zaprla in stresala približno 1 min. Nato sem vzorčno posodico zaprla in počakala 5 min, jo nato postavila na položaj B na komparatorju in primerjala barvni lestvici (slika 14).



Slika 14: Barvna lestvica za nitratni ion v mg/L NO_3^- (vir: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf, pridobljeno: 21. 12. 2019).

4.3.4.3 Nitritni ioni

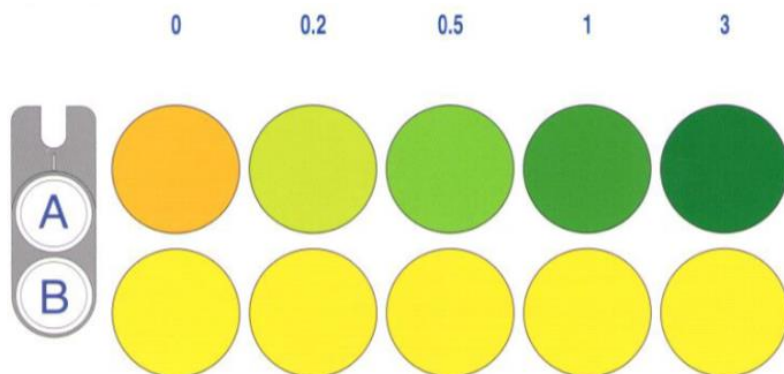
Za analizo vsebnosti nitritnih ionov sem s pomočjo brizgalke nalila 5 ml vzorca vode v vsako vzorčno posodico. Ena vzorčno posodico sem postavila na položaj A na komparatorju (plastičnem primerjalniku). V vzorčno posodico B sem nato dodala 4 kapljice reagenta $\text{NO}_3\text{-1}$, jo zaprla in pretresla. V vzorčno posodico sem nato dodala polno žlico reagenta $\text{NO}_2\text{-2}$, jo zaprla in stresala dokler se prah ni raztopil. Nato sem počakala 10 min, vzorčno posodico postavila na položaj B na komparatorju in primerjala barvne lestvice (slika 15).



Slika 15: Barvna lestvica za nitritni ion v mg/L NO_2^- (vir: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf, pridobljeno: 21. 12. 2019).

4.3.4.4 Amonijevi ioni

Za analizo vsebnosti amonijevih ionov sem s pomočjo brizgalke nalila 5 ml vzorca vode v vsako vzorčno posodico. Ena vzorčno posodico sem postavila na položaj A na komparatorju (plastičnem primerjalniku). V vzorčno posodico B sem nato dodala 10 kapljic reagenta $\text{NH}_4\text{-1}$, jo zaprla in pretresla. V vzorčno posodo sem nato, s priloženo umerjeno žlico dodala reagent $\text{NH}_4\text{-2}$, jo zaprla in stresala dokler se prah ni raztopil. Počakala sem 5 min ter po pretečenem času dodala še 4 kapljice reagenta $\text{NH}_4\text{-3}$, jo zopet zaprla in pretresla ter počakala 7 min. Vzorčno posodico sem postavila na položaj B v komparatorju ter primerjala rezultate na barvni lestvici (slika 16).



Slika 16: Barvna lestvica za amonijev ion v mg/L NH_4^+ (vir: http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf, pridobljeno: 21. 12. 2019).

4.4 Hidromorfološki dejavniki

4.4.1 Globina vode in širina vodotoka

Pri določanju globine vode sem uporabila meter, ki sem ga potopila do dna struge ter nato odčitala dolžino v centimetrih. Globino vode sem merila na skrajnem levem in desnem robu ter na sredini (tabela 1). Za določitev širine vodotoka pa sem si pomagala z laserskim merilnikom razdalj (Bosch - GLM 250 VF Professional). Aparaturo sem najprej prižgala, jo nastavila na gladino vode ter z laserjem namerila na drugi konec struge. Laserski merilnik mi je nato izmeril širino, ki sem jo zapisala v popisni list za terensko zbiranje podatkov (tabela 1).

4.5 Saprobní indeks

Terenski del raziskave je potekal 28. 2. 2020. Vzorčila sem s standardno ročno mrežo z okvirjem v velikosti 25 x 25 cm, ki ima odprtine velike 0,5 x 0,5 mm. Mrežo sem postavila pravokotno na substrat z odprtino proti toku. Z eno nogo sem držala mrežo čvrsto pritisnjeno ob dno, z drugo pa sem močno razbrcala substrat približno 0,5 m nazaj proti toku. Izvedla sem t. i. »kick sampling« (slika 17). Počakala sem nekaj časa, da je vodni tok odnesel živali in dvignjene usedline v mrežo. Postopek sem na vseh vzorčnih mestih ponovila 3-krat. Vodne nevretenčarje sem določila do različnih taksonomskih stopenj in osebke preštela.



Slika 17: Nabiranje vzorcev nevretenčarjev z metodo »kick sampling« (vir: Gregorc, T., 2020).

Za vsako vrsto je določena povprečna saprobna vrednost s (ocena ekološkega pojavljanja neke vrste, kjer je deset točk empirično porazdeljenih preko štirih saprobnih kategorij). Povprečno saprobno vrednost sem izračunala tako, da sem pomnožila število točk v vsaki kategoriji onesnaženja s številom kategorije, nato pa vsoto zmnožkov delila z deset. Za vsako vrsto je določena tudi indikatorska vrednost G , v rangu od 1 do 5, da bi tako dali večjo težo vrstam z ožjim ekološkim pojavljanjem.

Saprobni indeks sem izračunala po naslednji enačbi:

$$SI = \frac{\sum (s \cdot Gi)}{\sum Gi}$$

s – saprobna vrednost

Gi – indikatorska vrednost taksona

Glede na izračunano vrednost vodotok razdelimo v kakovostne razrede (tabela 2) in mu določimo saprobno stopnjo (Priloga A).

Tabela 2: Kakovost vodnega okolja glede na vrednosti saprobnega indeksa

Saprobna stopnja	Vrednost SI	Kakovostni razred	Stopnja obremenjenosti vodotoka
oligosaprobna	1,0–1,5	1	neobremenjena do zelo malo obremenjena
oligo do β -mezosaprobna	<1,5–1,8	1–2	majhna
β -mezosaprobna	<1,8–2,3	2	zmerna
β do α -mezosaprobna	<2,3–2,7	2–3	srednja
α -mezosaprobna	<2,7–3,2	3	srednja do močna
α -mezosaprobna do polisaprobna	<3,2–3,5	3–4	močna
polisaprobna	<3,5–4,0	4	zelo močna

4.6 Ekomorfološko vrednotenje vodotokov

Za ekomorfološko vrednotenje uporabljamo RCE metodo, ki se uporablja za ocenjevanje majhnih, nižinskih vodotokov, poteka pa na osnovi fizičnih in biotskih značilnosti vodotoka, z upoštevanjem njegovega zaledja. Karakteristike, ki jih upoštevamo pri RCE metodi, so: raba tal za obrežnim pasom (v zaledju struge), širina obrežnega pasu, sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu, vegetacijo v pasu 0–10 m od struge, zadrževalne strukture v strugi, oblika struge, usedline v strugi, struktura rečnega brega, spodjedanje brega, dno vodotoka, pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov ter detrit oz. ostanek odmrlih živalskih ali rastlinskih organizmov.

Celoten vprašalnik za oceno stanja vodotoka s pomočjo RCE metode je v prilogi B.

Vodotok sem razdelila na osem odsekov. Začetek novega odseka sem določila na podlagi očitnih sprememb v samem vodotoku (prisotnost in gostota obrežne vegetacije, zaledje, spremembe struge ...). S pomočjo prirejene metode RCE sem nato določila širšo okoljsko oceno za določen odsek. Za vsakega od dvanajstih parametrov sem od štirih možnih opisov izbrala enega, ki je najbolj ustrezen ter ga vpisala v obrazec RCE (Priloga B). Vsakemu opisu pripada določeno število točk, s seštevkom teh točk pa sem s pomočjo tabele 3 določila stanje vodotoka oz. ga uvrstila v kakovostni razred. V primeru, da se nisem mogla odločiti za eno od štirih možnih lastnosti, sem določenim parametrom dodelila srednjo vrednost med dvema najbolj značilnima lastnostnima posameznega odseka.

