



Srednja šola Črnomelj
Kidričeva ulica 18a
8340 Črnomelj

Raziskovalna naloga

POMAGAJMO PREŽIVETI ČRNEMU MOČERILU

EKOLOGIJA Z VARSTVOM OKOLJA

Avtorici:
Manca Bajuk,
Špela Vraničar

Mentorica:
Vesna Fabjan, prof.

Črnomelj, 2020



Srednja šola Črnomelj
Kidričeva ulica 18a
8340 Črnomelj

Raziskovalna naloga

POMAGAJMO PREŽIVETI ČRNEMU MOČERILU

EKOLOGIJA Z VARSTVOM OKOLJA

Avtorici:

Manca Bajuk

Čurile 21

8330 Metlika

manca.bajuk@gmail.com

Špela Vraničar

Slamna vas 14

8330 Metlika

spela.vranicar@gmail.com

Mentorica:

Vesna Fabjan, prof.

Črnomelj, 2020

ZAHVALA

Za pomoč pri raziskovalnem delu se najprej zahvaljujema najini mentorici profesorici geografije Vesni Fabjan, ki naju je navdušila za raziskovalno delo in odločilno vplivala, da sva se sprijeli s to zahtevno nalogo. Vodila naju je in usmerjala, navezovala stike z zunanjimi strokovnimi institucijami in posameznimi strokovnjaki. Spremljala naju je na terenu in kot vodja projekta RaST na SŠ Črnomelj zagotovila finančna sredstva za aktivnost *Pomagajmo preživeti črnemu močerilu*, s katerimi nama je bil omogočen nakup potrebne opreme za raziskovanje, prevozi v oddaljene znanstvene institucije ter promocija najinega raziskovalnega dela.

Za sodelovanje se zahvaljujema številnim strokovnim institucijam ter društvom, ki so nama odprli svoja vrata in nama omogočili analize, s pomočjo katerih sva pridobili verodostojne in pomembne podatke. Andreju Hudoklinu in Nini Prešeren iz Zavoda RS za varstvo narave OE Novo mesto se zahvaljujema, ker sta nama prva dala napotke za spremljanje črnega močerila in nama predstavila belokranjskega endemita ter posredovala veliko uporabnega gradiva, ki nama je bilo v pomoč pri pripravi na raziskovanje. Nini Prešeren se zahvaljujema tudi za pomoč pri kartiranju zemljevidov, ki sva jih uporabili v raziskovalni nalogi. Zahvaljujema se Gregorju Aljančiču iz Jamskega laboratorija Tular, ki je z nama delil svoje znanje o človeških ribicah, nama posredoval uporabno gradivo za raziskovanje, predstavil jamski laboratorij ter nama dajal napotke za uspešno delo. Za boljšo geološko predstavo ter pomoč pri terenskem delu se zahvaljujema Roku Brajkoviču iz Geološkega zavoda Slovenije. Za boljše razumevanje vodovodnega in kanalizacijskega sistema v zaledju Jelševnika ter bakterijske analize vode se zahvaljujema Komunalni Črnomelj. Za dodatne mikrobiološke analize vode se zahvaljujema Jasni Mićunović iz Inštituta za mikrobiologijo in parazitologijo Ljubljana.

Za podporo in nasvete sva hvaležni Niku Šuštaricu iz Društva Proteus, Silvestru Zupančiču iz Izletniške kmetije Zupančič za zaupanje in pomoč pri petkovih večernih obhodih izvirov. Hvala jamarju Janezu Jermanu, ki nas je spremljal in varoval pri ogledu notranjosti jame Stobe.

Hvaležni sva najini osnovnošolski učiteljici kemije Ani Logar in srednješolski profesorici kemije Margaretki Šavli, ki sta naju usmerili k pravi izbiri merilnih pripomočkov ter šolski knjižničarki in laborantki Nevenki Dragovan Makovec za kalibracijo šolskih merilcev, ki sva jih uporabljali.

Za lektoriranje raziskovalne naloge sva hvaležni profesorici slovenščine mag. Aniti Starašinič in za lektoriranje angleškega povzetka nekdanji profesorici angleščine Gabrijeli Vidic Mihelčič.

Za sodelovanje v skupni aktivnosti in s tem izmenjevanje podatkov ter ugotovitev se zahvaljujema kolegoma, tj. mladima raziskovalcema Vidu Kavčiču in Zali Pezdirc Burazer, s katerima sva se poleg resnega dela tudi veliko zabavali. Za pomoč pri promociji črnega močerila in dela Mladih raziskovalcev Srednje šole Črnomelj se zahvaljujema Luciji Sedlar, Anji Beličič, Niki Vidmar, Črtu Kastelcu, Samu Kavčiču in Roku Lovrinu, s katerimi smo uprizorili prigode črnega močerila Rudolfa, junaka naše zgodbe *Kdo sem*.

Brez podpore staršev, ki so naju ob poznih urah vozili na Jelševnik, in starih staršev, pri katerih sva velikokrat tudi prespali, da je bilo delo lažje, ne bi mogli dela izpeljati, za kar sva jim nadvse hvaležni.

Hvala javnosti, ki je pozitivno sprejela prizadevanja Mladih raziskovalcev Srednje šole Črnomelj.

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA	II
KAZALO VSEBINE	III
KAZALO SLIK	VI
KAZALO TABEL	VII
KAZALO PRILOG	VII
POVZETEK	VIII
ABSTRAKT	IX
1 UVOD	1
1.1 Struktura celotnega dela	1
1.2 Zakaj črni močeril	1
1.3 Kratek pregled raziskovalnega dela	1
1.4 Hipoteze	2
2 TEORETIČNI DEL	3
2.1 Prve zasleditve populacij človeške ribice na Slovenskem	3
2.2 Kaj znanost že ve o črnem močerilu	3
2.2.1 Telesna zgradba	4
2.2.1.1 Črna človeška ribica (<i>Proteus anguinus parkelj</i>)	4
2.2.1.2 Bela človeška ribica (<i>Proteus anguinus anguinus</i>)	5
2.3 Omejitev raziskovalnega območja	5
2.4 Ekologija raziskovalnega območja	9
2.5 Dosedanje hidrološke raziskave	10
3 RAZISKOVALNI DEL	11
3.1 Raziskovalne metode	11
3.3.1 Zbiranje in preučevanje literature	11
3.3.2 Sodelovanje z institucijami in društvi	11
ZAVOD REPUBLIKE SLOVENIJE ZA VARSTVO NARAVE OE NOVO MESTO	11
IZLETNIŠKA KMETIJA ZUPANČIČ	11
JAMSKI LABORATORIJ TULAR	12
DRUŠTVO PROTEUS, gibanje za naravo in okolje Bela krajina	12
INŠTITUT ZA MIKROBIOLOGIJO in PARAZITOLOGIJO LJUBLJANA	12
KOMUNALA ČRNOMELJ	12
GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE	12
3.3.3 Opazovanje in merjenja na terenu	13
3.3.3.1 Merjenje	14
SPREMLJANJE ČASA POJAVLJANJA	14
MERJENJE TEMPERATURE (T) VODE IN ZRAKA	14

MERJENJE ELEKTRIČNE PREVODNOSTI VODE	14
MERJENJE VIŠINE VODE V IZVIRU	15
BELEŽENJE VREMENA, RELATIVNE VLAGE in ZRAČNEGA PRITISKA	15
3.3.3.2 Opazovanje	15
BELEŽENJE PIGMENTIRANOSTI OSEBKOV	15
OPAZOVANJE ODZIVA OSEBKOV NA SVETLOBO	15
OPAZOVANJE VEDENJA OSEBKOV (odziv na zvok, dražljaje, način gibanja, položaj)	16
SPREMLJANJE LUNINE MENE	16
3.3.4 Obisk jame Stobe.....	16
3.3.5 Analiza vode	16
3.3.5.1 Kemijska analiza vode.....	16
3.3.5.2 Mikrobiološka analiza vode.....	17
3.3.6 Intervjuvanje.....	18
Silvester Zupančič	18
Mira Ivanovič	18
Milena Blažič	18
Martin Ilenič	18
3.3.7 Anketiranje	19
3.3.8 Ozaveščanje javnosti	19
Informativni dan	19
Knjiga KDO SEM	19
Regijsko tekmovanje iz geografije	20
Facebook stran.....	20
Prispevek v Belokranjcu.....	20
Dobro jutro in Vaš kanal	20
4 RAZPRAVA IN REZULTATI.....	21
4.1 Ali je habitat črnega močerila geološko in reliefno pogojen?	21
RAZPRAVA	21
REZULTAT	23
4.2 Ali je obstoj črnega močerila pogojen z ekološkim stanjem pokrajine?	24
RAZPRAVA	24
REZULTAT	24
4.3 Ali je pojavljanje črnega močerila v izvirih ob polni luni ob polnoči res pogostejše, kot pravi ljudsko izročilo?.....	26
RAZPRAVA	26
REZULTAT	26
4.4 Ali lahko sistematično opazovanje osebkov v naravnem okolju prispeva k novemu spoznanju?	26

RAZPRAVA	26
4.4.1 Čas pojavljanja	27
Razprava.....	27
Rezultat.....	27
4.4.2 Vpliv T vode in zraka na pojavljanje črne človeške ribice.....	27
Razprava.....	27
Rezultat.....	28
4.4.3 Vpliv višine vode v izviri na pojavljanje črne človeške ribice	28
Razprava.....	28
Rezultat.....	29
4.4.4 Vpliv vremena, zračnega pritiska in relativne vlage na pojavljanje črne človeške ribice	30
Razprava.....	30
Rezultat.....	30
4.4.5 Pigmentiranost osebkov po izviri	31
Razprava.....	31
Rezultat.....	32
4.4.6 Odziv na svetlobo	32
Razprava.....	32
Rezultat.....	32
4.4.7 Vedenje osebkov ob vplivu zvoka, dražljajev	33
Razprava.....	33
Rezultat.....	33
4.4.8 Druge ugotovitve in opažanja.....	34
REZULTAT	35
4.5 Rezultati intervjujev	36
5 ZAKLJUČEK/SKLEPI.....	37
5.1 Ovrednotenje hipotez	37
5.2 Pomen za naprej	38
5.3 Uporabnost raziskovalne naloge.....	38
5.4 Zaključek.....	38
6 VIRI IN LITERATURA	39
7 PRILOGE.....	42

KAZALO SLIK

Slika 1: Črna človeška ribica. (Foto: Manca Bajuk, 5. 7. 2019.).....	5
Slika 2: Bela človeška ribica. (Foto: Milena Blažič.).....	5
Slika 3: Odprti bruhalnik (Jamnice). (Foto: Manca Bajuk, 15. 8. 2019.).....	6
Slika 4: Raziskovalni šotor. (Foto: Vesna Fabjan, 30. 12. 2018.).....	7
Slika 5: Pokriti bruhalnik (Na trati). (Foto: Manca Bajuk, 12. 7. 2019.).....	7
Slika 6: Izvir Obršec (desna stran). (Foto: Manca Bajuk, 30. 8. 2019.).....	7
Slika 7: Udorna vrtača Breg v Otovcu. (Foto: Vesna Fabjan, 30. 12. 2018.).....	8
Slika 8: Izvir Otovski breg. (Foto: Vesna Fabjan, 30. 12. 2018.).....	8
Slika 9: Na terenu z geologom Rokom Brajkovičem. (Foto: Vesna Fabjan, 21. 6. 2019.).....	13
Slika 10: Merilec Iskra in klasični termometer. (Foto: Manca Bajuk, 9. 3. 2020.).....	14
Slika 11: Merjenje gladine vode v odprtem bruhalniku. (Foto: Manca Bajuk, 1. 11. 2019.).....	15
Slika 12: Mladi raziskovalci v jami Stobe. (Foto: Vesna Fabjan, 20. 1. 2020.).....	16
Slika 13: Analiza vode za določanje vsebnosti nitratov v vodi. (Foto: Špela Vraničar, 2. 2. 2019.).....	17
Slika 14: Kovček za analizo vode. (Foto: Manca Bajuk, 9. 3. 2020.).....	17
Slika 15: Določanje vsebnosti bakterije <i>E. coli</i> v vodi. (Foto: Vesna Fabjan, 29. 10. 2019.).....	17
Slika 16: Hitri test za preverjanje prisotnosti fekalnih bakterij v vodi. (Foto: Vesna Fabjan, 28. 10. 2019.).....	18
Slika 17: Mladi raziskovalci na pogovoru z Mileno Blažič. (Foto: Vesna Fabjan, 6. 1. 2020.).....	18
Slika 18: Mladi raziskovalci med anketiranjem. (Foto: Vesna Fabjan, 5. 10. 2019.).....	19
Slika 19: Igralci v igrici o mladem močerilu Rudolfu. (Foto: Vesna Fabjan, 15. 2. 2020.).....	19
Slika 20: Stojnica Mladih raziskovalcev. (Foto: Vesna Fabjan, 6. 3. 2020.).....	20
Slika 21: Knjigica Kdo sem. (Foto: Manca Bajuk, 10. 3. 2020.).....	20
Slika 22: Snemanje za Dobro jutro. (Foto: Vesna Fabjan, 6. 3. 2020.).....	20
Slika 23 in 24: Dobljučka kotlina. (Foto: Manca Bajuk, 6. 11. 2019.).....	22
Slika 25: Naplavljen črni močeril v šotoru. (Foto: Nina Prešeren, 12. 4. 2019.).....	28
Slika 26: Visoka voda v izviru Obršec. (Foto: Manca Bajuk, 6. 11. 2019.).....	29
Slika 27: Visoka voda v pokritem bruhalniku. (Foto: Manca Bajuk, 6. 11. 2019.).....	29
Slika 28: Visoka voda v Otovskem bregu. (Foto: Manca Bajuk, 6. 11. 2019.).....	29
Slika 29: Visoka voda v odprtem bruhalniku in Jezeru. (Foto: Špela Vraničar, 6. 11. 2019.).....	29
Slika 30: Nizka voda v odprtem bruhalniku. (Foto: Manca Bajuk, 1. 11. 2019.).....	29
Slika 31: Nizka voda v izviru Obršec. (Foto: Manca Bajuk, 25. 9. 2019.).....	29
Slika 32: Rudolf. (Foto: Vesna Fabjan, 22. 3. 2019.).....	31
Slika 33: Osebek z lisasto kožo. (Foto: Vesna Fabjan, 24. 1. 2020.).....	32
Slika 34: Osebek v pokritem bruhalniku. (Foto: Andrej Bajuk, 7. 6. 2019.).....	32
Slika 35: Osebek v odprtem bruhalniku. (Foto: Vesna Fabjan, 4. 1. 2019.).....	32
Slika 36: Osebek v izviru Obršec. (Foto: Manca Bajuk, 11. 9. 2019.).....	32
Slika 37: Osebek skoraj na kopnem. (Foto: Manca Bajuk, 11. 9. 2019.).....	34
Slika 38: Osebki v bruhalniku Jamnice. (Foto: Manca Bajuk, 18. 9. 2019.).....	35
Slika 39: Pupek. (Foto: Andrej Bajuk, 27. 9. 2019.).....	35
Slika 40: Geološka karta Dobljučke kotline in njeno zaledje. (Vir: https://biotit.geo-zs.si/ogk100/#_).....	44
Slika 41: Hidrološko zaledje Dobljučice. (Izdelava karte: Nina Prešeren.).....	48

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava belega in črnega močerila	5
Tabela 2: Mejne vrednosti ionov v vodi	25
Tabela 3: Najpogostejše določene vrednosti ionov v vodi	25
Tabela 4: Število osebkov v posameznem izviru na polno luno ob polnoči	26
Tabela 5: Izmerjene vrednosti temperature vode in zraka v posameznem izviru	28
Tabela 6: Najvišje in najnižje izmerjene vrednosti zračnega pritiska in relativne vlage ob prisotnosti osebkov v posameznih izvirih (Narejeno po: ARSO)	30
Tabela 7: Rezultati t-testa	31

KAZALO PRILOG

A) VPLIV RELIEFA, GEOLOŠKE ZGRADBE TAL IN TEKTONIKE NA OMEJENOST HABITATA ČRNEGA MOČERILA	42
1. Ali je habitat črnega močerila geološko in reliefno pogojen?	42
1.1 Relief širšega in ožjega območja raziskovanega habitata	42
1.2 Geologija širšega in ožjega območja raziskovanega habitata	43
1.3 Tektonika širšega in ožjega območja raziskovanega habitata	45
1.4 Hidrologija širšega in ožjega območja raziskovanega habitata	46
B) VPRAŠANJA ZA INTERVJU VANJE	49
1. Vprašanja za javnost	49
2. Vprašanja za Silvestra Zupančiča	49
3. Vprašanja za Miro Ivanovič	49
4. Vprašanja za Mileno Blažič	49
C) OŽJE OBMOČJE RAZISKOVANEGA HABITATA ČRNEGA MOČERILA	50
D) RAZŠIRJENOST ČLOVEŠKE RIBICE V SVETU	51
E) TABELA ZA SPROTNO VNAŠANJE REZULTATOV NA TERENU	52
F) TABELA ZA SPROTNO VNAŠANJE REZULTATOV IZ ANALIZE VODE	53
G) TABELA ZA VNAŠANJE REZULTATOV IZ SPREMLJANJA ČRNEGA MOČERILA IN HABITATA	53
H) RAZŠIRJENOST BELE IN ČRNE ČLOVEŠKE RIBICE V BELI KRAJINI	54
I) GEOLOŠKA KARTA ZALEDJA DOBLIČICE	54

POVZETEK

Dinarsko podzemlje je nahajališče bele človeške ribice (*Proteus anguinus*). V Beli krajini kot delu dinaridov se na prehodnem območju Poljanske gore v Črnomaljsko kotlino nahaja še habitat sorodne podvrste vretenčarjev, to je črnega močerila (*Proteus anguinus parkelj*). Osebki tega so dokazani le v nekaj kraških izviroh na 3 km² v manjši Doblčki kotlinici. Populacija zaradi majhnosti in omejenosti sodi med najbolj ogrožene na svetu. Raziskanost te le dobra tri desetletja nazaj odkrite podvrste je zelo pomanjkljiva, zato so dosedanje ugotovitve in domneve postale predmet preučevanja.

Raziskava je pokazala, da reliefna izoblikovanost lahko pogojuje omejenost habitata črnega močerila, saj je Doblčka kotlina iz vseh strani reliefno omejena. Obstaja možnost, da je prav tektonika, povezana s hidrologijo, tista, ki zmanjšuje možnosti povezovanja bele in črne človeške ribice. Obstoj črnega močerila je pogojen z ekološkim stanje pokrajine, saj ga previsoke vrednosti določenih onesnažil zelo ogrožajo. Pojavljanje črnega močerila v izviroh ob polni luni in sredi noči niso pogostejše. Z rednim opazovanjem črnega močerila ni bil ugotovljen očiten cikel za pojavljanje črnega močerila. Z rednimi in sistematičnimi opazovanjem se je odprlo veliko novih vprašanj, ki bodo vodila za prihodnje raziskovanje.

Raziskovalno delo je iz področja ekologije z varstvom okolja. Sicer zajema spoznanja iz biologije, kemije, geologije in geografije s skupnim ciljem obvarovati belokranjski endemit. Osnovni namen raziskave je prvič daljše obdobje sistematično spremljati habitat črnega močerila v treh izviroh ter za primerjavo bližnjo lokacijo bele človeške ribice. Temelji predvsem na terenskem delu ob izviroh in enoletnemu opazovanju pojavljanja črnih močerilov. V raziskovalnem delu je predstavljeno ugotavljanje korelacij pojavljanja z vremenskim stanjem, luninimi menami in kvaliteto vode. Osredotoča se tudi v geološke in hidrološke značilnosti območja habitata ter njegovega hidrološkega zaledja v povezavi z omejenostjo habitata črnega močerila. Raziskovalna naloga je presegla osnovni namen, zato sta bila k raziskavi povabljeni še dve dijaka. Kot ekipa Mladih raziskovalcev Srednje šole Črnomelj se je aktivnost razširila še v smeri natančnejših kemičnih analiz vode in prsti ter na področje družboslovja s skupnim ciljem ozaveščanja javnosti. Pridobljena je bila sofinancirana aktivnost iz projekta EU ESS in MIZŠ *Pomagajmo preživeti črnemu močerilu*, ki omogoča znanstveno delo na višjem nivoju v sodelovanju s številnimi ekološko usmerjenimi društvi, zavodi in inštituti. Čeprav je vsak član ekipe usmerjen v svoje področje preučevanja, timsko delo, medsebojna pomoč in pripadnost skupini omogočajo spoznavanje pomena črnega močerila v lokalnem okolju bolj celostno. Dosedanje ugotovitve so temelj za prihodnja ožje usmerjena raziskovanja.

KLJUČNE BESEDE: črni močeril, endemit, Doblčka kotlina, sistematično spremljanje, naravno okolje

ABSTRAKT

The Dinaric underworld is the habitat of *Proteus anguinus*. In Bela krajina, as a part of Dinaric Alps, on the transitional area of Poljanska gora the habitat of related subspecies of vertebrates *Proteus anguinus parkelj* is to be found. The subjects of this species have been evident only in some karstic springs, at 3 km² span, in the small Dobljče valley. Due to smallness and restricted area it belongs to one of the most endangered species in the world. The research of this only three decades ago discovered subspecies is very incomplete, and it became the object of the research.

The research showed that restriction of the habitat of *Proteus anguinus parkelj* can depend on the shape of relief. The Dobljče valley is reliefully limited from all sides, so the very tectonics combined with hydrology reduces the linkage between the white and black proteus. The existence of black proteus depends on ecological conditions of the landscape, for it is endangered by too high values of certain substances. The research showed that appearances of black proteus at full moon are not more frequent and the cycle of its appearance couldn't be determined.

The research is classified in the sphere of ecology with environmental protection and includes contents of biology, chemistry, geology and geography with the goal to protect the Bela krajina endemit. The basic aim of the research is to observe systematically the habitat of the black proteus in three springs compared to the nearest location of *Proteus anguinus*. The research activities are mostly based on terrain work round the springs, where black proteus is counted and observed. The research is also looking for the correlations between its appearances and weather conditions, phases of the moon and the quality of water. It also focuses on geological and hydrological characteristics of the habitat location and its hydrological hinterland, trying to combine them with the limited habitat of *Proteus anguinus parkelj*. Regarding simultaneous insights curiosity exceeded the basic aim, so two new students were invited to join the research. As a group of young researchers of Gimnazija Črnomelj the activities were expanded to more precise chemical analysis of the water and soil as well as to the sphere of sociology to make people become aware of the problem. The research gained financial support from the project EU ESS and MIZŠ with the slogan: *Let's help the black proteus survive*. This makes the research on a higher level and cooperation with numerous ecologically oriented associations, institutions and institutes possible. Each team member is oriented at his own sphere of researching. Teamwork, interacting help and membership in the group help with learning about the black proteus in the local environment. So far made discoveries will remain the basis for future narrowly oriented research.

KEY WORDS: black proteus, endemit, Dobljče valley, systematic observation, natural environment

1 UVOD

1.1 Struktura celotnega dela

Raziskovalno nalogo sva si zastavili tako, da sva v uvodu navedli, zakaj sva se odločili za raziskovanje tega problema in navedli kratek pregled raziskovalnega dela. V teoretičnem delu sva navedli zgodovino odkritja črnega močerila, telesno zgradbo ter podatke, ki so že znani o črnem močerilu, opisali sva nekaj nevarnosti in problemov, ki pestijo črnega močerila ter omejili območje pojavljanja belokranjskega endemita. Navedli in opisali sva tudi najine primarne hipoteze. V eksperimentalnem delu sva opisali vse metode, s ki sva jih opravljali, vsa društva in institucije, s katerimi sva sodelovali, in tudi vse najine aktivnosti. V nadaljevanju sva razpravljali o najinih hipotezah in napisali svoje ugotovitve. V zaključku sva na kratko povzeli ugotovitve in domneve, do katerih sva prišli. V tem delu sva opredelili tudi uporabnost naloge ter njen pomen. Za konec sva navedli še vire in literaturo. V prilogah podajava širšo razpravo prve hipoteze, vprašanja iz intervjujev, geološke karte, s katerimi sva si pomagali ter preglednice, v katere sva zapisovali rezultate iz terena.

1.2 Zakaj črni močeril

Verjetno ni Slovenca, ki ne bi vedel, kako izgleda in kje se nahaja bela človeška ribica ali beli močeril. Le redko kdo pa ve, da je v zahodnem delu Bele krajine na 3 km² med Dobličami in Jelševnikom habitat črnega močerila. Gre za nepoznano in slabo raziskano podvrsto močerila. Z ekološkimi obremenitvami lokalnega okolja narašča skrb za obstoj te edinstvene podvrste. S svojo raziskavo kot delom širših raziskav želiva prispevati k znanosti in ohranitvi »zaklada«, tipičnega le za pokrajino, kjer živiva. To želiva doseči z ozaveščanjem javnosti, saj je človeška ribica ena od najpomembnejših svetovnih simbolov kraške narave. Njena ohranitev je še toliko pomembnejša, saj njen obstoj pomeni zagotovilo za pitno vodo ljudi. Pomembno je, da lokalne prebivalce poučimo o pomenu trajnostnega ravnanja z okoljem, saj le tako lahko premostimo negotovanja prebivalcev ob ekoloških omejitvah.

1.3 Kratek pregled raziskovalnega dela

Z raziskovanjem sva začeli jeseni 2018. Najprej sva zbrali literaturo. Našli sva le nekaj prispevkov o črnem močerilu, zato nama je postalo jasno, da se bova morali povezati s poznavalci najinega raziskovalnega vprašanja. Spoznali sva, da črni močeril ni niti približno toliko raziskan, kot je beli. Zato sva s pomočjo mentorice navezali stik z institucijami, za katere je bilo iz literature razvidno, da se ukvarjajo tudi z vprašanjem obstoja črnega močerila. Povezali sva se z Zavodom RS za varstvo narave OE Novo mesto, Jamskim laboratorijem Tular, Društvom Proteus, Komunalo Črnomelj, Inštitutom za mikrobiologijo in parazitologijo Ljubljana, nosilko evropskega projekta Izletniško kmetijo Zupančič (Predstavitev in varstvo človeške ribice, na primeru črne človeške ribice v Beli krajini) ter Geološkim zavodom Slovenije. Predstavili so nam svoje vedenje, posodili več literature in nama svetovali, kaj in kako raziskovati. Ugotovili sva, da se še nihče ni lotil enoletnega sistematičnega preučevanja tega belokranjskega endemita v njegovem naravnem okolju in sočasnega opravljanja meritev temperature, gladine, električne prevodnosti vode ter odvzema vzorcev vode iz naravnega habitata črne človeške ribice. Prav tako sva ugotovili, da si poznavalci med seboj niso enaki v vedenju in da gre za področje, na katerem bo treba še veliko narediti, če bomo hoteli zaščititi ta edinstveni habitat. Kljub temu sva izhajali iz njihovih ugotovitev in se odločili, da k verodostojnosti in novemu znanju prispevava tudi medve. Pojava sorodnega belega močerila v neposredni bližini nisva povsem izključili.

Po pol leta opazovanj in raziskovanj se nama je odpiralo vse več vprašanj, zato sva se z mentorico odločili, da k sodelovanju povabiva še dva dijaka, ki sta izkazala interes za raziskovalno delo. Prvi je prevzel področje analize vode in njenega onesnaževanja, drugi pa družboslovni del s poudarkom na

ozaveščanju javnosti, podkrepljeno z umetnostjo in literaturo. Sami sva si delo razdelili na preučevanje geološkega zaledja habitata (Špela) in na vedenjske značilnosti ter vplive na pojavljanje črnega močerila v naravnem okolju (Manca). Kljub ločenim področjem raziskovanja delujemo kot ekipa Mladi raziskovalci Srednje šole Črnomelj. Med seboj si izmenjujemo ugotovitve, izkušnje, si svetujemo, pomagamo si pri delu, skupaj urejamo Facebook promocijsko stran, s katero ozaveščamo javnost. Napisali smo poučno zgodbo za otroke in jo opremili. Svoje raziskovalno delo smo predstavili širši javnosti na informativnem dnevu in dnevu odprtih vrat šole, na več javnih dogodkih in celo v prispevku na TV SLO1 in Vaš kanal. Prav tako smo naredili anketo in se pozanimali, katere snovi ljudje spuščajo v predel, ki zajema naše raziskovalno območje, in kako imajo urejen sistem odplak.

1.4 Hipoteze

Z raziskavo sva hoteli potrditi ali ovreči še nepreverjena vedenja o črnem močerilu. Izhajali sva iz ljudskega izročila in iz dosedanjih (sicer skromnih in ne povsem poenotenih) bolj ali manj znanstvenih ugotovitev oziroma domnevah. Želeli sva ugotoviti čim več novega in s tem spodbuditi znanost ter lokalno okolje k zanimanju za to lokalno omejeno in ogroženo podvrsto ter tako prispevati k zavarovanju območja, kjer živi.

Postavili sva štiri osnovne primarne hipoteze:

1. Omejenost habitata črne človeške ribice ni geološko pogojena.

Glede na omejenost habitata črnega močerila izključno na 3 km² sva želeli preveriti, ali je omejenost na to majhno območje lahko kakorkoli pogojena s tektoniko ali geološko zgradbo Bele krajine. Poznavalci habitata črnega močerila (večina je biologov) se bolj nagibajo k trditvi, da ne, nama pa se je porajal dvom.

2. Obstoj črnega močerila je pogojen z ekološkim stanjem pokrajine.

Znano je, da se je populacija človeških ribic v Beli krajini skozi leta zmanjšala, dvignile pa so se vrednosti nitratov v vodi. Želeli sva se prepričati, kakšno je stanje vode v izvirih, kjer se pojavlja črni močeril, in ugotoviti, kako onesnaževanje voda vpliva na pojavljanje črne človeške ribice. Prav tako sva želeli ugotoviti, kaj ga najbolj ogroža in kaj bi lahko v prihodnosti povzročilo izumrtje te podvrste. Pri tem sva sočasno želeli ugotoviti razlog za izginotje bele človeške ribice v bližnjem izviru Otovski breg.

3. Pojavljanje črnega močerila v izvirih je ob polni luni ob polnoči pogostejše in številčnejše.

Ljudje, ki so zajemali vodo v izviru na Otovcu, so pogosto videvali belega močerila. Starejše ženske so nama v intervjuju zagotovile, da jih je bilo več ob polni luni ob polnoči. Podobna pričevanja pa sva zasledili tudi v starejši literaturi. Želeli sva preveriti, ali ljudsko izročilo drži, saj sva bili sami skeptični.

4. Sistematično opazovanje osebkov v naravnem habitatu lahko prispeva k novemu spoznanju.

Pojavljanje črnega močerila sva spremljali eno leto vsak petek zvečer od 19. do 24. ure. Z dolgotrajnim opazovanjem in opravljanjem meritev sva želeli ugotoviti nekaj novega in boljše spoznati črno človeško ribico. Znanost o rednih ciklih osebkov v naravnem okolju ve zelo malo, zato so najino izredno pomembno delo prepoznale nekatere strokovne institucije.

2 TEORETIČNI DEL

Podzemni habitat Slovenije je izjemen v svetovnem merilu. Bela krajina predstavlja velik delež bogastva podzemne flore in favne. Prešteti so več sto oken, ki segajo v podzemlje, popisanih je 260 izvirov, 660 kraških vodnih jam (niso še vse). Tu se nahajajo številne živalske vrste: jamski hrošč drobnovratnik, postranica fargus, jamska pijavka, jamski ježek, črna in bela podvrsta človeške ribice (glej prilogo H).

Črno človeško ribico preučuje oziroma jo je preučevalo nekaj posameznikov, med katerimi je tudi slovenski speleobiolog Marko Aljančič, ki je v Kranju ustanovil speleobiološki laboratorij, v katerem je preučeval človeške ribice. Njegovo delo sedaj nadaljuje njegov sin Gregor Aljančič. Znanstveniki boljše poznajo telesne značilnosti črne človeške ribice, manj pa njene vedenjske lastnosti v naravnem okolju. To je tudi eden izmed razlogov, da sva črno človeško ribico eno leto sistematično opazovali v njenem naravnem okolju, za kar pa lahko trdimo, da sva prvi. Želeli sva preveriti ugibanja, domneve in pripovedi, ki so nama jih prenesli razni poznavalci in lokalni prebivalci, ter jih potrditi oziroma ovreči.

2.1 Prve zasleditve populacij človeške ribice na Slovenskem

Človeško ribico je leta 1689 kot »zmajeve mladiče« omenjal že Valvasor v *Slavi vojvodine Kranjske*, pozneje leta 1762 jo je znanstveno opisal naravoslovec Joannes Antonius Scopoli, uradno pa jo je leta 1768 opisal zoolog Joseph N. Laurenti.

Črno človeško ribico so še pred stroko videli okoliški otroci, vendar jim nihče ni verjel. Svetu pa je znana 30 let, ko jo je ob znižani gladini Dobljice v Dobljčah v okviru speleohidroloških raziskav, povezanih z oskrbo prebivalcev Bele krajine s pitno vodo, 18. oktobra 1986, opazil Mirko Kordić, delavec Geološkega zavoda.

Nekoliko pozneje, in sicer leta 2004, so črnega močerila ob odkrivanju sifona opazili jamski potapljači Potapljaškega kluba Bela krajina na globini 15–20 m. Ko je bilo danes najbolj znano najdišče črnega močerila izvir na Jelševniku potrjeno, sta Boris Sket in Jan W. Arntzen črno človeško ribico lahko opisala kot samostojno podvrsto.

Lokacije, kjer je bila prisotnost črne človeške ribice potrjena do leta 2017 (primerek shranjen ali fotografiran oziroma žival nedavno videla zanesljiva oseba), so izvir Dobljice, bruhalnik v Janževih lokah, izvir ob Srednjem potoku v Kanižarici, Planinec (Svibnik), izvir Jezero (Jelševništica), bruhalniki Jamnice, bruhalniki Na Trati in izvir Obršec. Izvir ob Dobljici BK D3 (Dobljice), izvir ob Dobljici BK D4 in A2 (Jelševnik), Šprajcarjev Zdenec (Svibnik), izvir v Svibniku in Planinec pa so kraji, kjer je bila prisotnost črne človeške ribice dokazana z okoljsko DNK analizo. Po podatkih iz leta 2017 je verjetno najdišče tudi nekoliko oddaljeno mesto od prvotnega najdišča, kjer naj bi jo opazili domačini ob gradnji mostu, vendar to mesto še ni bilo potrjeno kot najdišče (Hudoklin in Aljančič, 2017).

2.2 Kaj znanost že ve o črnem močerilu

Človeška ribica oziroma močeril je repata dvoživka in edini jamski vretenčar v Evropi. Spada v družino močerilarjev (*Proteidae*).

V Sloveniji živi beli močeril (*Proteus anguinus anguinus*) in črni močeril (*Proteus anguinus parkelj*). Z genetskimi raziskavami sorodstvenih odnosov med populacijami močerila je bilo identificiranih 6 samostojnih evolucijskih linij na območju (glej prilogo D) Istre, Dalmacije in Hercegovine, Bosanske krajine, Like, JZ Slovenije in JV Slovenije (Hudoklin, 2011).

2.2.1 TELESNA ZGRADBA

Človeška ribica ima kačasto telo z od strani sploščenim repom, ki ga obroblja kožna plavut in je namenjen plavanju. Pri gibanju si pomaga z dvema paroma kratkih nog, ki sta daleč narazen. Na sprednjem paru so 3 prstki, na zadnjem pa 2. Zraste od 25 do 30 cm in je največja jamska žival na svetu. Samec in samica se po zunanosti le malo razlikujeta. Brez hrane lahko preživi več let. Diha z zunanjimi škrgami in s kožo. (Bulog, 2013) Je plenilec, ki se prehranjuje z manjšimi vodnimi živalmi (postrance, kozice, oslički, jamski rakci, manjše ribice) in organizmi iz blata (polžki, bakterije, praživali, alge). (Aljančič, 1960-1961)

Spolno dozori med 14. in 16. letom ter doživi življenjsko dobo vsaj 70 let (v jamskih laboratorijih). Samica na izbrano mesto daljši čas leže do 70 jajčec, ki v premeru merijo približno 12 mm. Embrionalni razvoj (razvoj od oploditve do izlega jajčec) traja približno 140 dni oziroma 5 mesecev pri 10 °C. Izležena ličinka v naslednjih 115 dni porabi zalogo rumenjaka v črevesni steni, začne se samostojno prehranjevati in postane bolj podobna odraslemu močerilu. Je neotenična žival, kar pomeni, da zaradi upočasnjene telesnega razvoja kot odrasla in spolno dozorela ohrani nekatere juvenilne znake ličinke (zunanje škrge, škržne reže, koža z značilnostmi ličinke). (Bulog, 2013)

Močeril je biološko prilagojen na podzemlje s sorazmerno majhno potrebo po hrani, upočasnjeno presnovo, počasnim osebnim razvojem, manjšim številom potomcev, razvitejšimi in občutljivejšimi elektroreptornimi ampularnimi organi, notranjim ušesom in organi za zaznavanje zemeljskega magnetnega polja kot površinske dvoživke. (Bulog, 2013)

Notranje uho močerila omogoča orientacijo v podzemnem vodnem naravnem prostoru. Zaznavanje zvočnih valovanj ob dvigovanju ravni podtalnice verjetno omogoča pravočasni umik v globlje predele bivališča, da ga ne naplavi na površino, kjer je v nevarnosti pred plenilci (ribe, ptice). (Bulog, 2013)

V prostoru s stalno temo oči izgubijo svojo vlogo. Kot posledica prilagoditve na jamsko okolje (stalna tema) so oči močerila zakrnele. Mladiči se izvalijo z dobro razvitimi očmi, ki postopoma zakrniijo. Človeška ribica zazna svetlobo s pomočjo kože, ki vsebuje specifičen vidni pigment. Tudi svetlobne čutnice v zakrnelim očesu še vedno vsebujejo na svetlobo občutljiva barvila, ki sodelujejo pri sprejemanju svetlobe. (Bulog, 2013)

Znano je, da je dolenski beli močeril tesneje soroden črnemu, kot sta si dolenski in notranjski beli močeril med seboj. Črni močeril naj bi bil populacija iz dolenske skupine, ki je zaostala v prilagajanju na jamsko okolje. (Bulog, 2013)

Črni močeril naj bi se razvil iz prebivalke površinskih voda, ki je spominjala na črnega močerila. Njene najsevernejše populacije so se verjetno preselile v podzemlje šele manj kot pred 10.000 leti. Na podlagi genetskih raziskav lahko trdimo, da je obstajalo več različnih ras (možno tudi vrst) močerilov v površinskih rekah in jezerih že v pliocenu. Ob prisotnosti zakrasovanja so se nekatere populacije razširile v podzemeljske vode, tiste na površini pa so izumrle (Bulog, 2013).