Tabela 3: Vrednosti indeksa RCE, izražene kot kakovostni razredi (Urbanič G. in Toman M. J., 2003).

Razred	Št. točk	Ocena	Barva	Priporočena dejavnost
I	227–280	odlično	modra	Biomonitoring in zaščita obstoječega stanja – referenčna lokacija.
II	173–226	zelo dobro	zelena	Potrebne so spremembe na posameznih odsekih.
III	119–172	dobro	rumena	Potrebne so manjše spremembe vzdolž večjega dela struge.
IV	65–118	slabo	rjava	Potrebne so večje spremembe struge in blaženje učinkov iz zaledja.
V	12–64	zelo slabo	rdeča	Potrebna je reorganizacija struge in blaženje učinkov iz zaledja.

4.7 Popis jelševca (*Astacus astacus*)

15. 9. 2019 sem se z namenom analiziranja prisotnosti potočnih rakov v potoku Kostanjevica odpravila na vzorčna mesta. Ob prihodu na teren sem najprej izmerila temperaturo zraka in jo zabeležila v beležko. Nato sem si ogledala teren in si izbrala lokacijo, kjer bom nastavila vršo (pripravo za lovljenje rakov). Lokacijo sem izbrala na podlagi ustreznosti substrata, saj jelševcu ustreza prodnato do peščeno dno, kjer lahko koplje rečine. GPS lokacijo sem nato shranila v telefon. V majhen žepek vrše sem nastavila vabo (pest surovih piščančjih jeter), žepek zaprla ter vršo vrgla v vodo tako, da je bila postavljena vzporedno s tokom (slika 18). Vrvico vrše sem pritrdila na bližnje drevo, celoten postopek pa sem ponovila na sedmih lokacijah. Naslednje jutro sem se odpravila na lokacije, kjer sem nastavila vrše, jih izvlekla in preverila, ali se je ujel kak rak.



Slika 18: Vrša (vir: Jurkovič, N., 2019).

4.8 Analiza prostorskih podatkov

Prostorske podatke sem analizirala s pomočjo GIS orodja (program Arc Map 10.3), ki omogoča uporabo različnih vektorskih slojev ter analizo rabe tal in pripravo grafičnih prilog.

4.9 Opravljanje terenskega dela

Datum:	Obseg dela:
15. september 2019	Zvečer sem se odpravila na 4 prej določene lokacije za analizo rakov (slika 4) ter tam nastavila vrše.
16. september 2019	Zjutraj sem najprej na štirih lokacijah vrše izvlekla ter preverila prisotnost rakov. Zvečer sem na drugih treh lokacijah, ki so bile više proti izlivu, kot prejšnje štiri, ponovno nastavila vrše.
17. september 2019	Zjutraj sem na treh lokacijah, kjer sem prejšnjo večer nastavila vrše preverila prisotnost rakov.
22. januar 2020	Na vseh petih vzorčnih mestih za kemijsko analizo vode (slika 4), sem odvzela vzorce vode ter jih doma nato analizirala.
2. februar 2020	Za pridobitev podatkov za RCE metodo, sem se sprehodila vzdolž potoka, ki sem ga razdelila na osem odsekov (slika 4) ter sproti izpolnjevala RCE metodo (priloga B)
26. februar 2020	Ponovno sem se odpravila na enaka vzorčna mesta, kot pri kemijski analizi (slika 4) ter tam izvedla metodo »kick sampling«. Doma sem nato s pomočjo lupe osebke določila do različnih taksonomskih stopenj ter jih preštela.

5 ANALITIČNI DEL

5.1 Analize vode

5.1.1 pH

Tabela 4: pH vrednosti na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	pH
1	6–7
2	7
3	7–8
4	7–8
5	8

pH, ki sem ga izmerila v vzorcih vode, se je gibal med 6 in 8 (tabela 4). Na prvem vzorčnem mestu je bila voda rahlo kislja, saj je bil pH med 6 in 7. Na drugem vzorčenem mestu sem izmerila pH 7, kar pomeni, da je bila voda nevtralna (ne kislja in ne bazična). Na tretjem vzorčnem mestu je voda začela postajati rahlo bazična, saj sem izmerila pH med 7 in 8. Tudi na četrtem vzorčnem mestu sem dobila enake rezultate kot pri tretjem, voda je torej postala rahlo bazična. Pri vzorcu vode, ki sem ga pobrala na petem vzorčnem mestu, pa je vrednost pH znašala 8, torej je bila najbolj bazična od vseh odvzetih vzorcev.

5.1.2 Trdota vode

Tabela 5: Trdota vode na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	Trdota vode (mg/L):
1	71,2
2	71,2
3	124,6
4	124,6
5	249,2

Trdota vode se je v smeri izliva potoka Kostanjevica v Ščavnico višala (tabela 5). K vzorcu vode iz prvega vzorčnega mesta sem dodala 4 kapljice reagenta GH-2, kar je pomenilo 71,2 mg raztopljenega CaCO_3 v litru vode. Tudi v vzorec, ki sem ga odvzela na drugem vzorčnem mestu, sem dodala 4 kapljice reagenta GH-2. Število dodanih kapljic reagenta GH-2 se je pri vzorcu iz tretjega vzorčnega mesta povečalo na 7 kapljic, kar pomeni, da se je tudi vsebnost CaCO_3 povečala na 124,6 mg/L. Tudi pri četrtem vzorcu sem dodala 7 kapljic GH-2 reagenta. Pri petem vzorcu pa se je število dodanih kapljic povečalo na 14, kar je pomenilo 249,2 mg CaCO_3 na liter vzorca.

5.1.3 Fosfatni ioni

Tabela 6: Vrednost fosfatnih ionov na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	Vrednost fosfatnih ionov (mg/L):
1	0,5
2	0
3	0,5
4	0
5	0

Vsebnost fosfatnih ionov se pri različnih vzorcih ni bistveno spreminjala. V prvem in tretjem vzorcu je bila 0,5 mg/L. Pri analizi vzorcev iz vzorčnih mest 2, 4 in 5 prisotnosti fosfatnih ionov nisem ugotovila (tabela 6).

5.1.4 Nitratni ioni

Tabela 7: Vrednost nitratnih ionov na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	Vrednost nitratnih ionov (mg/L):
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10

Vsebnost nitratnih ionov je bila na vseh vzorčnih mestih enaka, in sicer 10 mg/L (tabela 7).

5.1.5 Nitritni ioni

Tabela 8: Vrednost nitritnih ionov na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	Vrednost nitritnih ionov (mg/L):
1	0,05
2	0,05
3	0,05
4	0,1
5	0,05

Vsebnost nitritnih ionov se s spreminjanjem vzorčnih mest ni pretirano spreminjala. Na vseh vzorčnih mestih, razen na četrtem, je bila vsebnost 0,05 mg/L, na četrtem pa 0,1 mg/L (tabela 8).

5.1.6 Amonijevi ioni

Tabela 9: Vrednost amonijevih ionov na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	Vrednost amonijevih ionov (mg/L):
1	1–3
2	0
3	0,5
4	0,2–0,5
5	0,2–0,5

Vsebnost amonijevih ionov se je glede na vzorčna mesta najbolj spreminjala, in sicer je v smeri proti izlivu padala (tabela 9). Na prvem vzorčnem mestu je bila vrednost med 1 in 3 mg/L. V vzorcu iz drugega vzorčnega mesta prisotnosti amonijevih ionov nisem zaznala. V vzorcu iz tretjega vzorčnega mesta je bila vsebnost amonijevih ionov 0,5 mg/L. V četrtem in petem vzorcu se je vsebnost amonijevih ionov gibala med 0,2 in 0,5 mg/L.

5. 2 Temperatura vode

Tabela 10: Izmerjena temperatura vode na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	Temperatura (°C):
1	1,4
2	0,6
3	1,0
4	1,1
5	1,7

Izmerjena temperatura vode je bila različna na vseh petih vzorčnih mestih (tabela 10). Najnižjo temperaturo vode sem izmerila na drugem vzorčnem mestu (0,6 °C), najvišjo pa tik pred izlivom potoka Kostanjevica v reko Ščavnico (1,7 °C).

5.3 Globina vode in širina vodotoka

Tabela 11: Izmerjena povprečna globina vode na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	Povprečna globina vode (cm):
1	14,05
2	9,30
3	21,67
4	11,27
5	16,90

Za boljšo preglednost rezultatov sem izračunala povprečno globino vode za vsakega izmed vzorčnih mest (tabela 11). Voda je bila najbolj plitva na drugem vzorčnem mestu, najgloblja pa na tretjem. Globino vode sem merila 22. 1. 2020, zaradi nihanja vodostaja pa se globina spreminja.

Tabela 12: Izmerjena širina vodotoka na vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto:	Širina struge (m):
1	1,940
2	1,851
3	1,960
4	2,969
5	2,777

Širina struge je bila na prvih treh vzorčnih mestih dokaj podobna (tabela 12), in sicer okoli 2 m, na tretjem in četrtem vzorčnem mestu pa skoraj 3 m. Najširša struga je na vzorčnem mestu 4, najožja pa na vzorčnem mestu 2.

5.4 Popis jelševca

V vršo se ni ujel noben rak, zato nisem mogla določiti spola, dolžine koša, skupne dolžine ter poškodovanosti.

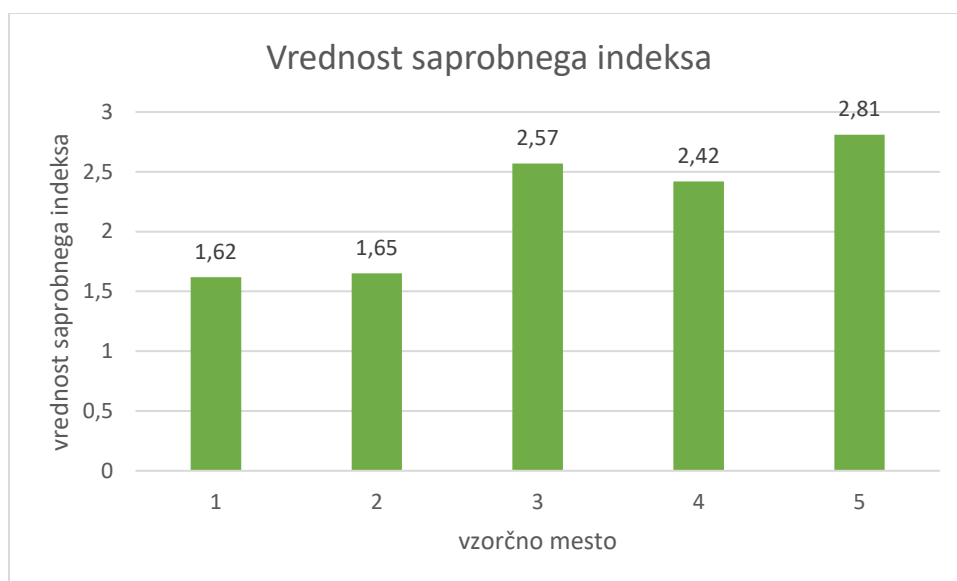
5.5 Saprobni indeks

Tabela 13: Poimenovanja in število nabranih osebkov.

Deblo	Razred	Red	Družina	1	2	3	4	5
Arthropoda	Crustacea	Amphipoda	Gammaridae	246	21	4	9	28
Arthropoda	Crustacea	Isopoda	Asellidae	0	0	8	6	3
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Gyrinidae	0	7	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	6	6	16	17	6
Annelida	Clitellata	Hirudinea	Hirudinidae	3	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4	0	0	0	0
Annelida	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	0	0	8	5	18
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlodidae	0	96	17	9	0
Annelida	Clitellata	Oligochaeta	Naididae	0	0	0	6	12

V vzorcih, ki so navedeni v tabeli 13, sem našla postranice (Amphipoda), enakonožce (Isopoda), hrošče (Coleoptera), dvokrilce (Diptera), pijavke (Diptera), enodnevnice (Ephemeroptera), vrbnice (Plecoptera) in maloščetinice (Oligochaeta). Največ je bilo postranic (308), veliko pa je bilo tudi vrbnic (z izjemo prvega in zadnjega vzorčnega mesta). Najmanj osebkov sem našla med pijavkami (3, le na prvem vzorčnem mestu).

Graf 1: Vrednost saprobnega indeksa.



Glede na tabelo kakovosti vodnega okolja glede na vrednosti saprobnega indeksa sem za prvo in drugo vzorčno mesto ugotovila oligo do β -mezosaprobnostopnjo, kar pomeni, da spadata med prvi in drugi kakovostni razred (graf 1).

Tretje in četrto vzorčno mesto imata β do α -mezosaprobnostopnjo (graf 1), kar pomeni, da je vodotok srednje obremenjen (2.–3. kakovostni razred).

Zadnje vzorčno mesto pa je imelo najvišjo – α -mezosaprobnostopnjo, kar pomeni, da je obremenjenost srednja do močna in spada v tretji kakovostni razred (graf 1).

5.6 Ekomorfološko vrednotenje vodotokov

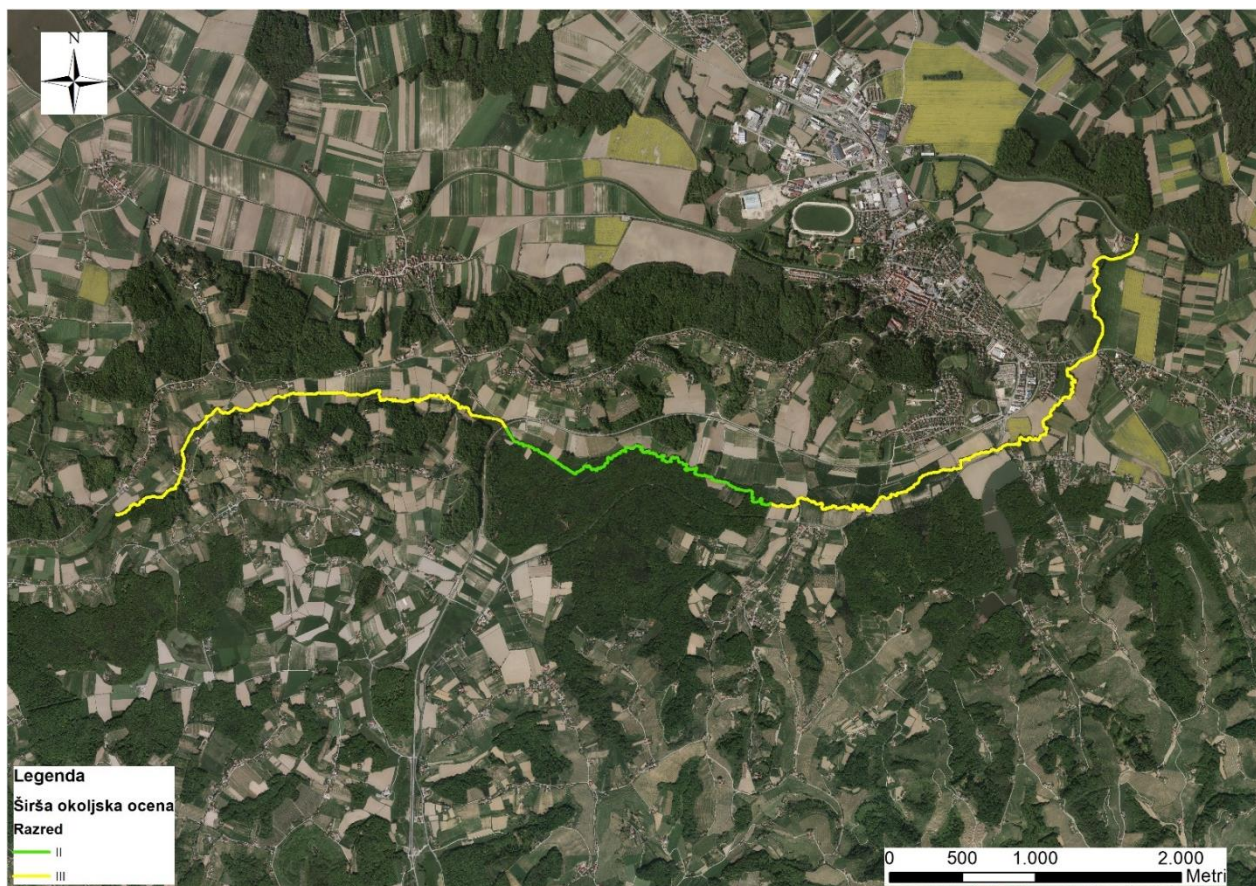
Tabela 14 prikazuje točke, ki sem jih glede na RCE metodo določila posameznemu odseku (odseki vidni na sliki 4).