2.2.1.1 Črna človeška ribica (*Proteus anguinus parkelj*)

Črna človeška ribica je podvrsta človeške ribice, ki ima temno pigmentirano kožo ter boljše razvite oči tudi pri odraslih osebkih. Oči črnega močerila imajo od 3- do 5-krat večji premer, razmeroma dobro razvito lečo in čutnice v mrežnici kot oči belega močerila. Na površje pride ponoči in se izogiba močnejši svetlobi. Elektroreceptorji so nekoliko manj občutljivi kot pri nepigmentirani podvrsti. Glava je krajša

in bolj zaobljena. Ima daljši trup, krajše noge (svetlejšje pigmentirane) in v hrbtenici več vretenc (od 34 do 35).

2.2.1.2 Bela človeška ribica (*Proteus anguinus anguinus*)

Bela človeška ribica je podvrsta človeške ribice, ki je brez temnega pigmenta. Je rahlo rožnata, lahko tudi rumenkasta. Oko odraslega osebkca ima še vedno ohranjeno lečo, mrežnico in vidni živec, a so čutnice v mrežnici in leča zelo spremenjene in pokrnele.



Slika 1: Črna človeška ribica. (Foto: Manca Bajuk, 5. 7. 2019.)



Slika 2: Bela človeška ribica. (Foto: Milena Blažič.)

Tabela 1: Primerjava belega in črnega močerila.

	Bela človeška ribica	Črna človeška ribica
Pigmentiranost	rožnata, rumenkasta	temno rjava, črna, vijoličasta
Oči	zakrnele	delno zakrnele
Razširjenost po svetu	250 najdišč	8* najdišč
Št. vretenc v hrbtenici	29–32	34–35
Št. zob	23–33	16–19

2.3 Omejitev raziskovalnega območja

Črna močerila so odkrili v Dobljčah leta 1986 v sklopu speleohidroloških raziskav, povezanih z oskrbo prebivalcev Bele krajine s pitno vodo. Domačini so sicer že pred tem pripovedovali o črnih človeških ribicah, s katerimi so se igrali kot otroci, a jim znanost takrat ni posvečala pozornosti, saj je bila osredotočena na bele primerke. Po ekološki katastrofi, povezani z odlagališčem livarskega peska v bližnji deponiji, se je v devetdesetih letih skrb za črno podvrsto povečala. Takrat so ob visoki vodi opazili naplavljen primerke v izviru Jezero in bruhalniku Jelševnik, žive primerke pa v izviru Obršec ter naplavljen na Trati in travniku Jamnice pri bruhalnikih. Z DNK analizo vode so v laboratoriju Tular v okviru evropskega projekta potrdili domnevno prisotnost črnega močerila še v Izviru pod Dobljčkim mostom, na Blatniku in Svibniku, kar pa še ne pomeni 100 % prisotnosti osebkov prav na lokacijah, kjer so bili odvzeti vzorci vode.

* Primerek, shranjen ali fotografiran oziroma žival nedavno videla zanesljiva oseba (Hudoklin in Aljančič, 2017).

Poleg izvirov in bruhalnikov v Jelševniku in Obršču, kjer se nahaja črna podvrsta, sva pod drobnogled vzeli še izvir na Otovcu, kjer je najbližji habitat belega močerila. Pojav slednjega poznajo tako domačini kot stroka že več desetletij, a naj bi postopoma izginjal. Vprašanje, ki buri znanost, je, zakaj se habitata teh dveh ločenih živalskih vrst pojavljata tako blizu, a ne skupaj, zakaj črna podvrsta, in to le v Beli krajini.

Ker gre za jamski vrsti, značilni za omejeno območje kraškega vodnega podzemlja, sva se odločili najprej preučiti geološke, tektonske in hidrološke značilnosti podzemlja Dobličke kotlinice (ta predstavlja manjši nekoliko bolj ugreznjen del Bele krajine), da bi tako omejili območje raziskovanja.

Najino raziskovalno območje sva ločili na ožje in širše:

- OŽJE – območje pojavljanja črnega oziroma belega močerila v izviroh in bruhalnikih, kjer sva opravljali terensko delo (*glej prilogo C*).
- ŠIRŠE – območje morebitnega stekanja podzemnih voda proti Jelševniku (drugim izvirov).

2.3.1 OŽJE OBMOČJE

2.3.1.1 Izvir Jezero, bruhalnik Jamnice, pokriti bruhalnik Na trati

V širokem dolinskem zatrepu pod vasjo Jelševnik je stalen izvir Jezero (Obrh; na približno 143 m nadmorske višine), ob njem pa dva večja stalna bruhalnika ter Na Trati več manjših sekundarnih, ki klobučno bruhamo vodo le ob visoki vodi. Med izviri Dobličkega porečja na robu ravnika, ki se tu vrstijo, je po izdatnosti drugi. Gladina izvira je na nadmorski višini 142,5 m. Ob nizkih vodah daje Jezero 10–20 l/s, ob padavinah voda izredno hitro naraste, skupaj s sekundarnimi izviri poplavi Trato. Pogoji iztoka kažejo, da gre za vodo pod pritiskom, torej dobijo vodo iz globljega zaledja. Ob visoki vodi se ta združi z infiltrirano gravitacijsko vodo podtalnice na ravniku, zato Jezero močno naraste in poplavi večji del Trate. Značilnosti izvira ter sprememba smeri Dobličice v isti smeri kažeta na lego v prelomni coni.

Odprti bruhalnik (Jamnice)

Nahaja se na Jelševniku ob Jezeru, je približno 30 m stran od zaprtega bruhalnika (šotora). Vdolbina je široka približno 1,5 m. Ob bruhalniku rastejo drevesa in grmičevje. V poletnem času je voda nizka, po močnem deževju pa se voda iz bruhalnika izliva tudi v bližnje Jezero. V bruhalniku je veliko majhnih sifonov, skozi katere na površje prihajajo črne človeške ribice.



Slika 3: Odprti bruhalnik (Jamnice). (Foto: Manca Bajuk, 15. 8. 2019.)

Pokriti bruhalnik – šotor (Na Trati)

Tudi ta se nahaja ob Jezeru, širok je približno 4,5 m. Sedaj je bruhalnik pokrit, da je v njem zagotovljena tema, saj naj bi predstavljal jamsko okolje. V preteklosti je bil bruhalnik pokrit tudi z vojaškim šotorom, ki ga je pozneje nadomestila zaščitna ponjava. Tudi ta bruhalnik ima majhne sifone, skozi katere na površje prihajajo ribice. Prav tako kot v odprtem bruhalniku v poletnem času gladina vode pade, po močnem deževju pa se voda iz bruhalnika izliva tudi v bližnje Jezero.



Slika 4: Raziskovalni šotor. (Foto: Vesna Fabjan, 30. 12. 2018.)



Slika 5: Pokriti bruhalnik (Na trati). (Foto: Manca Bajuk, 12. 7. 2019.)

Pri raziskovanju sva se najbolj osredotočili na to območje, saj je bil ta del habitata do sedaj najbolj poznan. Tako nama je bilo lažje primerjati podatke. Na tem območju bodo naredili tudi muzej na prostem.

2.3.1.2 Izvir Obršec

Obršec (na 141,9 m nadmorske višine) je izvir 500 m južno od Jelševnika pod manj izrazitim dolinskim zatrepom. Je izvir z dvema med seboj 5 m oddaljenima sifonoma (vmes sva opazili nekaj manjših), ki napajata občasno Jezero. Ob nizki vodi se ta ne preliva v Jelševničico (večino leta suhi potok, ki se po dobrih 200 m izlije v Jelševničico), zato sklepava, da se voda pretaka vanjo ali pa v Dobljčico podzemno. Ob visoki vodi iz naplavne ravnice skozi bruhalnike Jamnice v obliki klobuka na površje bruha podzemna voda, Jezero pa se prelije preko prelivnega roba. Skupaj poplavijo ravnico. Enako kot v Jezeru voda tudi tu hitro naraste in pade. Raziskave kažejo, da ima Obršec manjše samostojno zaledje, najverjetneje odvaja vode prelomne cone manjše prepustnosti, zato je hitro narasla voda pogojena z dvigom podtalnice na ravniku. V zaledju je več črnih gradenj z neurejenim komunalnim sistemom, za katera domnevava, da poslabšujejo kvaliteto vertikalno ponikalne vode.



Slika 6: Izvir Obršec (desna stran). (Foto: Manca Bajuk, 30. 8. 2019.)

2.3.1.3 Udorna vrtača Breg v Otovcu

Pod železniškim mostom na Otovcu je udorna vrtača Breg v Otovcu (na 165 m nadmorske višine). Na njenem dnu, ki sega 10 m pod dno suhe doline, je v razpoklinski coni območje podzemeljskih kraških tokov, saj je v vrtači izvir, po 7 m na drugi strani koliševke pa ponor. Zbira predvsem vodo iz cone infiltracije, podzemnega potoka, ki se vije pod suho dolino v smeri prelomne cone iz smeri Kota ob cesti proti Črnomlju preko jame Stobe. Zadnjih 40 let je bilo v nekaj monitoringih ugotovljeno slabšanje kvalitete vode (povečanje nitratov ob nepravilnem gnojenju z organskimi gnojili, pesticidi ter večje količine PCB iz ilegalnih deponij Iskre Semič). Starejši domačini pričajo, da je bilo v preteklosti v izviru pogosto videti belo človeško ribico z množičnim pojavljanjem, najpogosteje ob polni luni ob polnoči. Ali se populacija v korelaciji z onesnaženostjo številčno zmanjšuje, sva želeli preveriti tudi medve, zato sva opravljali analize vode, najino delo pa bo nadaljeval sošolec Vid Kavčič, ki bo podrobneje v naslednjem šolskem letu predstavil korelacijo kvalitete vode z obstojem človeške ribice.



Slika 7: Udorna vrtača Breg v Otovcu.
(Foto: Vesna Fabjan, 30. 12. 2018.)



Slika 8: Izvir Otovski breg. (Foto: Vesna Fabjan, 30. 12. 2018.)

Habitat na Otovcu sicer ni bil primarni predmet najine raziskave, sva pa ga spremljali sočasno, da sva ga lahko uporabili kot primerjavo.

2.3.2 ŠIRŠE OBMOČJE

Širše območje preučevanja je zaledje, od koder se stekajo podzemne vode v omenjeno ožje območje. Preučevanje le-tega je pomembno iz dveh vidikov. Prvi vidik je ekološki, saj dejavnosti na površju kot območje infiltracije močno vplivajo na kakovost podzemnih voda, ta pa na preživetje habitata črnega močerila. Drugi vidik pa je povezan z gibanjem podzemne vode, saj je za močerila značilno, da ima raje mirne vode, se ne rad oddaljuje od ožjega območja bivanja in da je ob visoki vodi podvržen naplavljanju na površje. Kot širše območje zato opredeljujeva dinarsko usmerjen nagubani hrbet Poljanska gora (na nadmorski višini 862 m) in rob Kočevskega roga z Mirno goro (z nadmorsko višino 1047 m) do Črmošnjiške doline. Ta že izkazuje srednjemadžarsko usmeritev Gorjancev. Obe smeri tektonike pogojujeta sistem prelomov, ti pa smer pretakanja vode tako v hribovitem zaledju kot na Belokranjskem ravniku. Ugotoviti sva želeli tudi, ali sta lahko tektonika in geologija dovoljšen razlog za omejitvev habitata črnega močerila na izključno 3 km² nizkega krasa prav na Belokranjskem ravniku.

2.4 Ekologija raziskovalnega območja

Človeška ribica je na rdečem seznamu Svetovne zveze za varstvo narave (IUCN 2008) uvrščena med ranljive vrste, kar pomeni, da je populacija stabilna, vendar obstajajo dejavniki, ki ogrožajo preživetje, predvsem uničevanje habitatov. V Pravidniku o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Ur. l. RS 82/2002) je beli močeril opredeljen kot ranljiva podvrsta, črni pa le kot redka podvrsta, ki je potencialno ogrožena zaradi omejene prostorske razširjenosti (Hudoklin, 2011).

Ocenjeno je, da se je populacija človeške ribice v Sloveniji zmanjšala – zmanjšalo naj bi se število opaženih osebkov na dobro poznanih in pogosto obiskanih lokacijah (Hudoklin, 2011). V viru ni navedenega časovnega obdobja zmanjšanja populacije, lahko pa to potrdiva, saj sva na obiskanih izviri opazili bistveno manj osebkov črne podvrste, kot naj bi jih opazili pred dobrimi 15 leti. Osebkov bele podvrste, ki naj bi se množično pojavljali na izviri Otovski breg, nisva zasledili.

Razlogov za zmanjšanje populacij je več: vse vrste onesnaževanja kraškega sveta (intenzivno kmetijstvo, industrijski in komunalni odpadki ter izpusti, urbanizacija, divja odlagališča), strupene in nevarne snovi (umetna gnojila, pesticidi, težke kovine), neodgovorno izkoriščanje podzemne vode za industrijo in kmetijstvo (zmanjševanje zaloge podzemne vode) ter genetska polucija (prenos osebkov na druge lokalitete) (Hudoklin, 2011).

Raziskave so pokazale, da dušikova umetna gnojila skupaj s pesticidi prispevajo k upadu dvoživk. Nitrati v obliki natrijevega nitrata imajo zelo škodljiv vpliv na ličinke in neotenične oblike, kot je človeška ribica. Zato naj bi bile vode, ki vsebujejo več kot 10 mg NO₃/l, neugodne za človeške ribice (Hudoklin, 2011).

Po pričevanju krajanov in lastnem poznavanju lokalne okoljske problematike izpostavlja pereče ekološke probleme, vezane na širše raziskovalno območje:

- V smeri S (Semič) je s PCB-jem močno onesnaženi izvir Krupe (na nadmorski višini 135 m). Povezava tega med izviri (Jelševnikom, Obršcem) ni dokazana (le v visokem zaledju Ponikev, ki pa s črnim močerilom ni v povezavi). Prisoten je ostal problem onesnaženja s PCB-jem iz divjih odlagališč semiške Iskre, zaznan na Otovcu, kar se kaže v povečani koncentraciji PCB-ja. Iz tega vidika naju zanima povezava z Otovskim bregom in Talčjim potokom, ki sta onesnažena tudi zaradi neprimernega gnojenja. Talčji potok je črnemu močerilu bliže, zato sva želeli ugotoviti, ali obstaja povezava slednjega z Jelševnikom in Obršcem.
- V letih 1978–91 naj bi bilo v bližnjem podzemlju odloženih okoli 50 000 t odpadkov. Bližnja deponija livarskega peska na odlagališču tovarne Belt je sanirana. Maja 1991 je ob visoki vodi iz bruhalnikov voda naplavila črno livarsko blato z visoko vsebnostjo aromatskih ogljikovodikov, fenolov, železa. Iz smeri deponije proti Jezeru gre tektonska cona v smeri S–J, kjer je ob visoki vodi možno odtekanje vode po razpokah. Sanacija je bila izvedena v cenejši verziji – prekritje in zatavljanje deponije, da se s tem prepreči iztekanje padavinske vode skozi deponijo. Zanimalo naju je, ali je sanacija deponije ustrezna. Laični poznavalci črnega močerila so njegovo barvo celo pogojevali s črnim livarskim peskom. Livarski pesek in vsebnosti v njem naj bi povzročili pogin ribic, migracije ribic, visoke koncentracije arzena in cinka v osebkih.
- V vaseh na prisojni strani robnega hribovja je bil pred tremi leti zgrajen vodovod, ne pa tudi kanalizacija. Še vedno se večina gospodinjstev poslužuje greznic (po anketi, izvedeni oktobra 2019), ki pa v večini niso ustrezne, zato se fekalije in komunalna voda stekata v kraško

podzemlje. Problem je najbolj pereč v Stobah in okolici Zajčjega potoka. Ob povečani porabi vode se je problem ponikle vode še povečal, kar že predstavlja problem nekaj izvirov na robu ravnika, ogroženi pa so tudi izviri, kjer se pojavlja črni močeril.

- Iz smeri Stražnjega in Rožič Vrha se v območju podzemnega pretakanja vode nahaja vinogradniško področje. Problem predstavlja spiranje herbicidov in pesticidov v tla. Sicer je delež z vinogradi poraslega območja v primerjavi z gozdnim bistveno manjši in ob razpršeni uporabi ne predstavlja večjega tveganja. Problem lahko nastane v primeru točkovnega onesnaženja. Tudi v tej smeri želiva ozavestiti javnost k pravilni uporabi in možnih posledicah, zato sva skupaj z Zalo Pezdirc Burazer in Vidom Kavčičem (ekipa Mladih raziskovalcev Srednje šole Črnomelj) izvedli anketo tudi o tej problematiki.
- Plitev kras Bele krajine je že dobro desetletje izpostavljen onesnaženju z biognojevko iz bližnje bioplinarne in farne prašičev. Na problem smo varuhi črnega močerila še posebej pozorni, saj se zaradi takšne obremenitve za okolje v vodi povišujejo vrednosti ionov (katerih prisotnost sva preverili z analizo vode), ki posredno ali neposredno vplivajo na črne človeške ribice.