Tabela 14: Ekomorfološka ocena odsekov Kostanjevice

Št. odseka	1	2	3	4	5	6	7	8
Parameter								
Raba tal za ob. pasom	10	20	20	10	10	1	1	1
Širina obrežnega pasu	5	5	20	5	20	5	5	5
Sklenjenost vegetacije	20	30	30	30	30	30	30	30
Vegetacija ob. pasu	5	20	25	25	25	20	20	20
Zadrževalne strukture	5	5	5	5	5	5	5	5
Oblika struge	15	15	15	15	15	15	15	15
Usedline struge	15	15	15	15	15	15	15	15
Struktura brega	15	15	15	15	15	15	15	15
Spodjedanje brega	20	15	15	15	15	15	15	15
Dno vodotoka	15	15	15	15	15	15	5	5
Brzice, tolmuni ...	25	25	25	25	25	25	25	25
Detrit	10	10	10	10	10	5	5	1
Skupaj število točk	160	190	210	185	200	166	156	152
Kakovostni razred	III	II	II	II	II	III	III	III

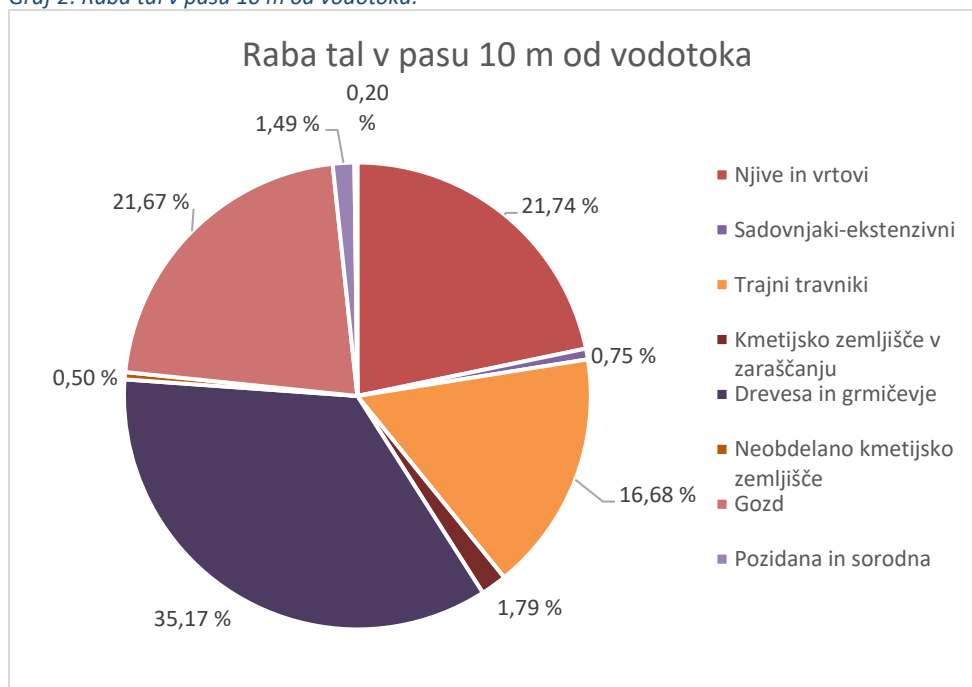
Glede na narejeno RCE metodo sem na podlagi dvanajstih parametrov (ki so navedeni v prvem stolpcu tabele 14) ugotovila ekomorfološko oceno Kostanjevice. Parametri, ki so najbolj vplivali na končno oceno, so bili: raba tal za obrežnim pasom, širina obrežnega pasu, sklenjenost vegetacije in vegetacija obrežnega pasu. Deloma je vplivalo tudi spodjedanje brega, dno vodotoka in detrit (ostanek odmrlih živalskih ali rastlinskih organizmov). Največ točk je zbral odsek 3 (tabela 14), takoj za njim sta odseka 5 in 2. Raba tal za obrežnim pasom je najbolje ocenjena na odsekih 2 in 3 (mozaik košenih travnikov/pašnikov, gozdov/močvirij ter malo obdelovalnih površin), najslabše pa na odsekih 6, 7 in 8 (prevladujejo obdelovalne površine ali strjeno urbano območje). Razlike so tudi v širini obrežnega pasu, le-ta je najbolje ocenjen na odsekih 3 in 5 (na odsekih, ki tečejo po gozdu). Glede sklenjenosti vegetacije je potok precej enoten, le na prvem odseku prihaja do rahlih prekinitev. Vegetacija obrežnega pasu je v 90 % poraščena z nepionirskimi lesnatimi vrstami le na odseku 3, 4 in 5, na odseku 1 pa vegetacijo sestavljajo trave in posamezna drevesa ali grmi. Glede na parameter spodjedanje brega odstopa le prvo območje, kjer spodjedanje ni vidno, na vseh ostalih območjih pa je vidno le na zožitvah in rečnih zavojih. Do odstopanj pa je prišlo tudi pri parametru detrit, kjer je na odseku 8 fin, anaerobni sediment, na odsekih 6 in 7 so grobi in fini organski delci pomešani s sedimentom, na ostalih odsekih pa sedimenta ni.

V najboljšem stanju je potok Kostanjevica v tistem delu, kjer je vsaj na enem bregu obdan z gozdom (slika 19).



Slika 19: Širša okoljska ocena potoka Kostanjevica (vir: Geodetska uprava RS, Agencija RS za okolje – linija vodotoka).

Graf 2: Raba tal v pasu 10 m od vodotoka.



S pomočjo grafa 3 sem določila izrabo tak v pasu 10 m od vodotoka. Iz grafa je razvidno, da v 10 – metrskem pasu prevladujejo drevesa in grmičevje (35,17%), večji delež pa predstavljajo tudi trajni travniki (16,68%), njive in vrtovi (21,74%) ter gozd (16,67%).

6 DISKUSIJA

6.1 Hipoteza 1: V potoku Kostanjevica, bo prisotnost potočnega raka jelševca (*Astacus astacus*)

Hipotezo sem **zavrгла**, saj prisotnosti potočnega raka jelševca nisem ugotovila na nobenem mestu, ki sem ga analizirala. Glede na nadaljnje opravljene analize bi prisotnost jelševca lahko pričakovala, saj je potok glede na kakovost v višjih kakovostnih razredih (glej tabelo 12). Pri terenskem delu v mesecu februarju 2020 sem na vzorčnem mestu 2, približno 20 m od potoka, našla ostanke večjega osebka potočnega raka jelševca (slika 20), ki najverjetneje izvira iz potoka Kostanjevica. Menim, da bi ga na bližnjo njivo lahko odnesel kateri od plenilcev (npr. vidra, ki smo jo v potoku Kostanjevica prav tako potrdili na več mestih).