2.5 Dosedanje hidrološke raziskave

Hidrološko zaledje izvira je bilo posredno raziskano v osemdesetih letih (Novak, 1989) v okviru:

- iskanja vzrokov za vdore vode v rudniške jaške v Kanižarici (z izotopsko sestavo in nespremenjenim nivojem vode v bližnjih izvirih je bilo dokazano, da gre večinoma za fosilno vodo, staro 32000–7500 let);
- raziskav izvira Krupe v povezavi z ugotovljeno prekomerno onesnaženostjo s PCB-jem;
- raziskovanja izvira v Dobljčah zaradi vodne oskrbe prebivalstva (Izvedeno je bilo črpanje Dobljčice ter sledenje ponikajočih voda v globokokraškem zaledju. Dokazano je bilo, da se gladina vode v izvirih Obršec in Jelševnik zaradi črpanja ni spremenila ter da se glavna podzemne vode v Jezero steka iz smeri Topličic – območje med Mirno in Debelo goro. To lahko pogojujemo z geološko, tektonsko in reliefno zgradbo terena. Le ob izredno visokih vodah se voda pretaka tudi med izviri.) (Študija za idealno rešitev regionalne preskrbe Bele krajine s pitno vodo, 1986–1990).

3 RAZISKOVALNI DEL

3.1 Raziskovalne metode

Z raziskovanjem sva pričeli jeseni 2018. S pomočjo sofinancirane aktivnosti RaST *Pomagajmo preživeti črnemu močerilu* sva pridobili osnovne pripomočke za terensko delo ter možnost sodelovanja z oddaljenimi znanstvenimi institucijami.

3.3.1 ZBIRANJE IN PREUČEVANJE LITERATURE

Preden sva začeli s sistematičnim opazovanjem osebkov, sva se podali na iskanje ustrezne literature. Ker o črni človeški ribici ni veliko napisanega, sva se povezali z različnimi zavodi, inštituti in posamezniki, ki so se že dotaknili področja črnega močerila. Ti so nam poslali različne članke, poročila in diplomske naloge, s pomočjo katerih sva dobili širši vpogled v habitat in življenje črne človeške ribice. S dobljeno literaturo sva si lahko pomagali predvsem pri morfologiji črne človeške ribice in njenemu življenju v laboratoriju. O njenih vedenjskih značilnosti, pojavljanju in življenju v naravnem okolju pa iz literature nisva izvedeli veliko. Najine ugotovitve so tako rezultat večmesečnega rednega spremljanja omenjenih izvirov, kjer je bila opažena ta edinstvena podvrsta človeške ribice.

Posebno poglavje najinega raziskovanja je bilo področje geologije in tektonike. Osnove krasoslovja, ki sva se jih naučili pri pouku geografije, ter dodatne razlage profesorice geografije so nama služile kot temelj za razumevanje obstoječe literature. Izhajali sva iz magistrskega dela Milene Zakolica z naslovom *Hidrološke značilnosti zaledja izvira Dobličice* (1990). Stopnja raziskanosti je sicer zadovoljiva za območje zaledja bližnjih Doblič, kjer je vodno zajetje izrednega pomena. Raziskovanje le-tega v osemdesetih letih je posredno zajelo tudi najino raziskovalno območje. Ugotovitve so v marsičem že zastarele, nekatere so nama porajale dvome, zato sva se večkrat poslužili terena in pomoči ožje znanosti. Najine ugotovitve so plod preučevanja literature, geoloških kart in predvsem terenskega dela.

3.3.2 SODELOVANJE Z INSTITUCIJAMI IN DRUŠTVI

ZAVOD REPUBLIKE SLOVENIJE ZA VARSTVO NARAVE OE NOVO MESTO

Prva, s katerima sva se povezali, sta Nina Prešeren in Andrej Hudoklin iz Zavoda RS za varstvo narave OE Novo mesto. Predlagala in svetovala sta nama, kako naj se lotiva raziskovanja, kaj lahko opazujeva in katere meritve naj opravljava. Posredovala sta nama tudi veliko uporabnega gradiva o človeški ribici in belokranjskem krasu. Z njima in mentorico sva se odpravili na prvo spremljanje močerila, in sicer decembra 2018, kjer sta nama pokazala, kako pristopiti do črne človeške ribice. Nina Prešeren je naredila tudi nekaj zemljevidov in geoloških kart, ki sva jih vključili v raziskovalno nalogo, ter nama svetovala pri obdelavi podatkov. Z obema sva v rednem stiku, saj naju povabita na predavanja in izobraževanja, vezana na okoljsko problematiko.

IZLETNIŠKA KMETIJA ZUPANČIČ

Za sva boljše spoznanje Jelševnika in njegove okolice, je zaslužen tudi gospod Silvo Zupančič iz Izletniške kmetije Zupančič. Na posesti kmetije se nahajajo bruhalniki Jamnice in bruhalnik, pokrit s ponjavo. Gospod Zupančič nama je pokazal izvire in naju seznanil še z bližnjim izvirom Obršec. Zupančič, d. o. o. je tudi nosilec projekta *Predstavitev in varstvo človeške ribice, na primeru črne človeške ribice v Beli krajini*, v okviru katerega je v izdelavi muzej na prostem, kjer bosta prikazana model kraške jame in pretakanje kraške vode. Urejena je bila tudi pot do obeh bruhalnikov in postavljen

nov šotor. Gospod naju vključuje v dogajanje, povezano s projektom, zato se velikokrat udeležujeva izobraževanj in prireditvev, ki jih na njegovi kmetiji prireja stroka.

JAMSKI LABORATORIJ TULAR

Februarja 2019 sva obiskali Jamski laboratorij Tular, ki ga je iz zaklonskega dela jame Tular speleobiolog Marko Aljančič leta 1960 preuredil v jamski laboratorij in tam naselil kolonijo bele človeške ribice. Manjša kolonija črne človeške ribice iz Bele krajine je sem prišla leta 2002. To je edini tovrstni laboratorij v Sloveniji in tudi edini kraj poleg Podzemeljskega laboratorija v Pirenejih, kjer se človeške ribice razmnožujejo izven svojega naravnega habitata.

Vodja laboratorija je danes speleobiolog Gregor Aljančič, ki nama je predstavil delovanje laboratorija in značilnosti človeške ribice. Pogosto nama je svetoval in naju s svojo doslednostjo in natančnostjo opozarjal na higienski minimum ter nevarnosti, ki bi jih lahko najino raziskovanje pomenilo za dvoživke. Z njim sva za potrebe promocije aktivnosti iz projekta posneli tudi intervju, v katerem nama je povedal nekaj o odkritju črne človeške ribice in njeni morfologiji. Tudi z njim redno sodelujeva. Povabil naju je, da novembra 2020 predstaviva svojo raziskavo na mednarodni speleološko-biološki konferenci SOS Proteus.

DRUŠTVO PROTEUS, gibanje za naravo in okolje Bela krajina

Z Društvom Proteus sva se prvič srečali na obisku Jamskega laboratorija Tular, ki ga je organiziralo društvo. Njihov glavni cilj je ozaveščanje javnosti in pomoč pri vzpostavitvi kritičnega odnosa do lokalne in državne politike glede naravovarstvenih vprašanj. Predsednik društva Niko Šuštarč nam je svetoval pri izdelavi ankete, ki smo jo Mladi raziskovalci Srednje šole Črnomelj izvedli v oktobru 2019. Tudi sicer je podpiral najino delo in nama kot pravnik svetoval, kako pristopiti, da ne bi najino delo dobilo priokus iskanja krivca za ogroženost močerila, pač pa naju je usmerjal k iskanju rešitev.

INŠTITUT ZA MIKROBIOLOGIJO in PARAZITOLOGIJO LJUBLJANA

V sodelovanju z Inštitutom za mikrobiologijo in parazitologijo bova izvedli mikrobiološko analizo vode pred dolgim obdobjem brez padavin in po njem. Ker bodo rezultati prišli prepozno, bova podatke predstavili v nadaljnjih raziskavah.

KOMUNALA ČRNOMELJ

Za izvedbo ankete sva od direktorja Komunale Črnomelj Sama Kavčiča dobili veliko uporabnih podatkov o komunalnem sistemu Črnomlja. Prav tako sva s pomočjo zaposlenih vzdrževalcev s hitrim testom ugotavljali prisotnost bakterij v vodi..

GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE

Za lažje razumevanje geološke in tektonske zgradbe obravnavanega terena na robu Črnomaljske kotline, sva za pomoč prosili geologa Roka Brajkoviča, ki nama je predhodno priskrbel ustrezno literaturo, ki je bila le deloma vezana na območje najinega raziskovanja. Literature, ki bi v celoti obravnavala reliefne, geološke, tektonske in hidrološke značilnosti Dobliske kotlinice, žal ni. Zato sva najprej preučili literaturo in jo skušali prenesti na raziskovano območje. Ugotovili sva, da zadeva še zdaleč ni enostavna in da je ni mogoče razumeti ločeno od okoliškega terena. 21. 6. 2019 sva se z mentorico in geologom odpravili na raziskovanje terena. Izpred SŠ Črnomelj smo se zapeljali preko Metlike na Gorjance, od tam v Črmošnjiško dolino, prek Planine v Koprivnik in Stari trg ter pot zaključili na Jelševniku. Na poti

smo naredili nekaj postankov. Skrbno sva si zapisovali njegovo razlago in jo sproti povezovali s prebranim v literaturi. Pridobili sva celotno sliko o nastanku površja Bele krajine in ožjega območja Dobljučke kotlinice. Videno in slišano nama je pomagalo lažje razumeti osnovno geološko karto SFRJ, List Črnomelj (1894) ter že precej zastarelo in pomanjkljivo literaturo. Na osnovi terenskega preučevanja in literature sva omejili prostor preučevanja, posodobili marsikatero geološko vedenje, skušali potrditi/ovreči hipotezo ter ugotoviti smeri podzemnega pretakanja vode.



Slika 9: Na terenu z geologom Rokom Brajkovičem. (Foto: Vesna Fabjan, 21. 6. 2019.)

3.3.3 OPAZOVANJE IN MERJENJA NA TERENU

Prva polovica raziskovalnega leta: januar 2019–junij 2019

V prvi polovici leta sva vsak petek zvečer najprej z navadnim termometrom, nato z Vernierjevim merilcem merili temperaturo vode in zraka, vsebnost kisika v vodi in zraku* ter gladino vode. Zabeležili sva si tudi stanje vode (kalna, prisotnost alg, madežev), prešteli osebke črne človeške ribice in zapisali njihovo približno velikost. Spremljali sva tudi vreme, zračni pritisk (dan prej, dan opazovanja, dan pozneje) in lunino meno. Pod opombe sva si zabeležili posebnosti na črnih močerilih, prisotnost drugih živali in hrane za močerila, morebitne neprijetne vonjave ... Vedno sva odvezli tudi vzorec vode.

Druga polovica raziskovalnega leta: julij 2019–december 2019

V drugi polovici leta sva opustili merjenje vsebnosti kisika, ker nisva imeli na voljo delujočega senzorja za kisik. S pomočjo merilca Iskra sva merili še električno prevodnost vode v opazovanih izvirih. Bolj sva bili pozorni na videz, obnašanje, pigmentiranost in odziv na svetlobo črnih človeških ribic.

Pravilno delovanje senzorjev za določanje temperature in električne prevodnosti sva preverili na Komunalni Črnomelj s primerjavo izmerjenih vrednosti 5 vzorcev vode iz različnih izvirov, ki so odstopale za +/- 0,2 °C (temperatura) oziroma +/- 5 uS/cm (električna prevodnost).

Na terenu sva opaženo in izmerjene vrednosti sproti zapisovali v tabelo (glej prilogo E), ki sva jo naredili pred začetkom sistematičnih spremljanj črne človeške ribice v naravnem okolju. V drugi polovici

* Ugotovili sva, da meritve niso bile veljavne zaradi pokvarjenega senzorja.

raziskovalnega leta sva tabelo nekoliko preuredili. Po vsakem opazovanju sva rezultate vnesli še v računalniško tabelo Excel (glej prilogi F in G).

3.3.3.1 Merjenje

SPREMLJANJE ČASA POJAVLJANJA

Na teren sva šli vsak petek, in sicer navadno od 19. do 24. ure zvečer. Nekajkrat sva šli tudi v soboto (zaradi nedostopnosti ob poplavljenem območju) in ko zunaj še ni bila tema. Želeli sva ugotoviti, kako naravna svetloba v odprtih bruhalnikih vpliva na pojavljanje črnih človeških ribic in ali je njihovo pojavljanje odvisno dela dneva.

MERJENJE TEMPERATURE (T) VODE IN ZRAKA

Temperaturo sva merili v enoti stopinj Celzija ($^{\circ}\text{C}$) in vedno na približno enakem mestu. Ko nisva imeli Vernierjevega merilca, sva merili s klasičnim termometrom, v drugi polovici leta pa sva temperaturo merili še s pomočjo Iskrinega merilca. Želeli sva potrditi, da tudi črni močeril ni občutljiv na nihanje temperature v vodi in ozračju v naravnem okolju ter da nihanje temperature v vodi in ozračju v naravnem okolju ne vpliva na njegovo pojavljanje; tako kot tudi bela podvrsta ni občutljiva na tovrstna nihanja (Aljančič, 1963).



Slika 10: Merilec Iskra in klasični termometer. (Foto: Manca Bajuk, 9. 3. 2020.)

MERJENJE ELEKTRIČNE PREVODNOSTI VODE

Električno prevodnost vode sva prav tako merili s pomočjo Iskrinega vmesnika in Vernierjevega merilca (senzor za prevodnost). Vedno sva merili na približno enakem mestu in morali sva biti pazljivi, da se je senzor čim manj premikal, saj je že manjši tresljaj povzročil drugačno meritev.

»Električno prevodnost je lastnost vode, da prevaja električni tok. Odvisna je od prisotnosti ionov v vodi in njena sprememba kaže na morebitno onesnaženost vode« (O posameznih parametrih na kratko, 2014, str. 14). Merili sva jo v merski enoti mikro Siemens na centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$), v območju od 0 do 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Višja je bila izmerjena električna prevodnost, več je bilo v vodi prisotnih ionov in s tem tudi večja onesnaženost vode. Zanimalo naju je, ali večja prisotnost ionov v vodi vpliva na pojavljanje črnega močerila, saj je znano, da so človeške ribice sposobne zaznati zelo nizke koncentracije kemijskih spojin (Človeška ribica, 2019).

MERJENJE VIŠINE VODE V IZVIRU

Gladino vode sva merili v pokritem bruhalniku, odprtem bruhalniku Jamnice in v izviru Otovskega brega. Merili sva jo z zložljivim lesenim metrom v enoti centimeter (cm). V odprtem bruhalniku Jamnice sva jo merili od kamna z belo liso, ki se nahaja pred veliko odprtino. V pokritem bruhalniku sva jo merili na območju med dvema velikima kamnoma. V Otovskem bregu sva gladino vode merili na dveh mestih (L – levo, D – desno). Na L sva jo merili približno 40 cm od velike odprtine in 25 cm od roba struge, kjer sva stali. Na D sva jo merili ob večjem kamnu, na katerem sva tudi stali. V izviru Obršec gladine vode nisva merili, saj zaradi slabše vidljivosti dna ne bi mogli zagotoviti verodostojnih podatkov. Beležili pa sva si, ali je bila gladina vode izredno nizka oziroma visoka. Z merjenjem gladine vode v posameznem izviru sva želeli ugotoviti, ali njeno spreminjanje vpliva na pojavljanje črnega močerila v naravnem okolju.



Slika 11: Merjenje gladine vode v odprtem bruhalniku. (Foto: Manca Bajuk, 1. 11. 2019.)

BELEŽENJE VREMENA, RELATIVNE VLAGE in ZRAČNEGA PRITISKA

Ob vsakem spremljanju sva si zabeležili, kakšna sta bila relativna vlaga (v %) in zračni pritisk (v hPa) ob najinem obisku izvirov, dan prej oziroma celoten teden. Podatke za zračni pritisk in relativno vlago sva dobili na spletni strani ARSA. Podatki za zračni pritisk so bili pridobljeni v meteorološki postaji Novo mesto na nadmorski višini 220 m, podatki za vlago pa v meteorološki postaji Črnomelj–Dobliče na višini 157 m. Zanimalo naju je, ali zračni pritisk, vlaga, padavine in sušno vreme vplivajo na pojavljanje črnega močerila v naravnem okolju.

3.3.3.2 Opazovanje

BELEŽENJE PIGMENTIRANOSTI OSEBKOV

Vedeli sva še, da so možne različne pigmentiranosti (barve) črnega močerila. Sami sva želeli ugotoviti, kako se po barvi razlikujejo osebki, ki so se pojavili v posameznih opazovanih izviroh, in kaj bi bil lahko vzrok različni pigmentiranosti osebkov po izviroh.

OPAZOVANJE ODZIVA OSEBKOV NA SVETLOBO

Znano je, da ima črna človeška ribica razvitejše oči kot bela, zato naju je zanimalo, kako se črni močeril v naravnem okolju odziva na svetlobo. Zanimalo naju je tudi, ali se človeške ribice iz različnih izvirov na svetlobo odzivajo drugače. Njihovo občutljivost na svetlobo sva spremljali tako, da sva dovajali različno močno svetlobo (baterijska svetilka – najmočnejša, svetilka na telefonu Samsung J7 2016 in A70 – nivo 5, šibkejša baterijska svetilka in svetilka, ki je oddajal rdečo svetlobo) in si zapisali, ali se je osebek premaknil, skrnil pod kamen/list, odplaval v odprtino ali se ni odzival. Ko sva se bližali izviru oziroma bruhalniku, sva svetlobo usmerili proti tlam. Spremljanje odzivanja na svetlobo je potekalo tako, da sva svetili blizu osebkov, stran od njih in vanje (ko sva svetili vanje, tega nikoli nisva počeli dolgo, sploh ne z najmočnejšo svetlobo).

OPAZOVANJE VEDENJA OSEBKOV (odziv na zvok, dražljaje, način gibanja, položaj)

Človeške ribice imajo izredne slušne sposobnosti (Bajd, 2019), zato naju je zanimalo, kako se bodo osebki odzvali na najin govor, korake, najino premikanje in spuščanje stopnic v šotoru. Zapisali sva si, ali se je osebek takoj odmaknil, delno skrnil pod kamen ali pa se sploh ni odzival.

Zanimalo naju je tudi, kako se osebki odzivajo na mehanske dražljaje. Njihov odziv sva preverili tako, da sva najprej približno 40 cm stran od osebka z roko segli v vodo in povzročili valove, nato pa sva to storili z metrom in 15 cm stran od njih.

Opazovali sva tudi način gibanja, torej ali se premikajo z nogami, in kako se zvijajo ob plavanju oziroma ko jih nekaj vznemiri, kje se nahajajo: na dnu bruhalnika, pod kamnom, na gladini, ob robu bruhalnika, blizu odprtine ...