Slika 20: Ostanek potočnega raka jelševca (vir: Gregorc, T., 2020).

6.2 Hipoteza 2: Voda je najmanj onesnažena v zgornjem delu vodotoka, najbolj pa v smeri izlivu v Ščavnico

Na **prvem vzorčnem mestu** je bila prisotnost amonijevih ionov med 1 in 3 mg/L, kar pomeni, da je bila voda onesnažena z amonijem. Vsebnost nitratnih ionov je bila 10 mg/L, kar pomeni, da je bila voda onesnažena, saj je optimum med 0,4 in 8 mg/L. Vsebnost nitritnih ionov ni bila zaskrbljujoča, saj je bila pod mejo onesnaženja, vsebnost fosfatnih ionov pa je bila 0,5 mg/L, kar pomeni, da je bila voda onesnažena s fosfatnimi ioni. pH je bil optimalen, saj se je gibal v območju med 6,5 in 8,5. Celokupno sem na prvem vzorčnem mestu ugotovila povečano koncentracijo (onesnaženost) za tri parametre. Glede na dejansko rabo tal gor-vodno od vzorčnega mesta ocenjujem, da je vzrok za slabšo kakovost vode verjetno v odpadnih izcednih vodah iz gospodinjstev in kmetij v neposredni bližini potoka.

Na **drugem vzorčnem mestu** prisotnosti amonijevih ionov nisem zaznala. Trdota vode je bila enaka kot na prvem vzorčnem mestu. Tudi vsebnost nitratnih ionov je bila enaka kot pri prvem vzorčnem mestu, in sicer nad mejo za onesnaženost. Vsebnost nitritnih ionov je bila minimalna, in sicer 0,05 mg/L. Fosfatnih ionov v vodi nisem zaznala, tudi tukaj pa je bil pH optimalen. Od petih analiziranih parametrov sem povečano koncentracijo ugotovila le pri enem, in sicer pri vsebnosti nitratnih ionov. Glede na rezultate gor-vodnega vzorčnega mesta se je kakovost vode verjetno zaradi samočistilne sposobnosti potoka izboljšala.

Na **tretjem vzorčnem mestu** je bila vsebnost amonijevih ionov manjša kot pri prvih dveh lokacijah, vendar je še vedno presegala mejo za onesnaženost. Tudi vsebnost CaCO_3 je bila večja kot na prvih dveh vzorčnih mestih. Vsebnost nitratnih ionov je bila 10 mg/L, kar pomeni onesnaženost. Vsebnost nitritnih ionov je bila 0,05 mg/L. Vsebnost fosfatnih ionov pa je bila na tretjem vzorčnem mestu prav tako nad mejo onesnaženosti. Čeprav se je pH začel nagibati proti bazičnemu, je še vedno ostal v optimumu. Skupno sem tudi tukaj ugotovila povečano koncentracijo pri treh parametrih (pri vsebnosti nitratnih ionov, vsebnosti fosfatnih ionov ter vsebnosti amonijevih ionov). Možen razlog za ponovno poslabšanje kakovosti vode je bližina naselja, iz katerega tik nad vzorčnim mestom priteče tudi manjši pritok.

Na **četrtm vzorčnem mestu** se je vsebnost amonijevih ionov gibala med 0,2 in 0,5 mg/L. Trdota vode je bila enaka kot na tretjem vzorčnem mestu. Vsebnost nitratnih ionov je bila tudi tukaj 10 mg/L. Nitratnih ionov je bilo 0,1 mg/L, kar je manj, kot je meja za onesnaženost. Prisotnosti fosfatnih ionov nisem zaznala, pH pa je bil tudi tukaj optimalen. Na četrtm vzorčnem mestu sem ugotovila povečano koncentracijo pri dveh parametrih (pri vsebnosti amonijevih in nitratnih ionov).

Na **petem vzorčnem mestu** je bila koncentracija amonijevih ionov prav tako povečana (med 0,2 in 0,5 mg/L). Trdota vode je bila tukaj največja. Vsebnost nitratnih ionov je bila tudi tukaj 10 mg/L. Vsebnost nitritnih ionov je bila minimalna. Prisotnosti fosfatnih ionov nisem zaznala, pH pa je bil optimalen. Od petih analiz vode sem povečane koncentracije ugotovila pri dveh parametrih (enako kot pri četrtm vzorčnem mestu, pri vsebnosti amonijevih in nitratnih ionov).

Hipotezo sem torej **zavrgla**, saj se onesnaženost vode ni večala proti izlivu. Voda je bila najbolj onesnažena na prvem in tretjem vzorčnem mestu, kjer so bili trije od petih parametrov nad mejnimi vrednostmi.

6.3 Hipoteza 3: Okoljska ocena Kostanjevice bo od izvira do izliva v Ščavnico vedno slabša

Tretjo hipotezo sem **potrdila** le **delno**. Kot je razvidno na sliki 19 (Širša okoljska ocena potoka Kostanjevica) spadajo odseki 1, 6, 7 in 8 v tretji kakovostni razred, odseki 2, 3, 4 in 5 pa v drugega. Glede na mojo hipotezo bi pričakovala, da bo najboljši kakovostni razred pri izviru, proti izlivu pa vedno slabši. Da bi se kakovost vodotoka izboljšala, bi bile za odseke 1, 6, 7 in 8 (III. kakovostni razred) potrebne manjše spremembe vzdolž večjega dela struge, za odseke 2, 3, 4 in 5 pa le na posameznih odsekih.

6.4 Hipoteza 4: Rezultati kemičnih analiz vode, RCE metode in saprobnega indeksa bodo v pozitivni korelaciji

Pri raziskovalni nalogi sem uporabila tri metode. To so bile kemijska analiza (s katero sem določila trenutno stanje vodotoka), RCE metoda (ki kaže na kakovost vodotoka glede na rabo okolice in ostalih naravnih lastnosti) ter saprobni indeks (ki kaže kakovost vode in vodnega okolja v daljšem časovnem obdobju). Kemijska analiza je pokazala, da se je stanje vode med prvim in drugim vzorčnim mestom izboljšalo, verjetno zaradi samočistilne sposobnosti potoka. Prav tako se je med prvim in drugim vzorčnim mestom izboljšal kakovostni razred po RCE metodi, medtem ko je kakovostni razred glede na rezultate saprobnega indeksa ostal enak. Kemijsko se je voda med drugim in tretjim vzorčnim mestom spet poslabšala, prav tako kakovostni razred glede na rezultate saprobnega indeksa, kakovostni razred po RCE metodi pa je ostal enak. Vzorčni mesti 4 in 5 se glede kemijske analize med seboj nista razlikovali, obe vzorčni mesti pa sem po RCE metodi uvrstila v tretji kakovostni razred (slabši kot vzorčno mesto pred njima). Glede saprobnosti se četrto vzorčno mesto glede na tretjega ni spremenilo, peto pa se je poslabšalo, in sicer v tretji kakovostni razred. Tudi zadnjo hipotezo sem tako **potrdila delno**.

Kljub temu da prisotnosti potočnega raka jelševca v vodotoku nisem ugotovila, sklepam, da je vrsta v potoku še vedno prisotna, in sicer najverjetneje v delu, ki je ekomorfološko bolje ohranjen (odseki 2, 3, 4 in 5), kjer njihove prisotnosti nisem preverjala (predvsem zaradi razmeroma nizkega vodostaja v času vzorčenja).