SPREMLJANJE LUNINE MENE

Iz intervjuja gospe Mire Ivanovič sva izvedeli, da so ljudje govorili, da se človeške ribice pojavljajo na polno luno ob polnoči. Podobno miselnost sva zasledili tudi v literaturi, in sicer da je najprimernejša jasna noč ob polni luni, ko potegne blagi nočni veterc, malo po polnoči (Aljančič, 2008). Želeli sva se prepričati, ali je temu res tako, zato sva se štirikrat odpravili na polno luno ob polnoči na ogled opazovanih izvirov. Lunino meno sva si beležili vsak petek, da bi lahko ugotovili, ali ima luna kaj opraviti s pojavljanjem človeške ribice v naravnem okolju. Za ugotavljanje lunine mene sva si pomagali s spletno stranjo Lunin.net.

3.3.4 OBISK JAME STOBE

Sočasno z izviri, kjer sva opazovali črne močerile, sva želeli ugotoviti razlog za izginotje bele človeške ribice v Otovskem bregu, in to povezati z morebitno usodo črne človeške ribice, če se lokalni prebivalci ne bodo začeli zavedati pomembnosti skrbi za kraško okolje. Mlade raziskovalce Srednje šole Črnomelj je zanimalo, ali so v jami Stobe osebki bele podvrste še prisotni in kakšna je kvaliteta vode v tej jami. Podatke bo predstavil sošolec Vid Kavčič.



Slika 12: Mladi raziskovalci v jami Stobe. (Foto: Vesna Fabjan, 20. 1. 2020.)

3.3.5 ANALIZA VODE

3.3.5.1 Kemijska analiza vode

V prvi polovici leta sva sami opravljali enostavnejšo analizo vode s pomočjo kovčka za analizo vode *Macherey-Nagel, visocolor School*. Vsak petek zvečer, ko sva se odpravili do izvirov na Jelševniku in Otovcu, sva odvzeli vzorce vode v plastične epruvetke s prostornino 150 ml. Pred odvzemom vode sva posodje splahnili z vodo iz izvira. Prenos vzorcev do hladilnika je potekal v temnem in hladnem prostoru. Vzorce sva nato dali v hladilnik, analizo pa sva opravili naslednji dan.

Z analizo sva določali vsebnost amonijevih ionov (NH_4^+), nitratov (NO_3^-), nitritov (NO_2^-), fosfatov (PO_4^{3-}) v vodi ter trdoto in pH vode – pH vode sva preverili tudi s pH lističi.

Pri analizi vode sva sledili navodilom, ki so bili priloženi v kovčku. Nosili sva zaščitne rokavice. Rezultate sva določali po priloženi barvni lestvici. Po končani analizi sva nastale zmesi razredčili z vodo in zlili v odtok, kot piše v navodilih.



Slika 13: Analiza vode za določanje vsebnosti nitratov v vodi. (Foto: Špela Vraničar, 2. 2. 2019.)



Slika 14: Kovček za analizo vode. (Foto: Manca Bajuk, 9. 3. 2020.)

Od oktobra 2019 naprej je za analizo vode skrbel sošolec Vid Kavčič, ki je vzorce vode odnašal na oddelek za analizo kemijo na Kemijski inštitut v Ljubljano, sam pa je opravljal enostavnejšo analizo s pomočjo kovčka. Pri odvzemanju vzorcev vode pa sva mu pomagali medve. Nefiltrirano vodo smo shranjevali v 500 ml stekleni posodi (za enostavnejšo analizo) in 50 ml ter 14 ml plastični epruveti (za analizo na inštitutu). Drug vzorec vode pa smo prefiltrirali s pomočjo injekcije in filtra. Tak vzorec smo shranili v 14 ml epruveto. Sošolec Vid je vzorce vode prav tako hranil v hladilniku. Enostavnejšo analizo je opravil že isti dan ali pa takoj naslednji dan.

3.3.5.2 Mikrobiološka analiza vode

28. 10. 2019 sva zjutraj okoli 8. ure iz petih izvirov (Otovski breg, Jelševnik (pokriti), Jelševnik (bruhalnik), Obršec in Dobljče) vzeli 500 ml vzorca vode. Vodo sva odvzeli po močnem deževju po daljšem sušnem obdobju. Z vzorci sva odšli na oddelek Komunale Črnomelj na Grič v čistilno napravo za pripravo pitne vode. Tam sta nama vzdrževalca čistilne naprave in naprav za pripravo pitne vode pomagala pri analizi vzorcev. Zanimala naju je vsebnost bakterij v vodi.

Najprej smo v vodi preverjali vsebnost bakterije *Escherichie coli* (*E. coli*), nato pa še prisotnost drugih (fekalnih) bakterij s hitrim testom.

POSTOPEK: *Določanje vsebnosti bakterije Escherichie coli*

1. Gojišče navlažimo z 1 ml destilirane vode.
2. Vodo iz izvira (10 ml) spustimo čez filter.
3. Filter vstavimo v gojišče in ga zapremo.
4. Gojišče za 24 ur postavimo v inkubator na temperaturo 37 °C.
5. Prisotnost *E. coli* smo ugotovili z razvojem zelenih kolonij.

Pomembno je, da vse pripomočke razkužimo z alkoholom, gorilcem in jih speremo z destilirano vodo, saj ne želimo prisotnosti drugih bakterij in bakterij iz zraka.



Slika 15: Določanje vsebnosti bakterije *E. coli* v vodi. (Foto: Vesna Fabjan, 29. 10. 2019.)

POSTOPEK: *Hitri test za preverjanje prisotnosti fekalnih bakterij v vodi*

1. Najprej stabiliziramo (kalibriramo) mycometer.
2. 240 ml vzorca spustimo čez filter.
3. Nato čez filter spustimo 2,5 ml substrata (hrano za bakterije).
4. Filtre pustimo stati 31 min.
5. Nato z razvijalcem speremo filter v kiveto.
6. Kiveto damo v spektrometer (mycometer) in določimo vrednost.



Slika 16: Hitri test za preverjanje prisotnosti fekalnih bakterij v vodi. (Foto: Vesna Fabjan, 28. 10. 2019.)

3.3.6 INTERVJUVANJE

Vprašanja, ki sva jih zastavili naslednjim intervjuvancem, prilagava v prilogi B.

Silvester Zupančič

Gospoda Zupančiča sva intervjuvali februarja lani, ko smo snemali film za informativni dan. Gospod Silvester je bil namreč lastnik turistične kmetije Zupančič (sedaj je lastnik njegov sin), ki obratuje na najinem ožjem raziskovalnem območju. Povprašali sva ga o načrtih, ki jih imajo zastavljene za prihodnost.

Mira Ivanovič

Gospo Ivanovič sva ravno tako intervjuvali februarja lani za posnetek za informativni dan. Intervju sva opravili na dan ogleda jamskega laboratorija Tular. Gospa je bila namreč v službi na Zavodu za varstvo narave.

Milena Blažič

Gospo Blažič sva intervjuvali januarja letos z namenom, da bi nam predstavila svoje stališče o izginotju populacije belega močerila v izviru Otovskega brega.

Martin Ilenič

Intervju sva opravili tudi z aktivnim potapljačem in poznavalcem kraških jam, ki v izvirih, vodnih jamah in sifonih pogosto opazuje bele in črne človeške ribice.



Slika 17: Mladi raziskovalci na pogovoru z Mileno Blažič. (Foto: Vesna Fabjan, 6. 1. 2020.)

3.3.7 ANKETIRANJE

Oktober 2019 smo Mladi raziskovalci izvedli anketo o vodovodni priključenosti, urejenosti odplak, spopadanju s škodljivci in gnojenjem ter poznavanjem črnega močerila na območju Stražnjega Vrha, Mavrlena, Rodin, Otovca, Sel pri Otovcu, Talčjega Vrha, Jelševnika, Rožič Vrha in Naklega. Prebivalce smo obiskali na domu oziroma vikendu, odgovarjali pa so lahko tudi preko spleta. Anketo bo podrobneje predstavila tretja članica ekipe Mladih raziskovalcev Srednje šole Črnomelj, naju pa so predvsem zanimale škodljive snovi, ki jih ljudje uporabljajo pri spopadanju s škodljivci, saj se ravno te spirajo v življenjski prostor belokranjskega endemita.



Slika 18: Mladi raziskovalci med anketiranjem. (Foto: Vesna Fabjan, 5. 10. 2019.)

3.3.8 OZAVEŠČANJE JAVNOSTI

Informativni dan

Skupaj s pomočjo dijakov in profesorjev naše šole smo Mladi raziskovalci Srednje šole Črnomelj lani in letos sestavili kratek program za bodoče dijake naše šole. Predstavili smo se s kratko igrico, ki prikazuje življenje močerila Rudolfa. Namen predstavitve je bil poleg seznaniti bodoče dijake z našim delom, jih pritegniti k raziskovanju ter ozavestiti o pomenu belokranjskega endemita.



Slika 19: Igralci v igrici o mladem močerilu Rudolfu. (Foto: Vesna Fabjan, 15. 2. 2020.)

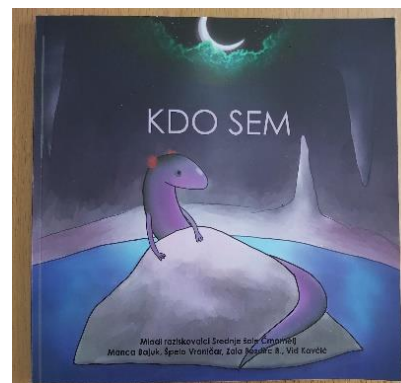
Predstavitve smo popestrili s krajšimi posnetki o svojem delu, ki so dostopni na YouTubeu pod naslovi *Mladi raziskovalci SŠ Črnomelj*, *Raziskovalno delo in ICYS Malezija in Črni močeril SŠČ*. V posnetku *Črni močeril SŠČ* sva med drugim prebivalcem Kranja zastavili nekaj vprašanj o črnem močerilu, saj naju je zanimalo, kako dobro ga poznajo oziroma ali sploh vedo za to edinstveno podvrsto človeške ribice. Izkazalo se je, da močerila povezujejo z močeradom, ob omembi človeške ribice, pa so ljudje vedeli, da jo imamo v Sloveniji v Postojnski jami, veliko pa jih še nikoli ni slišalo za črno podvrsto.

Knjiga KDO SEM

Od septembra 2019 sva del ekipe Mladih raziskovalcev Srednje šole Črnomelj, v kateri sodeluje tudi mlada umetnica, tretja raziskovalka. Z mentorico smo se odločili, da bomo izdali poučno knjigico z naslovom *Kdo sem*, ki bo poleg pravljice o črnem močerilu Rudolfu vsebovala tudi pesmi, uganke in didaktičen del, namenjen obravnavi prebranega. Nekaj pesmi in ugank sta prispevala starša dijakov Srednje šole Črnomelj, kar pomeni, da smo v delo vključili tudi ostale. Namreč, namen knjigice je predstavitev črnega močerila tako mladim kot starejšim generacijam na zabaven, enostaven, a hkrati poučen način. Izdelek že predstavljamo na stojnicah ob pomembnih dogodkih v Beli krajini.



Slika 20: Stojnica Mladih raziskovalcev. (Foto: Vesna Fabjan, 6. 3. 2020.)



Slika 21: Knjigica Kdo sem. (Foto: Manca Bajuk, 10. 3. 2020.)

Regijsko tekmovanje iz geografije

Lani je v Črnomlju potekalo regijsko tekmovanje iz geografije za srednješolce. Program pred samim tekmovanjem smo oblikovali tako, da smo vanj vstavili igrico z informativnega dneva in jo prilagodili vsebini. S tem smo svoje raziskovanje hoteli predstaviti sovrstnikom iz drugih šol po Sloveniji. Želimo si, da bi čim več ljudi iz celega sveta poučili o pomenu in posebnosti črne človeške ribice. Naš prikaz igrice pred tekmovanjem je to tudi potrdil. Odzivi so bili različni. Veliko dijakov sploh še ni slišalo za črnega močerila, zato je še toliko pomembnejše, da s svojim delom črno človeško ribico predstavimo širši javnosti.

Facebook stran

Zavedamo se, da so socialna omrežja velik del našega vsakdana in omogočajo hiter način komuniciranja z množico ljudi. Zato smo se Mladi raziskovalci odločili narediti svojo Facebook stran, da bi lokalno prebivalstvo seznanili s svojim delom in jih povabili k sodelovanju. Na strani objavljamo svoje ugotovitve, zanimiva dejstva in poročamo o svojih raziskovalnih aktivnostih. Javnost smo povprašali o njihovih izkušnjah s črnim močerilom - ali ga poznajo, so ga morebiti že videli in kje. Tako smo dobili informacijo o pojavljanju črnega močerila v Metliki, ki jo bomo preverili.

Prispevek v Belokranjcu

Februarja 2020 je bil v lokalnem časopisu Belokranjec objavljen članek *Mladim raziskovalcem ni nikoli dolgčas*, ki ga je po pogovoru in dopisovanju z nami napisal novinar Rudi Vlašič. V prispevku smo na kratko predstavili svoje raziskovalno delo, odločitve in razloge za usmeritev na področje črnega močerila ter knjigico *Kdo sem*.

Dobro jutro in Vaš kanal

V začetku marca 2020 smo Mladi raziskovalci Srednje šole Črnomelj sodelovali v snemanju informativne oddaje Dobro jutro, posneli pa smo tudi prispevek za Vaš kanal. Prispevek za RTV smo posneli na Jelševniku, za Vaš kanal pa v okolici naše šole. V prispevkih smo svoje raziskovanje predstavili širši slovenski javnosti. K sodelovanju smo se odzvali, da bi o problemu črne človeške ribice seznanili tudi druge prebivalce Slovenije, ki za to podvrsto morda še niso slišali.



Slika 22: Snemanje za Dobro jutro. (Foto: Vesna Fabjan, 6. 3. 2020.)

4 RAZPRAVA IN REZULTATI

Najina raziskava temelji na že znanih ugotovitvah o črnem močerilu, zapisih v virih, ki se posredno dotikajo njegovega habitata, na domnevah poznavalcev in pričevanju lokalnih prebivalcev. Zato bova v poglavju razprava in rezultati povezano predstavili znana izhodišča, jih prenesli na območje habitata in jih dopolnili s svojimi. Zaradi širine raziskovalnega dela in zato večje preglednosti bova izhajali iz štirih hipotez, znotraj katerih bova združili ugotovitve. Najprej bova le-te v razpravi povezali/dopolnili z že znanim, nato pa vse skupaj kritično ovrednotili. Skušali bova potrditi/ovreči zastavljene hipoteze in nakazati možnosti za nadaljnje raziskave.

Naj še enkrat povzameva, da je vsebina najine naloge izredno široka, saj sva raziskovali v veliki meri znanosti neznano in nisva vedeli kaj točno pričakovati. Dolgotrajna ciklična in sistematična raziskava črnega močerila v naravnem okolju še ni bila izvedena. Vedno znova so se nama na osnovi novih opazk odpirala nova vprašanja, ki bodo predmet najinih raziskav in raziskav Mladih raziskovalcev Srednje šole Črnomelj v prihodnosti. Ker redno sodelujeva z zunanjimi znanstvenimi institucijami, ki so že izkazale zanimanje za sodelovanje, so najine ugotovitve spodbudile k raziskovanju novega tudi njih, kar daje najini nalogi še večjo vrednost. Že samo dejstvo, da nama zaupajo, naju jemljejo resno in želijo z nama sodelovati, nama veliko pomeni.

4.1 Ali je habitat črnega močerila geološko in reliefno pogojen?

RAZPRAVA

Vprašanje, ki se poraja naravovarstvenikom in speleobiologom, je, zakaj znotraj območja habitata bele človeške ribice, vezanega na Dinarsko gorovje v Beli krajini, obstaja še osamljeni habitat črnega močerila. Kako utemeljiti nastanek te edinstvene podvrste močerila prav tukaj? To je vprašanje, ki si ga pogosto zastavljamo tudi ponosni prebivalci Bele krajine, a nanj še ni bil podan odgovor.

Speleobiologi sicer domnevajo, da naj bi se črna podvrsta razvila iz prebivalke površinskih voda, ki je spominjala na črnega močerila. Njene najsevernejše populacije so se verjetno preselile v podzemlje šele manj kot pred 10.000 leti, najpozneje črna podvrsta. Na podlagi genetskih raziskav lahko trdimo, da je obstajalo več različnih ras (možno tudi vrst) močerilov v površinskih rekah in jezerih že v pliocenu. Ob prisotnosti zakrasovanja so se nekatere populacije razširile v podzemeljske vode, tiste na površini pa so izumrle.

Ob večkratnem obisku terena sva opazili, da se nahajava na nižjem delu Belokranjskega ravnika glede na okolico. Kotlinica na robu Poljanske gore ob reki Dobljčici in njenih pritokih je najgloblje ugreznjena v okoliško površje. Izhod iz nižjega ujetega terena je z vidika vode mogoč le po dolinici reke Dobljčice. Ta sledi zahodnemu robu nepropustne Kanižarske kadunje, nizko vrezano v kraški ravniki. Pri pouku geografije smo se učili o podzemnem pretakanju kraške skalne vode, zato sva glede na izoblikovanost terena pomislili, da je razlog za ujetost habitata črnega močerila na 3 km² mogoče iskati v reliefni izoblikovanosti terena, geološki in tektonski zgradbi tal v povezavi s podzemno hidrologijo. Najine pomisleke sva predstavili speleobiologu Gregorju Aljančiču (Jamski laboratorij Tular) in Nini Prešeren (Zavod RS za varstvo narave Novo mesto), ki pa sta bila do najinega razmišljanja skeptična in sta se bolj nagibala k prepričanju, da najina domneva ne drži. Odločili sva se zadevo raziskati, da bi njuno/najino prepričanje potrdili/ovrgli. Hipotezo sva se odločili oblikovati na osnovi dosedanjega prepričanja poznavalcev, čeprav strokovnjakov iz področja biologije in naravovarstva.



Slika 23 in 24: Doblička kotlina. (Foto: Manca Bajuk, 6. 11. 2019.)

Najine ugotovitve so razširjeno predstavljene v prilogi A. Na tem mestu sva podali krajšo razpravo, svoje razmišljanje pa oblikovali kot rezultat dosedanjih raziskav.

Zahodnega dela Belokranjskega ravnika (na nadmorski višini 130–220 m), kjer je 10–20 m nižje ugreznjena Doblička kotlina, v povezavi s črnim močerilom ne moremo raziskati brez poznavanja njenega zaledja, saj se kraške podzemne vode iz njega stekajo proti ravniku in tam napajajo izvire, v katerih je bilo zaslediti črnega močerila. Zato sva najino raziskovalno območje razdelili v ožje in širše območje.

Iz zahoda je kotlina zaprta z vzhodnim pobočjem Poljanske gore (hrbet, 862 m) in robom Kočevskega roga (Mirna gora, 1043 m). Redka stalna poselitev na prisojni stran planotastega hribovja je deloma vinogradniško območje s počitniškimi hišicami, večinoma pa je hribovje poraslo z gozdom. Gledano v strukturno tektonskem smislu je teren Poljanske gore zgrajen predvsem iz gub in prelomov dinarske smeri SZ–JV (longitudinalni prelomi), ki se raztezajo več 10 km. Del Kočevskega roga (Mirna gora) in Gorjanci s Smukom že kažejo nadaljevanje Srednjemažarske balatonske cone s prelomi smeri SV–JZ s strukturami raztezanja.

Pokriti globoki kras je poln suhih dolin, izvirov in ponorov, enostavnih, tudi stopnjastih brezen in s korozijo razširjenih razpok. Ker gre za izmenjavo leč apnenca in dolomita, se strmec in smer kraških sifonov zaradi različne razpokanosti pretrtih con lokalno spreminjata. Bloki apnenca in dolomita ne tvorijo popolnoma samostojnih hidroloških enot v zaledju. Vložki dolomita z manjšo nepropustnostjo podzemnega pretakanja ne prekinejo, ampak ga le preusmerjajo, lokalno zadržijo. Vode se namreč zadržijo, pretakajo po zunanjih mejnih prelomih linijah in vododžnejših kamninah ali jih prebijajo v zožani coni. Apnenec je bistveno bolj prepusten od dolomita, zato voda po njem podzemno odteka hitreje.

Vzhodno od Dobličke kotline je Kanižarska premogovna kadunja. Zapolnjena je s 300 m debelimi skladi vododržnih pliocenskih sedimentov Panonskega bazena, to je z laporjem, kremenovim peskom in plastmi rjavega premoga ter glin v zgornjem delu. Na tem območju je bilo še v pliocenu jezero. Lastnosti kamnin se spremenijo v nepropustne, enako pogoji pretakanja vode, kar pa pomeni omejitvev

habitat močerilu iz vzhoda. Zato zahodni rob Kanižarske premogovniške kadunje opredeljujeva kot ločnico, do koder se podvrsta še lahko pojavlja.

Iz severa in juga je omejenost habitata težje natančno opredeliti, lahko pa na osnovi reliefne izoblikovanosti domnevava, da geološke značilnosti vzpetega sveta ob Tanči Gori in Stražnjem Vrhju pogojujeta podzemno pretakanje vode, usmerjeno proti Dobllički kotlinici. V strukturno tektonskem smislu se v povezavi z gubanjem iz dveh smeri (balatonske in dinarske) na severovzhodu Bele krajine, kjer je najino raziskovano območje, dogaja vzhodnoalpski pobeg. Ta povzroči nastanek mlajšega prečnega sistema prelomov. Posledica sta tančegorski in stražnjevrški dvignjena bloka apnenca, ki zapirata kotlinico iz severa in juga. Ker gre za dvignjen kraški svet, sklepava, da se podzemna voda iz njiju po sifonih steka v nižjo kotlinico v tamkajšnje robne izvire (glej prilogo I).

Dobllička kotlinica z najnižje ležečo reko Doblličico je ločeno vodno telo, saj se vanjo podzemno ali nadzemno stekajo vsi lokalni vodonosniki. Lokalni vodonosniki so geološko pogojeni in so zbirnega značaja. Zanimivo je, da so med seboj povezani le ob visoki vodi, ko je lahko velik del kotlinice poplavljen. Da znižanje nivoja vode v enem od izvirov ne vpliva na znižanje nivoja v ostalih, je bilo dokazano že leta 1986 s črpalnim poskusom Doblličice. Na razlike kažejo tudi različne temperaturne in kemijske lastnosti vode. Pod površjem ravnika se nahaja kraška podtalnica, ki ima gladino plitvo pod površjem in jo lahko dosežemo v številnih vodokazih breznic in izviri. Spremljali sva jo v koliševki na Otovcu in v jami Stobe. Ob močnem deževju podtalnica hitro naraste, napolni tudi sicer suhe doline in se površinsko odtaka proti Doblličici. Kadunja deluje kot zajezitev (zadrževalnik kraške vode) kraškemu terenu (zajezeni kras), zato v številnih izviri, breznic, bruhalnikih ob dežju voda hitro naraste.

REZULTAT

Dobllička kotlinica je prav zaradi tektonike reliefno ločena od ostalega ravnika, saj je na robu Poljanske gore najnižje ugreznjen teren, reliefno zaprt iz vseh strani. Reliefna izoblikovanost lahko nakazuje omejenost habitata črnega močerila v povezavi z geologijo in hidrologijo raziskovanega območja. Glede na hidrološke karakteristike in reakcijo izvirov na padavine dopušča možnost, da kolonije črnega močerila znotraj kotlinice niso v rednih medsebojnih stikih (opazili sva celo, da osebki v izviri niso enako pigmentirani). Sklepava pa, da ima črni močeril (vsaj ob visoki vodi) možnost premikanja znotraj Doblličke kotlinice, čeprav gre sicer za tri ločene lokalne vodonosnike. Zaradi reliefnih, tektonskih in hidroloških karakteristik terena se močeril ne more gibati zunaj nje. Tudi če bi ob visoki vodi katero od naplavljenih ribic voda odnesla v reko Doblličico (drugam zaradi reliefa ni mogoče), bi tam slej kot prej postala žrtev plenilskih vrst sladkovodnih rib.

V intervjuju s potapljačem, ki se pogosto potaplja v izviri Doblličice in drugih dostopnih sifonih, sva izvedeli, da črnih človeških ribic ni videti na večji globini kot 20–30 m. Geolog nama je na terenskem delu razložil, da so kraški sifoni v globinah verjetno med seboj povezani tudi z ostalim belokranjskim ravnikom v smeri sever in jug, kar pa je glede na globino zadrževanja močerila brezpredmetno.

Ob predpostavki, da črne ribice prebivajo v manj globokem podzemlju, da se ne rade oddaljujejo od lokacije, kjer živijo, ter se ne morejo gibati proti močnejšemu toku vode, omejenost habitata na Doblličko kotlinico še bolj dokazuje omejenost iz reliefnih in geoloških razlogov.

4.2 Ali je obstoj črnega močerila pogojen z ekološkim stanjem pokrajine?

RAZPRAVA

Kraški svet je zelo občutljiv, saj snovi zelo hitro pronicajo v podzemlje. Na našem raziskovalnem območju skorajda ni naravovarstvenih ukrepov. To območje je bilo deležno in je še vedno pod vplivom raznih onesnažil, kot so fitofarmacevtska sredstva (iz ankete ugotovljena najpogostejša uporaba herbicidov in fungicidov), intenzivno kmetijstvo, gnojnica, neurejena urbanizacija neposredno nad njenim habitatom, neurejeni kanalizacijski odtoki, divja odlagališča, odlagališča odpadkov livarne Belt ... To vse so dejavniki, ki so odločilni za kvaliteto vode. Zaradi tega je zelo pomembno, da so ljudje ozaveščeni o problemu onesnaževanja, ki škoduje črnim človeškim ribicam. V zadnjih desetih letih je okolijski monitoring pokazal izjemno povišanje določenih substanc. Pokazale so se povišane vrednosti arzena in cinka. Vrednosti cinka so bile povišane zaradi odpadkov iz livarne Belt, ki so jih odlagali v bližnje kotanje. Po sanaciji odlagališč se je stanje izboljšalo. Vrednosti arzena pa so posledica uporabe pesticidov (Bulog, 2013). Ko sva začeli najino raziskavo, sva se odločili, da bova tudi sami spremljali kvaliteto vode. To sva počeli pol leta. Delali sva analizo za preverjanje vsebnosti nitritov, nitratov, fosfatov, amonijaka v vodi, trdote vode in pH. Magdalena Aljančič je naredila rekonstrukcijo onesnaženosti habitata v času odkritja in odkrila, da so se vrednosti fosfatov in nitratov od leta 1976 do 2014 kar trikratno povečale (Aljančič, 2017).

Še posebej so naju zanimale meritve na Otovcu, saj je tam bela človeška ribica izginila. Najine analize so pokazale visoke vrednosti nitratov, ki so odločilnega pomena za obstoj črnega močerila. V literaturi nisva zasledili veliko podatkov o raziskavi nitritov v povezavi s črno človeško ribico. Leta 2010 so na Jelševniku opazili zaznaven dvig fosfatov. Aprila 2010 je vrednost ortofosfatov narasla na 1,26 mg/l, v letu 2011 pa se je ta vrednost še povišala. Vrednosti so začele naraščati po letu 2009 zaradi povečanega vnosa bioplinske in prašičje gnojevke (Hudoklin, 2012). Marko Aljančič je ugotovil, da trdota vode nima vpliva na človeške ribice. Problem okoliških naselij in prebivalcev pa je tudi neurejena kanalizacija, kar pomeni, da gre velik del odpadkov v podzemlje. Večina prebivalcev ima pretočne greznice. To sva potrdili s podatki iz Komune Črnomelj in s podatki, ki smo jih pridobili iz ankete, izvedene v oktobru 2019. Nekateri od naših anketirancev so odgovorili, da greznice niso praznili še nikoli, kar je zelo zaskrbljujoče.

REZULTAT

Z opravljenimi kemijskimi analizami sva lahko pridobili le okvirne vrednosti ionov, saj analize s kovčkom niso dovolj natančne. Z njimi pa sva lahko potrdili povišanje vrednosti. Prav tako je lahko do napak prišlo v odčitavanju vrednosti, saj sva si pomagali z barvno lestvico. Najine raziskave so pokazale previsoke vrednosti nitratov v vodi. Mejna vrednost nitratov v vodi za preživetje človeške ribice naj bi bila 9,2 mg/l. Podatek je bil pridobljen statistično na podlagi drugih dvoživk. Najine analize so pokazale, da je vrednost nitratov v Otovskem bregu vedno presegala mejno količino za preživetje dvoživk. Tudi v drugih izviri je vrednost občasno narasla na 10 mg/l in čez, vendar je vrednost nato pri naslednji analizi ponovno upadla. V Otovskem bregu pa pri nobeni analizi nisva dobili vrednosti, manjše od 10 mg/l. Predvidevava, da je konstantna prevelika količina nitratov v tem izviru eden od dejavnikov za izginotje bele človeške ribice na tem območju. Sva pa prišli do domneve o vplivu nitritov na črno človeško ribico. Najine analize vode so večkrat pokazale vrednost 0,02 mg/l. Včasih pa se je vrednost povzpela tudi do približno 0,05 mg/l in več. Ko je bila vrednost nitritov v posameznem izviru tako visoka, nisva opazili nobene ribice. Na podlagi rezultatov najine analize domnevava, da nitriti vplivajo na črnega močerila. Vrednosti amonijevih ionov so bile zelo visoke in so presegle meje dovoljenih vrednosti v pitni vodi, vendar sva osebe tudi takrat opazili, zato meniva, da jim občasen dvig

amonijevih ionov ne škoduje. Predvidevava, da jim izmerjene vrednosti amonijaka ne škodujejo, ne izključuje pa možnosti, da imajo vrednosti posreden vpliv na črnega močerila. Najine analize so pokazale občasno povišane vrednosti fosfatov (približno 1,5 mg/l). Tudi v času, ko so bile vrednosti povišane, sva osebkke videli. Predvidevava, da jim občasno povišani fosfati ne škodujejo, ne izključuje pa možnosti, da imajo vrednosti posreden vpliv na črnega močerila. Najmanj onesnažena voda je po najjinih analizah v odprtem bruhalniku. Izmed izvirov, kjer se pojavlja črna človeška ribica, so kemijske analize najslabšo kvaliteto pokazale na Obršcu.

Tabela 2: Mejne vrednosti ionov v vodi

	FOSFATI (PO_4^{3-})	NITRITI (NO_2^-)	NITRATI (NO_3^-)	AMONIJEVI IONI (NH_4^+)
Max. priporočljiva vrednost za ribe v akvariju (v mg/l)		0,03	20	0,5
Max. dovoljene vrednosti za pitno vodo v SLO (v mg/l)	0,3	0,1	50	0,1
Priporočljiva vrednost (v mg/l)	0,56		25	0,05
Max. priporočljiva vrednost za človeško ribico (v mg/l)			9,2	

Tabela 3: Najpogostejše določene vrednosti ionov v vodi

	Bruhalnik Na trati (šotor)	Bruhalnik Jamnice	Otovski breg	Obršec
Najpogostejša vrednost amonijevih ionov (v mg/l)	0,2	0,2	0,2	0,2
Najpogostejša vrednost nitratov (v mg/l)	5	1	10	5
Najpogostejša vrednost nitritov (v mg/l)	0	0	0,05	0,02
Najpogostejša vrednost fosfatov (v mg/l)	0,5	0	0,5	0,5

Ker je raziskovano območje kraškega reliefa, kjer prevladuje apnenec, je trda voda v izviri povsem običajna. Ker vrednosti trdote niso nihale, ne moreva potrditi, ali v naravnem okolju trdota vode vpliva na pojavljanje osebkov. Povprečna vsebnost CaCO_3 v šotoru je bila približno 266 mg/l (trda voda), v bruhalniku Jamnice 261 mg/l (trda voda), v izviri Obršec 232 mg/l (trda voda) in v Otovskem bregu 318 mg/l (zelo trda voda).

pH vrednosti so bile v vseh izviri približno enake in so nihale med 7 in 8. Ker pH vrednost vode v izviri ni nihala, ne moreva potrditi, ali v naravnem okolju pH vode vpliva na pojavljanje črnih človeških ribic.

Povprečne vrednosti električne prevodnosti vode so bile v opazovanih izviri, kjer se pojavlja črni močeril, podobne: 404,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (šotor); 392,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (pokriti bruhalnik) in 419,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (izvir Obršec). Najvišja izmerjena vrednost je bila v šotoru (697,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Takrat črnih človeških ribic ni bilo videti.

Najnižja izmerjena vrednost je bila tudi v šotoru (260,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$), takrat pa je bila na površju ena črna človeška ribica. Tako visoko in tako nizko vrednost sva izmerili samo enkrat, zato težko potrdiva ali ovirževa, da ima električna prevodnost vode v posameznem izviru neposreden vpliv na pojavljanje črnega močerila. Z meritvami bo zato potrebno nadaljevati.

Z opravljeno mikrobiološko analizo vode sva prisotnost bakterije *E. coli* potrdili v vseh izvirih, vendar natančnih podatkov ne moreva predstaviti, saj se iz fotografij gojišč, ki so nama jih poslali iz laboratorija, ni dalo razbrati števila kolonij. Ne moreva potrditi, ali so bile vrednosti bakterije prekomerne. Vzorec iz Otovskega brega za hitri test za preverjanje prisotnosti fekalnih bakterij v vodi se je preлил, zato je bila analiza neveljavna. Podobni analizi bova izvedli še enkrat s pomočjo zaposlenih na Inštitutu za mikrobiologijo in parazitologijo Ljubljana ter rezultate predstavili v prihodnje.

Iz podatkov dosedanjih raziskav in najinih analiz potrjujeva, da je obstoj črnega močerila pogojen z ekološkim stanjem vode.

4.3 Ali je pojavljanje črnega močerila v izvirih ob polni luni ob polnoči res pogostejše, kot pravi ljudsko izročilo?

RAZPRAVA

Stare pripovedi pravijo, da naj bi se največ ribic prikazalo ob polni luni ob polnoči. Sami sva se večkrat odpravili po izvirih, da bi preverili to prepričanje. Ustni viri so nama navajali, da naj bi bilo ob polni luni največ ribic, vendar pa je literatura trdila, da so ribice zelo občutljive na svetlobo, zato se nama ta trditev ni zdela najverjetnejša. Poleg polne lune sva spremljali tudi ostale lunine mene z namenom, da bi ugotovili, ali je pojavljanje črnih človeških ribic nekako povezano z luno.

REZULTAT

Nekajkrat ob polni luni ni bilo nobene ribice. Opazili nisva ničesar posebnega. Ustni viri so namreč navajali, da naj bi bilo od polni luni vidno več kot 10 osebkov. To, da jih na polno luno ob polnoči oziroma nekaj čez polnoč nisva videli vedno, dokazuje, da luna nima neposrednega vpliva na pojavljanje črnega močerila. Osebkov je bilo enako število kot običajno. Tudi iz opazovanja drugih luninih men nisva prepoznali vzorca za pojavljanje črnih človeških ribic.

Tabela 4: Število osebkov v posameznem izviru na polno luno ob polnoči

Datum polne lune	ŠOTOR	BRUHALNIK	OTOVSKI BREG	OBRŠEC
19.02.2019	1	1	0	izvira nisva obiskali
19.04.2019	3	3	0	1
18.05.2019	3	1	izvira nisva obiskali	izvira nisva obiskali
15.08.2019	1	0	izvira nisva obiskali	3

4.4 Ali lahko sistematično opazovanje osebkov v naravnem okolju prispeva k novemu spoznanju?

RAZPRAVA

Lotili sva se preučevanja manj znane podvrste človeške ribice in njenega habitata, zato sva si poleg prvih treh bolj ciljno zastavljenih hipotez zastavili še četrto, a bolj splošno. Pričakovati je bilo, da bova kot prvi, ki vsakotedensko opazujeta črnega močerila, opazili še kaj novega ali morebiti ovrgli neko laično ali celo do sedaj veljavno znanstveno dejstvo. To prepričanje so z nama delili tudi strokovnjaki,

s katerimi sva sodelovali, zato so z zanimanjem spremljali najine pripovedi s terena in naju vedno znova opremljali z novimi vprašanji. Zavedava se, da je raziskovanje živega bitja, še posebej živečega pod zemljo, težko delo in da nimava ustrezne izobrazbe ter pogojev, ki bi nama omogočili poglobljeno raziskovanje, vendar sva ponosni, da bodo najina na videz majhna spoznanja pripomogla k novim, večjim in pomembnejšim. Tako strokovnjaki kot širša javnost so v najinem delu prepoznali širši pomen in izkazali zanimanje za sodelovanje z nama in Mladimi raziskovalci Srednje šole Črnomelj.

4.4.1 ČAS POJAVLJANJA

Razprava

Na teren sva se odpravili od 19. do 24. ure, kar pomeni, da je bilo zunaj različno svetlo. Ko je bila svetla noč oziroma večer, sva osebke videli tako v šotoru kot v bruhalniku, vendar ne vedno. Prav tako je bilo ob temni noči oziroma večeru. 18. 5. 2019 sva ob 7.30, ko je bil zunaj še dan, v bruhalniku opazili 2 osebka črne človeške ribice, v šotoru pa 3. Med opazovanjem so bila vrata šotora odprta, tako da je bil dostop svetlobe večji. Lahko da je šlo zgolj za naključje, vendar ne izključujeva možnosti, da se črne človeške ribice pojavljajo pri izviru tudi podnevi. Podobno sva opazili 7. 6. 2019 ob enaki uri, le da je bilo takrat zunaj že nekoliko temnejše. Nekajkrat sva se na opazovanje podali tudi podnevi (od 15. do 19. ure), ko je bilo zunaj še zelo svetlo, a osebkov nikoli nisva opazili, niti v šotoru, kjer naj bi bilo vedno temno.