Analize vode, okoljska ocena vodotoka in saprobni indeks kažejo, da je vodotok najboljše ohranjen na delu, kjer v zaledju prevladujejo drevesa in grmičevje ter gozd (slika 19). Negativen vpliv na kakovost vode in prisotnost nevretenčarjev imajo kmetijske površine (predvsem njive), ki ponekod segajo čisto do struge vodotoka. Padavinska voda iz kmetijskih zemljišč spira hranila, zaradi skromnega obrežnega pasu se le-te spirajo v potok. Naselja ob potoku (z izjemo mesta Ljutomer) nimajo urejenega kanalizacijskega sistema, zato sklepam, da je vir povečanih koncentracij hranil tudi iz gospodinjestev (neustrezne greznice, iz katerih se izcedne vode stekajo tudi v potok ali njegove pritoke).

Vodotok je v relativno dobrem ekološkem stanju, boljše ekološko stanje je možno doseči s skrbnim odvajanjem in čiščenjem odpadnih voda iz gospodinjestev kot tudi z razširitvijo obrežnega pasu dreves in grmičevja (vsaj 5 m na obeh straneh vodotoka) in odmikom njiv od vodotoka.

7 VIRI IN LITERATURA

Atlas okolja [online]. *Agencija RS za okolje*. [citirano 21. feb. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso>

Barendregt, A., Bio, M. F. A. (2003): *Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters*. *Ecological Modelling*, str. - 212.

Bentoški nevretenčarji celinskih voda [online]. *Digitalna knjižnica Slovenije*. [citirano 23. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-ZSVM2ETY/49f036c4-1e07-40d5-ad71-417330a67523/PDF>>

Belšak, N. (2018): *Priročnik z navodili za izdelavo raziskovalne naloge* [Elektronski vir]. Ptuj : ZRS Bistra = Scientific Research Centre Bistra.

Citotoksin [online]. *Termania*. [citirano 16. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://www.termania.net/slovarji/slovenski-medicinski-slovar/5510157/citotoksin>>

Cronk, J. K., Fennessy, M. S. (2001): *Wetland plants*. Lewis Publishers, . ISBN – 978-1-4200-3292-5....
Giller P.S. in Malmqvist B. *The Biology of Streams and Rivers*. Oxford University Press, New York, 1998. ISBN – 0 19 854977 6, str. – 462.

Direkcija za vode. [online]. *Republika Slovenija Gov.si*. [citirano 21. feb. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://www.gov.si/drzavni-organi/organi-v-sestavu/direkcija-za-vode/>>

Geodetska uprava Republike Slovenije [online]. *Ministrstvo za okolje in prostor*. [citirano 21. feb. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://www.e-prostor.gov.si/>>

Govedič, M. (2006): *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. Miklavž na Dravskem polju : Center za kartografijo favne in flore. ISBN 961-90512-2-X, str. – 5, 6, 18, 19, 20.

Greenhalgh, M. in Ovenden, D. (2007): *Freshwater life*. Harper Collins Publisher : London. ISBN – 978 0 00 71777 6

Kakovost voda v Sloveniji [online]. ARSO. [citirano 21. dec. 2019]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Kakovost%20voda-SLO.pdf>>

Lampert, W. in Sommer, U. (2007): *Limnoecology*. Oxford University Press Inc., New York. ISBN – 978-0-19-921392-4, str. – 21, 22, 28, 41, 44, 213.

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. [online]. *Republika Slovenija Gov.si*. [citirano 21. feb. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://www.gov.si/drzavni-organi/ministrstva/ministrstvo-za-kmetijstvo-gozdarstvo-in-prehrano/>>

Moog O. (ed.), (2002). *Fauna Aquatica Austriaca*. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster, Wien.

Opisi indikatorskih parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi [online]. *Nacionalni inštitut za javno zdravje*. [citirano 21. dec. 2019]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/indikatorski_parametri_0.pdf>

Petersen R. C. (1992): *The RCE: a Riparian, Channel, and Environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape*. *Freshwater Biology* 27: 295-306

pH definicija [online]. *ThoughtCo*. [citirano 21. dec. 2019]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://www.thoughtco.com/definition-of-ph-in-chemistry-604605>>

Plini v vodi [online]. *Eučbeniki*. [citirano 22. dec. 2019]. Dostopno na spletnem naslovu: <<https://eučbeniki.sio.si/kemija1/588/index1.html>>

Pogled s "površine" na dogajanja v jezerskih ekosistemih [online]. [citirano dne 21. dec. 2019]. Dostopno na spletnem naslovu <<http://www.josko.org/pogledspovrsine.htm>>

Potok Kostanjevica [online]. *Wikipedia*. [citirano 13. feb. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <[https://sl.wikipedia.org/wiki/Kostanjevica_\(%C5%A0%C4%8Davnica\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Kostanjevica_(%C5%A0%C4%8Davnica))>

Potočni rak ali jelševец [online]. *Notranjski park*. [citirano 28. feb. 2020] Dostopno na spletnem naslovu: <<https://www.notranjski-park.si/izobrazevalne-vsebine/zivalski-svet/raki/deseteronozci/jelsevec>>

Schmutz, S. in Sendzimir, J. *Riverine Ecosystem Management*. Springer International Publishing AG ISBN – 978-3-319-73249-7, str. – 373.

Smith, R. L. in Smith, T. M. (2001): *Ecology & field biology*. Benjamin Cummings. ISBN – 0-321-04290-5, str. – 630, 633.

Smrdu, A. (2009): *Kemija: Snov in spremembe 2*. Ljubljana: Jutro. ISBN – 978-961-6746-22-9, str. – 68.

Tekoče vode [online]. *ARSO*. [citirano 21. dec. 2019]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/Vodno_bogastvo_2tekoce_vod_e.pdf>

Urbanič, G. in Toman, M.J. (2003): *Varstvo celinskih voda*. Ljubljana: Študentska založba. ISBN - 9789616446167, str. – 93.

Vodni nevretenčarji [online]. *Zelena os regije* [citirano 23. jan. 2020] Dostopno na spletnem naslovu: <<http://www.zelena-os.si/nevretencarji.html>>

Vpliv hidroloških značilnosti na združbo vodnih nevretenčarjev [online]. *Repozitorij Univerze v Ljubljani*. [citirano 23. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_sever_maja.pdf>

Water analysis [online]. *Visocolor school*. [citirano 16. jan. 2020]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://ftp.mn-net.com/english/User%20manuals/Wateranalysis/VISOCOLOR/VISO_SCHOOL_Manual_en_de.pdf>

PRILOGE

Priloga A: Opis kakovostnih razredov v saprobnem sistemu (povzeto po Moog, 2002)

Kakovostni razred I

Stopnja obremenjenosti: neobremenjena do zelo malo obremenjena

Barva označevanja vodotokov: modra

A. Ksenosaprobna stopnja (stopnja obremenjenosti: neobremenjena)

Barva označevanja vodotokov: svetlo modra

Deli vodotokov, ki so uvrščeni v ksenosaprobno stopnjo vsebujejo vedno neobremenjeno in prozorno vodo, nasičeno s kisikom. Suspendirane organske snovi niso zaznavne. Voda je skoraj brez naravnih organskih snovi in v substratu ni redukcijskih procesov. Usedline so redko poseljene z algami, mahovi in nevretenčarji (predvsem ličinke žuželk). Ta kakovostni razred je značilen predvsem za izvorne dele zelo čistih gorskih potokov. Njihovo prispevno območje sestavljajo čiste kamnine. Za uradno označevanje kakovosti voda spada ta neobremenjena voda v oligosaprobni kakovostni razred.

B. Oligosaprobna stopnja

Stopnja obremenjenosti: zelo majhna

Barva označevanja vodotokov: temno modra

Oligosaprobna stopnja je oznaka za dele vodotokov s čisto, prozorno, z nutrienti revno vodo, ki je skoraj vedno 100 % nasičena s kisikom. Opazne so le nizke količine suspendiranih snovi ali bakterij. Tudi najmanjše usedline so vedno rjave ali svetle barve in zelo bogate z minerali. Redukcijski procesi niso prisotni. Substrat je poseljen z algami, mahovi in ličinkami žuželk (v srednjih in zgornjih delih vodotokov so prisotne številne vrste mladoletnic). Fava je običajno vrstno bogata, vendar osebki niso pogosti. Trzače (Chironomidae) so prisotne v nizkih abundancah; predvsem taksoni, ki rijejo v perifitonu (Diamesinae, Orthocladiinae). V taki vodi živijo vrtinčarji (Turbellaria) in občutljivi maloščetinci (Oligochaeta). Flora mahov je zastopana s številnimi vrstami, včasih z visoko pogostostjo. Perifiton (predvsem diatomeje in cianobakterije) je viden zgolj zaradi obarvanosti. Zelene alge (Chlorophyta) so redke. Oligosaprobni deli vodotokov tudi zaradi svoje fizične strukture predstavljajo idealna dristišča za postrvi. Ta kakovostni razred se pojavlja v izvirnih predelih in v zelo malo obremenjenih vodah vodotokov z nizkimi poletnimi temperaturami.

Kakovostni razred I–II (oligosaprobna do β -mezosaprobna stopnja)

Stopnja obremenjenosti: majhna

Barva označevanja vodotokov: modra/zelena

S tem prehodnim kakovostnim razredom so opisani deli vodotokov z nizko vsebnostjo anorganskih nutrientov in organskih snovi ter s prozorno vodo. V vodah so visoke vrednosti kisika in nizke vsebnosti suspendiranih organskih snovi. Drobne usedline so svetlih barv v vseh mikrohabitatih, na spodnji strani kamnov ni opaziti sledov redukcijskih procesov, npr. železovega sulfida. Prvotno so ti deli v pasu postrvi in so gosto poseljeni z različnimi vrstami alg, mahovi, ličinkami vrbnic, enodnevnih in mladoletnic kot tudi s hrošči (Hydraenidae, Elmidae) in ličinkami dvokrilcev. V teh odsekih vodotokov živijo vrtinčarji in na organsko obremenjenost občutljivi maloščetinci. Filtratorske mladoletnice se pojavljajo zgolj občasno. Trzače (predvsem Orthocladiinae in Diamesinae) so prisotne v večjem številu kot v kakovostnem razredu I.

Kakovostni razred II (β -mezosaprobna stopnja)

Stopnja obremenjenosti: zmerna

Barva označevanja vodotokov: zelena

Ta kakovostni razred je prisoten v delih vodotokov z zmerno organsko obremenjenostjo in s povečanimi koncentracijami nutrientov, toda še vedno z visokimi koncentracijami kisika. Lahko se pojavlja prenasičenost s kisikom. Voda v zgornjih in srednjih tokih vodotokov je neobremenjena, v njej so nizke koncentracije suspendiranih organskih snovi. V spodnjih delih vodotokov se zaradi naravnih procesov količina suspendiranih snovi lahko poveča. Usedline so svetle ali temne, vendar niso črne, ter zaradi obrasti pogosto spolzke. Na spodnji strani kamnov ni opaziti sledov redukcijskih procesov, npr. železovega sulfida. Proces biotske razgradnje potekajo v predelih nasičenih s kisikom. Redukcijski procesi se pojavljajo občasno v lentičnih delih potamalnih voda. Vrstna sestava in abundanca sta visoki za vse skupine živali, alg in drugih vodnih rastlin. Odstotek osebkov in število vrst trzač je v porastu (predvsem Orthoclaadiinae, v mirnih delih Tanytarsini in Chironomini). Filtratorske mladoletnice so številne v predelih s hitrim vodnim tokom, medtem ko se osebki iz družine Polycentropodidae lahko pojavljajo v velikem številu v potamalnih delih vodotokov. Makrofiti lahko prekrivajo večje dele dna, zelenih alg pa ni zelo veliko. V teh vodah je prisotno tudi večje število različnih vrst rib.

Razred II–III (β -mezosaprobna stopnja do α -mezosaprobna stopnja)

Stopnja obremenjenosti: srednja

Barva označevanja vodotokov: zelena/rumena

V ta prehodni razred so vključeni deli vodotokov, kjer je obremenjenost z nutrienti, ki povzročajo evtrofikacijo voda, ter z organskimi snovmi jasno opazna. Zaradi povečane količine organskih snovi je voda rahlo motna. V nekaterih lentičnih delih se pod velikimi kamni pojavlja blato. Drobnih sedimenti so svetlo obarvani na površini, v globljih conah pa črno (so kemijsko reducirani). Pod kamni se pojavljajo črne lise železovega sulfida. V primeru prisotnosti občutljivih vrst rib ali razvojnih stadijev so možni pomori rib zaradi velikih nihanj v koncentraciji kisika. Pestrost mikroorganizmov je zmanjšana in določene vrste se pogosto pojavljajo množično. Od makroinvertebratov so to spužve, živali na mahovih, raki, mehkužci, pijavke in žuželčje ličinke (od vrbnic le nekatere vrste iz rodov Leuctra, Nemoura, Nemourella). V večjem številu se občasno pojavljajo maloščetinci iz družin Naididae in Tubificidae. Filtratorske mladoletnice (predvsem Hydropsyche) se pogosto pojavljajo v večjem številu, enako tudi trzače, še posebej vrste, ki rijejo v usedlinah iz drobnih delcev. Poleg na organsko onesnaženje tolerantnih trzač iz skupin Orthoclaadiinae in Diamesinae so v psamalu pogoste Prodiamesinae. V pelalu prevladujejo Chironomini (predvsem Polypedium) in Tanytarsini (predvsem Micropsectra). Nitaste alge (npr. Cladophora) in makrofiti pogosto prekrivajo velik del dna ali tvorijo številne kolonije. Zelene alge so bolj pogoste kot v drugem kakovostnem razredu. Bakterije iz združbe »sewage fungus« so s sprostim očesom pogosto vidne, vendar še ne izstopajo. Vrstno najbolj pestra skupina so migetalkarji, posamezne kolonije so opazne s prostim očesom. V teh vodotokih je lahko še vedno veliko rib.

Razred III (α -mezosaprobna stopnja)

Stopnja obremenjenosti: srednja do močna

Barva označevanja vodotokov: rumena

Kakovostni razred III se pojavlja v delih rek s prekomerno organsko obremenjenostjo in s pogostimi pomanjkanji kisika. Voda je delno obarvana in motna, kar je posledica prisotnih suspendiranih snovi iz odpadnih voda. V lentičnih predelih je substrat predvsem blato, spodnje strani kamnov pa so prekrite z velikimi črnimi lisami železovega sulfida. Prevladujejo zamuljene usedline, v globljih predelih so črne in podobne blatu. Od makroinvertebratov so v večjem številu prisotne skupine tolerantne na pomanjkanje kisika, kot so spužve, pijavke in vodni oslički. Med maloščetinci prevladujejo Tubificidae in delom Naididae, Enchytraeidae in rod Lumbricullus. Poleg evriekih vrst trzač iz skupine Orthoclaadiinae se pojavljajo še Tanytarsini in Chironimini. Filtratorske vrste mladoletnic so manj pogoste kot v vodotokih iz prejšnjega kakovostnega razreda, ker velik del bub ne preživi. Tipično združbo migetalkarjev predstavlja Trithigmostemometum cucullulae. Kolonije pritrjenih migetalkarjev (Charchesium, Vorticella) se vidijo s prostim očesom, prav tako kolonije nitastih bakterij in glive (npr. Sphaerotilus, Fusarium, Leptomitus), ki poseljujejo trden substrat in žive bentoške organizme. Nitastih zelenih alg, značilnih za kakovostni razred II–III, ni. Prisotni so Stigeoclonium, na odpadne vode tolerantne cianobakterije ter diatomeje, ki v lentičnih predelih včasih prekrivajo večje površine. Na odpadne vode tolerantni makrofiti so pogosto še masovno prisotni. Ribje populacije so zaradi motene reprodukcije neredko maloštevilne, periodični pomori rib so pričakovani.