Rezultat

Natančne ure pojavljanja črnega močerila ne moreva potrditi, saj sva jih videvali ob različnem delu dneva. Petkrat sva osebke videli v vseh treh izviri in takrat je bila ura od 21.30 do 24.00. Lahko potrdiva, da je v večernih urah, ko je zunaj že temnejše, pojavljanje osebkov v nepokritih izviri pogostejše kot podnevi, ko je še svetlo. Največ osebkov je tako po najinih ugotovitvah videti v času, ko mrak prehaja v temo (večerne ure). Kaj pa se dogaja s človeško ribico čez dan v pokritem bruhalniku, v t. i. šotoru, ne moreva biti povsem prepričani, saj je nisva spremljali celoten dan. To namerava narediti v prihodnje. Najino predvidevanje pa je, da se črni močeril v šotoru pojavlja tudi podnevi. Da sva črnega močerila opazili v odprtem bruhalniku podnevi, povezujeva s tem, da so se osebki že nekoliko bolj prilagodili na dnevno (naravno) svetlobo, saj ji je bruhalnik izpostavljen po več ur dnevno, s tem pa tudi močerili.

4.4.2 VPLIV T VODE IN ZRAKA NA POJAVLJANJE ČRNE ČLOVEŠKE RIBICE

Razprava

Bele človeške ribice niso občutljive na temperaturna nihanja (Aljančič, 1963). Želeli sva preveriti, ali je pojavljanje črne človeške ribice povezano s temperaturo vode v izviru in temperaturo zraka.

Ugotovili sva, da temperatura vode v pokritem bruhalniku in izviru Obršec skozi leto ni veliko nihala (od približno 9 do približno 14 °C), v odprtem bruhalniku so bile temperature vode poleti nekoliko višje (od približno 14 do približno 20 °C). Temperatura vode je merjena prav tako v času od 19. do 24. ure, meritve med tem časovnim razponom se niso bistveno razlikovale (+/- 0,3 °C). To naju sicer ni presenetilo, saj veva, da imajo kraški izviri praviloma vodo s stalno temperaturo ter da letna nihanja temperatur zraka vplivajo na temperaturo površinske vode. Nihanja v obsegu stopinje ali dveh znotraj letnega časa so bolj povezane s padavinami, ki pronicajo in se nato bolj ali manj globoko podzemno stekajo v kraški izvir. Temperatura zraka ob posameznih izviri se ni veliko razlikovala (+/- 3 °C).

Tabela 5: Izmerjene vrednosti temperature vode in zraka*.

	Pokriti bruhalnik (Na trati)	Odpri bruhalnik (Jamnice)	Izvir Obršec
Najvišja T vode ($v^{\circ}C$) s prisotnostjo osebka	12,0	14,3	16,2
Najvišja T vode ($v^{\circ}C$)	14,4	19,7	16,2
Najnižja T vode ($v^{\circ}C$) s prisotnostjo osebka	10,0	9,8	10,2
Najnižja T vode ($v^{\circ}C$)	10,0	9,3	10,2
Povprečna T vode ($v^{\circ}C$)	11,0	12,4	11,9
Najvišja T zraka ($v^{\circ}C$) s prisotnostjo osebka	25,0	15,6	25,0
Najvišja T zraka ($v^{\circ}C$)	25,0	25,0	25,0
Najnižja T zraka ($v^{\circ}C$) s prisotnostjo osebka	-7,0	-8,0	3,5
Najnižja T zraka ($v^{\circ}C$)	-7,0	-8,0	-3,0
Povprečna T zraka ($v^{\circ}C$)	14,7	13,3	12,9

Rezultat

Iz meritev lahko opazimo, da so bili osebki prisotni tako ob nižji temperaturi kot pri višji temperaturi vode in zraka. Ker je bila temperatura vode skozi celo leto približno enaka, torej temperaturno nihanje ni bilo veliko, ne moreva potrditi, ali temperatura vode neposredno vpliva na pojavljanje črne človeške ribice. Lahko pa rečeva, da manjše nihanje temperature vode na črno človeško ribico nima neposrednega vpliva. Prav tako ne moreva potrditi, ali ima spreminjanje temperature zraka neposreden vpliv na pojavljanje črnega močerila, saj sva osebke videli tako ob nižjih kot višjih temperaturah. Opazili sva, da v obdobju 13 tednov, ko je bilo ozračje v šotoru in ob odprtem bruhalniku toplejše (nad $15^{\circ}C$), črnih človeških ribic ni bilo videti. V odprtem bruhalniku je bila takrat voda najtoplejša. Ne izključujeva možnosti, da je na pojavljanje vplivalo daljše toplejše obdobje, vendar tega ne moreva trditi, saj obstaja veliko drugih dejavnikov, ki bi lahko vplivali na odsotnost osebkov. Možno je tudi, da so bili prisotni pred najinim obiskom izvirov oziroma po njem. Prav tako so bili osebki v tem toplejšem obdobju prisotni v izviru Obršec, kar je še en razlog, da odsotnosti osebkov v 13-tedenskem toplejšem obdobju v bruhalnikih ne moremo enačiti z dvigom temperature ozračja.

4.4.3 VPLIV VIŠINE VODE V IZVIRU NA POJAVLJANJE ČRNE ČLOVEŠKE RIBICE

Razprava

Pozorni sva bili na dvig in spust gladine vode v odprtem in pokritem bruhalniku. Napake v merjenju so v območju od 2 do 3 cm. Kadar ni bilo suho oziroma ni bilo veliko padavin, torej je bilo stanje normalno, je bila gladina vode v pokritem bruhalniku od približno 60 do približno 80 cm, v odprtem bruhalniku pa od približno 50 do približno 70 cm. Najvišja gladina vode v pokritem bruhalniku je bila približno 200 cm, takrat je eno človeško ribico naplavilo na pod in smo jo previdno vrnili nazaj v vodo. Najnižja izmerjena gladina vode



Slika 25: Naplavljen črni močeril v šotoru.
 (Foto: Nina Prešeren, 12. 4. 2019.)

* Podatke, ki jih navajava kot najnižje oziroma najvišje, sva izbrali iz najinih meritev in ne že predhodno dobljenih.

v pokritem bruhalniku je bila 15 cm, kar je tudi najnižja gladina vode v tem izviru, v kateri sva zasledili črnega močerila. Najvišja gladina vode v odprtem bruhalniku je bila približno 130 cm, kar je tudi najvišja gladina vode v tem izviru, v kateri sva zasledili osebke. Najnižja izmerjena gladina vode v odprtem bruhalniku pa je bila 10 cm, kar je tudi najnižja gladina vode v bruhalniku, v kateri sva zasledili črnega močerila. Povprečna gladina vode v obeh izvirih pa je bila približno 42 cm.



Slika 26: Visoka voda v izviru Obršec. (Foto: Manca Bajuk, 6. 11. 2019.)



Slika 27: Visoka voda v pokritem bruhalniku. (Foto: Manca Bajuk, 6. 11. 2019.)



Slika 28: Visoka voda v Otovskem bregu. (Foto: Manca Bajuk, 6. 11. 2019.)



Slika 29: Visoka voda v odprtem bruhalniku in Jezeru. (Foto: Špela Vraničar, 6. 11. 2019.)



Slika 30: Nizka voda v odprtem bruhalniku. (Foto: Manca Bajuk, 1. 11. 2019.)



Slika 31: Nizka voda v izviru Obršec. (Foto: Manca Bajuk, 25. 9. 2019.)

Rezultat

Osebke sva videvali v vseh pogojih. Gladina vode je le nekajkrat presegala normalno višino. Takrat je bila voda kalna, zato je bila tudi vidljivost slabša in ne moreva podati pravega števila osebkov v izviru. V obdobju, ko v pokritem bruhalniku nisva zasledili osebkov, je bila gladina vode nižja kot normalno. Tako je bilo tudi v odprtem bruhalniku, vendar ne moreva trditi, da je pojavljanje črnega močerila neposredno povezano z gladino vode, saj sva zabeležili pojavljanje osebkov v izviru, ko je bila gladina pod normalno višino. Ugotovili pa sva, da so se osebki v odprtem bruhalniku ob nizki gladini vode navadno nahajali v največji odprtini, kjer je bilo vode več.

4.4.4 VPLIV VREMENA, ZRAČNEGA PRITISKA IN RELATIVNE VLAGE NA POJAVLJANJE ČRNE ČLOVEŠKE RIBICE

Razprava

Zanimalo naju je, ali ima vreme neposreden vpliv na pojavljanje črnega močerila. Ugotovili sva, da je po podatkih iz Arsa na raziskovalnem območju ob uri našega spremljanja navadno nizek zračni pritisk (okoli 990 hPa), relativna vlaga pa navadno od približno od 60 % do 80 %.

Tabela 6: Najvišje in najnižje izmerjene vrednosti zračnega pritiska in relativne vlage ob prisotnosti osebkov v posameznih izviroh. (Narejeno po: ARSO.)

	Pokrit bruhalnik (Na trati)	Odprt bruhalnik (Jamnice)	Izvir Obršec
Najvišji zračni pritisk (<i>v hPa</i>) s prisotnostjo osebka	1016	1014	1011
Najnižji zračni pritisk (<i>v hPa</i>) s prisotnostjo osebka	981	983	983
Najvišja relativna vlaga (<i>v %</i>) s prisotnostjo osebka	86		
Najvišja relativna vlaga (<i>v %</i>)	86		
Najnižja relativna vlaga (<i>v %</i>) s prisotnostjo osebka	52		
Najnižja relativna vlaga (<i>v %</i>)	52		

Rezultat

Ker sva osebke videli tako ob višjem kot nižjem pritisku, ne moreva potrditi, da ta nanje vpliva neposredno. Vrednosti zračnega pritiska med dnevi, ko je bilo osebkov v izviro več (5, 7), so bile primerljive z vrednostmi v obdobju, ko osebkov nisva videli. Prav tako velja za relativno vlago. Osebke sva videli tudi ob deževju in takrat pogosteje v pokitem šotoru kot v ostalih dveh izviroh. Ne moreva trditi, da ima dež nanje neposreden vpliv, saj je možno, da sva ob dežju osebke v šotoru videli le zaradi boljše vidljivosti kot v ostalih dveh izviroh.

Tabela 7: Rezultati t-testa

PARAMETER	T-TEST	ŠOTOR	BRUHALNIK	OBRŠEC
T VODE	t-kritična	2,03	2,05	2,06
	t-izračunana	0,02	0,13	0,02
	Zaključek	Ni statistično značilnih razlik.		
T ZRAKA	t-kritična	2,02	2,02	2,05
	t-izračunana	0,16	0,21	0,14
	Zaključek	Ni statistično značilnih razlik.		
VIŠINA VODE	t-kritična	2,03	2,04	
	t-izračunana	0,2	0,08	
	Zaključek	Ni statistično značilnih razlik.		
EL. PREVODNOST	t-kritična	2,11	2,12	2,13
	t-izračunana	0,02	0,09	0,03
	Zaključek	Ni statistično značilnih razlik.		
ZRAČNI PRITISK	t-kritična	2,03	2,03	2,04
	t-izračunana	0	0	0
	Zaključek	Ni statistično značilnih razlik.		
RELATIVNA VLAGA	t-kritična	2,04	2,04	2,05
	t-izračunana	0,03	0,06	0,01
	Zaključek	Ni statistično značilnih razlik.		

Z opravljenim t-testom lahko potrdiva najine ugotovitve, saj se povprečne vrednosti meritev posameznih parametrov ob prisotnosti in odsotnosti osebkov v posameznem izviru statistično ne razlikujejo v okviru 95 % zagotovosti.

4.4.5 PIGMENTIRANOST OSEBKOV PO IZVIRIH

Razprava

Vedeli sva, da so osebki lahko različno pigmentirani, saj to velja tudi za belo podvrsto. Nihče pa naju prej ni opozoril na to, da so osebki iz različnih izvirov drugače pigmentirani in tisti iz istih izvirov podobno pigmentirani.

Znano je, da je pri črnih močerilih lahko opazna na vrhu glave bela lisa (pinealno telo), ki je pri beli podvrsti slabo vidna (Bulog, 1994). Sami sva opazili le en osebek s takšno liso, in sicer v Obršcu. Poimenovali sva ga Rudolf.

24. 1. 2020 sva v bruhalniku na Jelševniku opazili odrasel osebek z izrazitimi temnejšimi lisami po telesu. Prav nenavaden je bil. K sreči nama je ribico uspelo posneti in posnetke poslati v Jamski laboratorij Tular. Znanost o boleznih belega in še posebej črnega močerila ne ve skoraj ničesar. Zato naju je strokovnjak Gregor Aljančič opozoril, naj bova pozorni na vsako nenavadnost, drugačnost, videno na osebkih. Glede na premikanje je strokovnjak izločil možnost bolezni. Ribica se je gibala normalno, bila je lepo rejena. Če gre morebiti za bolezen (nobena podobna pri ribici še ni potrjena), je v začetnem stadiju, je le bolezenski znak, žival še ni prizadela. Iz dosedanjih opazovanj v laboratoriju podaja dve možnosti: ali je ribica bila dalj časa izpostavljena svetlobi in je



Slika 32: Rudolf (Foto: Vesna Fabjan, 22. 3. 2019.)

dobila pigment (dva do tri tedne), kar dvomi v naravnem okolju; ali pa gre za normalna, vendar redka telesna znamenja ki jih imajo nekateri osebkki bele ribice (na črni še ni bilo videno).



Slika 33: Osebek z lisasto kožo. (Foto: Vesna Fabjan, 24. 1. 2020.)

Rezultat

Ugotovili sva, da so osebkki, ki se pojavljajo v zaprtem bruhalniku, temnejše pigmentirani kot tisti, ki se pojavljajo v odprtem bruhalniku in Obršcu. Temnejše pigmentirani so temno vijoličasti, rjavkasti, črni, svetlejši pigmentirani pa so sivkastega odtenka.



Slika 34: Osebek v pokritem bruhalniku. (Foto: Andrej Bajuk, 7. 6. 2019.)



Slika 35: Osebek v odprtem bruhalniku. (Foto: Vesna Fabjan, 4. 1. 2019.)



Slika 36: Osebek v izviru Obršec. (Foto: Manca Bajuk, 11. 9. 2019.)

4.4.6 ODZIV NA SVETLOBO

Razprava

Zanimalo naju je, ali so vse črne človeške ribice enako občutljive na svetlobo, in če so, na kakšno svetlobo so. Najina hipoteza je bila, da jih rdeča svetloba ne bo zmotila, šibkejša bela in svetloba iz telefona jih bosta že zmotili, ob močni beli pa se bodo takoj skrile. Enako hipotezo sva si postavili za vse opazovane izvire. Bolj pozorni pa sva bili na odzive na svetlobo osebkov iz odprtega in pokritega bruhalnika, saj jih je bilo tukaj lažje opazovati kot v izviru Obršec, kjer je bila voda večino časa motna in je bila zato vidljivost mnogo slabša. Omeniti morava, da so bili osebkki iz odprtega bruhalnika in izvira Obršec bližje viru svetlobe (največ 1 m stran), medtem ko so bili osebkki iz pokritega bruhalnika bolj oddaljeni, saj se jim zaradi stopnic nisva mogli dovolj približati (najmanj 1 m stran).

Rezultat

Opazili sva, da so se osebkki različno hitro odzivali na svetlobo. Njihov odziv je bilo hitro premikanje, zvijanje telesa v obliki črke S in navadno plavanje proti mestu, kamor so se lahko skrile (odprtina proti podzemlju ali kamen).

Rdeča svetloba jih res ni zmotila, na belo svetlobo pa so se odzivali različno. Nekaterih ni zmotila, drugi so se odmaknili čez nekaj časa svetlenja, nekateri pa so se odmaknili takoj. Osebkov šibka bela svetloba iz baterijske svetilke ni zmotila, hitreje so se odmaknili ob dovajanju močne bele svetlobe. Opazili sva,

da so se predvsem manjše (do 15 cm velike) človeške ribice hitreje odmaknile, če sva ju posvetili že s svetilko na telefonu. Na splošno pa sva opazili, da je osebk iz pokritega bruhalnika svetloba bolj zmotila kot osebk iz drugih izvirov. Iz odprtega bruhalnika sva opazovali osebk, ki se je po dovajanju svetlobe odmaknil pod list tako, da je skrila samo glavo, trup pa je ostal še vedno izpostavljen svetlobi. Omeniti morava, da sva večino osebkov lahko pod svetlobo iz telefona opazovali in snemali dalj časa (do 5 min, nato pa sva nehali s stalnim svetlenjem), saj se niso premikali, če pa so se premikali, so to delali zelo počasi. Ni se zdelo, da bi jih svetloba zmotila, lahko pa je bil to tudi njihov odziv, vendar se niso zdeli prestrašeni.

4.4.7 *VEDENJE OSEBKOV OB VPLIVU ZVOKA, DRAŽLJAJEV*

Razprava

Tako kot pri svetlobi naju je zanimalo, kako in ali se vse črne človeške ribice enako odzivajo na zvočne in druge dražljaje. Preden sva začeli hoditi do izvirov, so naju opozorili in nama svetovali, da sva čim tišji, saj človeške ribice dobro zaznavajo dražljaje. To sva upoštevali, vendar sva poskusili priti do izvirov z normalno hojo in s pogovarjanjem, da bi videli, ali bo najin glasnejši pristop vplival na osebk.

Čiste tišine nisva mogli zagotoviti, saj sva hodili po neravnem terenu, za vstop v šotor pa je bilo potrebno odpreti vrata, ki so ob odpiranju povzročala nekaj hrupa. Da sva lahko opravili meritve v pokitem bruhalniku sva morali spustiti dvizne stopnice, ki so prav tako povzročile nekaj hrupa. Vedno sva najprej prešteli osebk in jih opazovali, šele nato sva spustili stopnice. Dražljaje sva povzročali tudi s potapljanjem merilnih pripomočkov v vodo.

Sami sva bili sicer mnenja, da črnih močerilov v naravnem okolju zmeren zvok ne more zmotiti, saj so v bližini izvirov cesta, kmetije in njive ter da so osebk na glasnejši zvok že navajeni. Žal nisva imeli ustrezne naprave, s katero bi lahko merili zvok, ki ga slišijo oziroma katerega dražljaje zaznajo črne človeške ribice, ko prideva medve oziroma ko ga proizvajajo ostali dejavniki. Zagotovo bi radi v bodoče to poskusili..