Razred III–IV (α -mezosaprobna do polisaprobna stopnja)

Stopnja obremenjenosti: močna

Barva označevanja vodotokov: rumena/rdeča

Deli vodotokov uvrščeni v ta prehodni razred v veliki meri predstavljajo omejujoče pogoje za živa bitja zaradi prekomernih količin organskih in drugih snovi, zaradi katerih mikroorganizmi porabljajo kisik. Občasno prevladujejo anoksične razmere. Voda je obarvana in zelo motna zaradi suspendiranih delcev iz odpadnih voda in plavljenih bakterij. Dno je v večini primerov pokrito z blatom, drobne usedline v globljih predelih so skoraj v celoti črne, blatne, iz njih se občasno izločajo z vonjem zaznavne količine vodikovega sulfida. V lentičnih predelih so skoraj vse spodnje površine kamnov počrnele. Cone lentičnih predelov z najintenzivnejšim odlaganjem blata so pogosto poseljene z ličinkami trzač iz rodu Chironomus, tolerantnimi Tanytopodinae in maloščetinci iz družin Tubificidae in Lumbricullidae (npr. Lumbricullus). Na trdnih substratih so pogoste pijavke, spremljajočo favno pa sestavljajo evrieke vrste. V primerjavi s kakovostnim razredom III je obrat alg kvalitativno in kvantitativno zmanjšana. V lotičnih predelih so množične nitaste bakterije (združba »sewage fungus«) in žveplove bakterije, oboje lahko tvorijo značilne makroskopske plati. Mikrobentoške organizme zastopajo migetalkarji, bičkarji in bakterije, ki se pogosto masovno namnožijo. Obstoje samovzdrževanih ribjih populacij ni mogoč.

Kakovostni razred IV (polisaprobna stopnja)

Stopnja obremenjenosti: zelo močna

Barva označevanja vodotokov: rdeča

Kakovostni razred IV je značilen za dele rek z velikimi količinami organskih in drugih snovi, zaradi katerih organizmi porabljajo kisik. Voda je pogosto obarvana in zelo motna zaradi suspendiranih snovi iz odpadnih voda ter bakterij. Dno vodotoka je iz velikih količin odloženega blata. V lotičnih predelih so skoraj vsi kamni na spodnji strani počrneli z železovim sulfidom. Drobne usedline so popolnoma črne. Prevladujejo procesi gnitja in pogosto je prisoten vonj po žveplovem sulfidu. Koncentracije kisika so lahko zelo nizke, občasno se pojavijo anoksične razmere. Usedline so poseljene z bakterijami, bičkarji in bakteriofagnimi migetalkarji, ki se pogosto masovno namnožijo. Tipična združba migetalkarjev je *Colpidietum colpoda*. Nitaste bakterije so manj pogoste in tvorijo jasno vidne pasove. V primerjavi s III. kakovostnim razredom je pokrovnost alg zmanjšana. Razen redkih trzač (*Chironomus riparius* agg. in *C. plumosus* agg.) in posameznih maloščetincev iz družine *Tubificidae* je makrofavna zastopana le s skupinami, ki za dihanje uporabljajo kisik iz zraka (npr. ličinke komarjev, metuljev, ličinke iz družin *Stratiomyidae* in *Syrphidae*).

Priloga B: Slovenska različica RCE metode (Petersen 1992)

1. Raba tal za obrežnim pasom (v zaledju struge)	
Zaledje poraslo z gozdom in/ali močvirji	30
Mozaik košenih travnikov/pašnikov, gozdov/močvirij ter malo obdelovalnih površin	20
Obdelovalne površine, košeni travniki/pašniki, posamezne hiše	10
Prevladujejo obdelovalne površine ali strnjeno urbano območje (hiše, tovarne)	1
2. Širina obrežnega (blažilnega) pasu (od roba vodotoka do kmetijskih površin ali naselja)	
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok več kot 30 m	30
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok od 5 do 30 m	20
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok 1 do 5 m	5
Močvirskih ali lesnatih rastlin ni	1
3. Sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu	
Vegetacija obrežnega pasu brez prekinitev	30
Prekinitve vegetacije se pojavljajo v intervalih, večjih od 50 m	20
Prekinitve vegetacije se pojavljajo vsakih 50 m	5
Prekinitve pogoste, vzdolž celotne struge/obrežnega pasu ni	1
4. Vegetacija pasu 0–10 m od struge	
Več kot 90 % poraščeno z nepionirskimi lesnatimi vrstami ali močvirskimi rastlinami	25
Vegetacijo sestavljajo pionirske vrste dreves in grmov	15
Vegetacijo sestavljajo trave in posamezna drevesa ali grmi	5
Večinoma trave, posamezni grmi/tujerodne vrste/urbane površine/vodotok kanaliziran	1
5. Zadrževalne strukture v strugi	
Skale in stara debla, trdno zasidrani v dno, ni usedlin	15
Skale in debla, za katerimi se odlagajo usedline	10
Zadrževalne strukture rahlo zasidrane; ob poplavih se premikajo	5
Peščene naplavine, zadrževalnih struktur malo	1
6. Oblika struge	
Zadošča za najvišje letne pretoke, razmerje širina/globina manj kot 7	15
Redko preplavljeni bregovi, razmerje širina/globina 8 do 15	10
Poplave ob zmerni količini vode, razmerje širina/globina 15 do 25	5
Poplave pogoste, razmerje širina/globina več kot 25 / vodotok kanaliziran	1
7. Usedline v strugi	
Odlaganje usedlin majhno, na povečanje struge nima vpliva	15
Nekaj ovir iz robatih skal in prodnikov ter malo mulja	10
Ovire iz skal, peska ali muljastih naplavin pogoste	5
Struga deljena v preplete / vodotok kanaliziran	1

8. Struktura rečnega brega

Breg stabilen, kamnit ali čvrsto utrjen s koreninami trav, grmovja in dreves	25
Breg trden, korenine trav, grmovja in dreves ga le delno utrjujejo	15
Breg iz rahle prsti, nekoliko utrjen z redkim slojem rastlin	5
Breg nestabilen, iz rahle prsti ali peska, tok ga spodjeda / breg je umetno utrjen	1

9. Spodjedanje brega

Ni vidno ali pa je omejeno na območja, kjer so korenine dreves	20
Samo na rečnih zavojih in zožitvah	15
Spodjedanje brega pogosto	5
Močno spodjedanje vzdolž struge, breg se ruši / breg je umetno utrjen	1

10. Dno vodotoka

Kamnito dno, sestavljeno iz delcev različnih velikosti z očitnimi intersticielnimi prostori	25
Lahko gibljivo kamnito dno z malo mulja	15
Dno iz mulja, peska in gramoza; stabilno na nekaterih mestih	5
Dno iz rahlo sprijetega peska in mulja, kamnitega substrata ni	1

11. Pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov

Jasno vidni, prisotni na razdaljah od 5–7-kratne širine vodotoka	25
Nepravilno razporejeni	20
Dolge tolmuhe ločujejo kratke brzice, meandrov ni	10
Brzic, tolmunov in meandrov ni / vodotok kanaliziran	1

12. Detrit

Prevladujeta listje in les, sedimenta ni	25
Nekaj listja in lesa ter nekaj drobnega organskega materiala, sedimenta ni	10
Listja in lesa ni, prisotni grobi in fini organski delci, pomešani s sedimentom	5
Fin, anaeroben sediment, brez grobih delcev	1

Vrednotenje rezultatov:

Razred	Št. točk	Ocena	Barva	Priporočena dejavnost
I	227–280	odlično	modra	Biomonitoring in zaščita obstoječega stanja – referenčna lokacija.
II	173–226	zelo dobro	zelena	Potrebne so spremembe na posameznih odsekih.
III	119–172	dobro	rumena	Potrebne so manjše spremembe vzdolž večjega dela struge.
IV	65–118	slabo	rjava	Potrebne so večje spremembe struge in blaženje učinkov iz zaledja.
V	12–64	zelo slabo	rdeča	Potrebna je reorganizacija struge in blaženje učinkov iz zaledja.