Rezultat

Na dražljaje so se osebk odzvali tako kot na svetlobo – hitro premikanje, zvijanje telesa v obliki črke S, nato pa so odplavali proti odprtini v izviru. V pokitem bruhalniku sva opazili, da so se osebk odmaknili navadno že zaradi svetlobe in najine hoje po šotoru. Če pa se takrat niso odmaknili, so se zagotovo po spuščanju stopnic. Enkrat pa sva opazili osebk, ki sva ga snemali dalj časa in se ni skrila v odprtino niti po spuščanju stopnic in opravljanju meritev. Črni močeril je plaval na dnu desne strani pokritega bruhalnika, kjer se je en čas zadrževal ob kamnu, nato pa se je počasi premikal naprej. Osebk se je odzival na dražljaje, vendar ni deloval prestrašen. V odprtem bruhalniku se osebk niso odzivali na najino hojo in bližino ter opravljanje meritev, saj se niso odmaknili. Večkrat jih sploh nisva opazili dokler nisva slučajno posvetili vanje. Hitro so odplavali proti veliki odprtini šele takrat, ko sva z roko ali pa z metrom blizu njih (od 10 do 15 cm stran) v vodi povzročili valove. Podobno so reagirali tudi na Obršču, le da so jih tam zmotili že najini merilni pripomočki, ki so bili potopljeni v vodo.

Iz opaženega lahko potrdiva, da se osebk različno (hitro) odzivajo na dražljaje. Ne moreva trditi, da zvok nima vpliva nanje, vendar lahko rečeva, da jih najina hoja in glas nista zmotila.

4.4.8 DRUGE UGOTOVITVE IN OPAŽANJA

»Čeprav s svojim videzom tega ne kaže, je vendarle jamska žival, ki pride na površje le na silo, ko vode narastejo. Morda pa prihaja tudi na nočno pašo, kar sicer počne tudi beli« (Aljančič & sod., 1993, str. 30). Naveden sestavek so predvidevanja stroke o pojavljanju črnega močerila na površje. Da se osebki pridejo na površje prehranjevat, se nama zdi povsem smiselno, saj sva v izvirih večkrat videli manjše organizme, s katerimi se človeške ribice prehranjujejo, vendar črnega močerila nikoli nisva videli, da bi se prehranjeval.

Zanimalo naju je, ali se isti osebek večkrat pride na površje v krajšem obdobju, a nisva vedeli, kako ga bova prepoznali, če ne bo imel neke posebnosti. Opazili sva, da sva Rudolfa opazili v izviru Obršec dvakrat v razmiku dveh tednov, vendar na različnem koncu, prvič pri desnem sifonu, drugič pri levem. Lahko, da gre le za naključje, saj za druge osebkve večkratnega pojavljanja ne moreva potrditi.

Med raziskovanjem in spremljanjem habitata črne človeške ribice sva ugotovili, da se v izviru pogosto pojavljajo črne človeške ribice, ki so velike od približno 15 do približno 25 cm. Videli sva tudi primerke, ki so bili veliki do približno 35 cm. Od strokovnjakov iz Zavoda RS za varstvo narave OE Novo mesto sva dobili informacije, da naj se ne bi pojavljali osebki, ki so krajši od 15 cm, vendar lahko potrdiva, da ta podatek ne drži. Sami sva namreč v odprtem bruhalniku in v izviru Obršec videli že primerke, krajše od 10 cm. Ugotovili pa sva, da manjše človeške ribice niso bile nikoli same, vedno je bila zraven še vsaj ena večja človeška ribica (okoli 20 cm dolga). V literaturi sva zasledili, da črni močeril meri do 30 cm, videni primerki pa so bili tudi večji.



Opazili sva, da so bili črni močerili v izvirih v različnih pozicijah. Enkrat so bili na kamnu, za kamnom, pod kamnom, videli pa sva jih tudi na gladini. Nikoli jih nisva opazili izven vode, čeprav sva videli osebek v izviru Obršec, ki je bil skoraj na kopnem.

KOPNO

Slika 37: Osebek skoraj na kopnem. (Foto: Manca Bajuk, 11. 9. 2019.)

V posameznih izvirih sva običajno videvali po 1 ali 2 črni človeški ribici, a je možno, da jih je bilo v izviru prisotnih več, le da jih zaradi slabe vidljivosti nisva videli ali pa so se že prej odmaknile. V pokritem bruhalniku sva jih naenkrat videli največ 7, v odprtem bruhalniku največ 5 in v izviru Obršec največ 8. V izviru Obršec so se osebki pogosteje pojavljali na desni strani izvira, torej pri desnem večjem sifonu. Kadar je bilo osebkov več, so si bili navadno blizu. Opazili sva, da so se medseboj dotikali in z repom tudi »prepletali«. Nikoli nisva opazili, da bi se medseboj bojevali oziroma spopadali.



Slika 38: Osebki v bruhalniku Jamnice. (Foto: Manca Bajuk, 18. 9. 2019.)

V odprtem bruhalniku in v izviru Obršec sva poleg črnih močerilov opazili tudi druge živali, kot so ribe, žaba in pupek. Ko je bil v odprtem bruhalniku prisotna žaba, črne človeške ribice ni bilo (kar ne pomeni, da je za odsotnost močerila odgovorna žaba). Pupka sva v odprtem bruhalniku videli večkrat in poleg so bile tudi črne človeške ribice, tako da lahko potrdiva, da črnih močerilov prisotnost pupkov ne moti. Prav tako jih ne moti prisotnost manjših rib (dolgih do 10 cm), saj sva osebke v odprtem bruhalniku in izviru Obršec videli tudi v njihovi prisotnosti. Na Obršču sva opazili, da je bila riba zelo blizu črnega močerila, saj je bilo videti, kot da jo grizlja, vendar tega ne moreva potrditi, saj nisva videli dovolj dobro. Nekaj časa sva v izviru Otovski breg videvali večje ribe (od približno 20 do 25 cm velike) in sva pomislili, da je izginotje belih človeških ribic v tem izviru povezano s prisotnostjo rib, vendar človeških ribic ni bilo niti, ko so ribe izginile. Izginotje bele človeške ribice iz Otovskega brega povezujeva s kvaliteto tamkajšnje vode.



Slika 39: Pupek. (Foto: Andrej Bajuk, 27. 9. 2019.)

REZULTAT

Z rednim enoletnim opazovanjem črnega močerila v naravnem okolju in opravljanjem meritev sva dobili delen vpogled v življenje črne človeške ribice. Z rednim opazovanjem nisva mogli ugotoviti cikla pojavljanja črnega močerila, vendar sva dobili nove ideje za nadaljnje raziskovanje, saj so se nama odpirala vedno nova vprašanja. Meniva, da s sistematičnim spremljanjem črne človeške ribice v naravnem okolju lahko prideva do novih spoznanj, ki nama bodo prišla prav v nadaljnjem raziskovanju,

prav tako pa si bodo z njimi lahko pomagali ostali. Najina spoznanja niso velika, saj nisva še dovolj izobraženi, vendar vsako spoznanje, ugotovitev na področju črnega močerila je dobrodošlo, saj ga niti stroka ne pozna dobro.

4.5 Rezultati intervjujev

Silvester Zupančič

Izvedeli sva, da na domačiji Zupančič nameravajo narediti muzej, ki si ga bo kmalu lahko ogledala širša javnost. Možno si bo ogledati habitat črnega močerila. Muzejska razstava bo prikazovala razlago plitvega krasa in izdelali so simulacijo jame z namenom, da bi si obiskovalci lažje predstavljali okolje, v katerem živi človeška ribica. Več mesecev že snemajo pojavljanje črnega močerila v šotoru, kar je bilo tudi v načrtu projekta Predstavitev in varstvo človeške ribice, na primeru črne človeške ribice v Beli krajini. V sklopu tega projekta pa nameravajo organizirati tudi naravoslovne dneve za osnovne in srednje šole.

Mira Ivanovič

Povedala nama je, da je službeno človeške ribice večkrat opazovala. Na Zavodu RS za varstvo narave so spremljali prisotnost človeških ribic v kraških jamah in izviroh. Eden od teh izvirov je bil tudi Otovski breg. Med enim od opazovanj so opazili od 15 do 20 osebkov. Povprašali sva jo, kaj meni o tem, da že dolgo časa niso opazili nobenega osebkov. Odgovorila nama je, da je to slab znak in da so verjetno človeške ribice na tem območju izumrle. Dodala je, da je to znak, da se kvaliteta vode kraških izvirov v Beli krajini slabša.

Milena Blažič

Pred leti je tudi sama občasno opazovala bele človeške ribice. Opazovanje je prenehala pred nekaj (približno 5 let nazaj) leti, ko po daljšem obdobju niso opazili več nobenega osebkov. Kljub temu pa še vedno včasih obiše izviri. Pravi, da bele človeške ribice v Otovskem bregu niso opazili že več kot pet let. Njeno mnenje je, da so bele ribice izginile zaradi rib, ki so se pojavile v izvirov. Povedala nam je, da je opazila, da so se človeške ribice nehale pojavljati ravno v času, ko so se pojavile sladkovodne ribe (kleni), za katere so bili mnenja, da jih je nekdo namerno prinesel v Otovski breg. Po pogovoru z gospo se nama je porodila ideja, da bi ribe iz Otovskega brega odstranili. Za mnenje in dovoljenje sva povprašali in zaprosili Občino Črnomelj, Krajevno skupnost Talčji vrh, Ribiško družino Črnomelj in Zavod RS za varstvo narave OE Novo mesto (Andreja Hudoklina). Gospod Hudoklin nama je priporočal premislek o tem, ali je odstranitev rib res smiselna, saj lahko povzroči še dodatno škodo. Preden pa sva se lova lotili, sva med enim izmed petkovih obiskov izvirov nedolgo po dogovarjanju za odstranitev rib iz tega izvira opazili ostanke kruha, kar pomeni, da se je lova rib lotil nekdo na svojo roko, kar je nama dalo nekakšno potrditev, da se te niso znašle tukaj po naključju. Gospo sva povprašali tudi o gnojenju z biognojivko v okolici, saj bi bilo le-to v prekomernih količinah lahko eden od razlogov za onesnaženje vode in s tem izginotje človeških ribic. Sama meni, da po vsej verjetnosti to ni razlog. Povedala nama je, da vsi domačini njive in polja gnojijo s hlevskim gnojem, vendar pa v bližnji vasi po njivah razvažajo gnojivko iz bioplinarne. Vas in njive se nahajajo ravno na območju, od koder se voda izteka v Otovski breg. Dala nama je podatke analize vode in pa tudi slike, ki jih je posnela med svojim opazovanjem. Opisala nam je, kako je ona opazovala ribice. Povedala nam je, da so hodili ribice opazovat, ko se je začela delati tema. Izviru so se približali potihoma in ga obsvetili. Zaupala nam je, da je enkrat ribico tudi sama prijela v roke. Med njenim opazovanjem so videli okoli 30 osebkov hkrati.

Martin Ilenič

Opazil je, da se bela podvrsta nahaja veliko globlje v podzemlju, medtem ko je črna podvrsta opazil manj kot do 20 m globine.

5 ZAKLJUČEK/SKLEPI

5.1 Ovrednotenje hipotez

Ugotovili sva, da na raziskovalnem območju obstaja cela vrsta specifičnih hidrogeoloških, litoloških in tektonskih pojavov. Lokacija raziskovanih hidroloških pojavov je močno pogojena tektonsko in geološko, saj se izviri (za njimi suhe doline) vsaj v zgornjem toku nahajajo na pretrtih conah, v podornih (Otovec) in potopljenih vrtačah (Jelševnik). Pretrtost kamnin je primarnega pomena, kamninska raznolikost sekundarnega. Razgibanost se kaže tudi pri izvirih, saj ti neposredno niso med sabo povezani. Ob nizki vodi jih uravnava gladina – hidrostatski pritisk podtalnice, ob visoki pa pritisk iz zaledja. Habitat z geološkega vidika resnično lahko deluje kot omejeno vodno telo.

Hipotezo **omejenost habitata črne človeške ribice ni geološko pogojena** tako zavračava, saj je Dobljčka kotlina iz vseh strani reliefno omejena. Ne izključujeva možnosti, da je prav tektonika, povezana s hidrologijo, tista, ki zmanjšuje možnosti povezovanja bele in črne človeške ribice. Sklepava, da ima črni močeril (vsaj ob visoki vodi) možnost premikanja znotraj Dobljčke kotline, čeprav gre za tri lokalno ločene vodonosnike. Kadunja preprečuje širjenje habitata proti vzhodu, dvignjen relief pa preprečuje širjenje proti zahodu, jugu in severu.

Hipotezo **obstoj črnega močerila je pogojen z ekološkim stanjem pokrajine** potrjujeva, saj to dokazujejo najine analize vode. Visoke vrednosti določenih substanc črnega močerila ogrožajo, na kar že dolgo opozarja tudi stroka. Ugotovili sva občasne previsoke vrednosti nitratov in visoke vrednosti nitritov, fosfatov in amonijaka ter vzporedno s tem redkejšo pojavljanje močerila v površinskih vodah. Z ugotavljanjem kvalitete vode se že ukvarja najin sošolec in prav tako mladi raziskovalec; natančnejšo korelacijo med kvaliteto vode in pojavljanjem ribic na površju pa bomo raziskali v prihodnosti.

Hipotezo **pojavljanje črnega močerila v izvirih ob polni luni je pogostejše in številčnejše, kot pravi ljudsko izročilo**, zavračava, saj ob teh pogojih črnih človeških ribic ni bilo niti več niti manj kot običajno. Tudi njihovo obnašanje je bilo običajno. To potrjuje, da polna luna ne vpliva na cikel pojavljanja črnega močerila.

Hipotezo **sistematično opazovanje osebkov v naravnem okolju lahko prispeva k novemu spoznanju** potrjujeva, saj sva tudi sami prišli do novih spoznanj. Čeprav z rednim opazovanjem nisva mogli ugotoviti cikla pojavljanja črnega močerila, sva spoznali, da na površje prihajajo tudi osebki, manjši od 10 cm. Ugotovili sva tudi, da manjši osebki nikoli ne prihajajo na površje sami. Izločili sva nekaj do sedaj neraziskanih vplivov na pojavljanje črnega močerila v njegovem naravnem okolju.

5.2 Pomen za naprej

Ob raziskovanju so se nama sproti pojavila nova in nova vprašanja, na katera sva iskali odgovore. Nekaj vprašanj navajava, odgovore nanje pa bova iskali v naslednjem šolskem letu z nadaljnjim raziskovalnim delom. Zavedava se, da je področje najinega raziskovanja obširno, saj sva se lotili spoznavanja slabo poznane in večino časa pod zemljo živečega živega bitja in nisva mogli pričakovati, katera nova vprašanja se nama bodo pojavila. Naslednje šolsko leto se bova (bomo Mladi raziskovalci Srednje šole Črnomelj) usmerili na ožje področje.

Ali se črni močeril res pojavlja le v okolici Črnomlja? Dobili sva informacijo, da naj bi jih videli tudi v Metliki, kar pa želiva preveriti. Prepričati se želiva, ali se osebkovi fizično pojavljajo oziroma so prisotni v vseh z DNK analizo potrjenih najdiščih. V sklopu tega nameravamo obiskati bližnji izvir na Svibniku, kjer je bila z DNK analizo in s klasično metodo opazovanja potrjena prisotnost tako bele kot črne podvrste, ribiči pa so nama potrdili opažanja le črne podvrste. Ugotoviti želiva, ali se še vedno pojavljata obe podvrsti.

Še naprej bova pozorni na vedenjske značilnosti črnega močerila, pri čemer bova poskusili biti še previdnejši in pozornejši na podrobnosti. Da bi lahko bolje spoznali cikel pojavljanja črnega močerila, namerava biti prisotni pri do sedaj spremljanih izviri cel dan.

5.3 Uporabnost raziskovalne naloge

Najina tema je aktualna in za lokalno okolje izrednega pomena, saj si s črnim močerilom prebivalci na kraškem ravniku delimo pitno vodo. To vprašanje pa ob povečanih obremenitvah okolja z onesnaževali bremeni vse bolj široko javnost. Zato je izredno pomembno ozaveščati ljudi, da čistega okolja ne bo sprejemala kot samoumevnega, skrb za ohranjanje tega pa kot strošek in nujno zlo. Pristopiti moramo s pozitivno voljo in spodbudo, saj napačen pristop v družbi lahko pripelje do nasprotnega učinka. Tudi na tem področju Mladi raziskovalci Srednje šole Črnomelj delamo velike korake. Dolgoročno in s širšim okoljem povezano pa si za prihodnost zadajamo naslednje cilje:

- ozaveščati javnost, predvsem mlade, o pomenu pitne (čiste) vode, ki si jo delimo s črnim močerilom,
- pospešiti premik k izgradnji nujno potrebnega kanalizacijskega omrežja v vodnem zaledju izvirov,
- doseči čim prejšnje zavarovanje območja črnega močerila, saj so dosedanje pobude naletete na gluha ušesa odločevalcev. (Naš cilj ni iskati krivca za nastalo stanje, pač pa poiskati rešitve, in to čim prej, da ne bo prepozno!)

5.4 Zaključek

Z raziskovalnim delom sva pričeli dobro leto in pol nazaj. Kljub temu da naju je mentorica opozorila, da to pomeni trdo delo in odrekanje, nama ni žal, da sva se spustili v raziskovanje. Čeprav v času intenzivnega raziskovanja in pisanja naloge včasih človek dvomi ali celo obžaluje dodatno delo, naju je odkrivanje novega tako prevzelo, da bova z raziskovanjem nadaljevali in navduševali sošolce. Dojeli sva, da gre za drugačno učenje, za učenje s trajnostno in uporabno vrednostjo, kar nama bo koristilo pri študiju in življenju v prihodnosti.

6 VIRI IN LITERATURA

- Aljančič, M., Habič, P., Mihevc, A., 1986. Črni močeril iz Bele krajine. *Naše jame*, 28, 1, str. 39–44.
- Aljančič, M., 1960–1961. Prehrana močerila. *Proteus*, XXIII, 8, str. 224–225.
- Aljančič, M., 1962–1963. Nova spoznanja o življenju človeške ribice. *Proteus*, XXV, 7, str. 177–180.
- Aljančič, M., 1963–1964. Močeril vasuje. *Proteus*, XXVI, 7, str. 166–170.
- Aljančič, M., 1984. Človeška ribica v dolenskem krasu in njegovem obrobju. *Naše jame*, 26, 1, str. 39–46.
- Aljančič, M., 1998. Sprehodi v naravo. *Kraški svet: Pojavi, značilnosti, življenje v podzemlju*. Ljubljana, Cankarjeva založba, 79 str.
- Aljančič, G., 2008. Jamski laboratorij Tular in človeška ribica. *Proteus*, 70, 6, str. 246–257.
- Aljančič, G., 2017. Trideset let od odkritja črne človeške ribice. *Bilten slovenskih terenskih biologov in ljubiteljev narave Trdoživ*, VI, 1, str. 4–6.
- Aljančič, G. in M., Trontelj, P., Hudoklin, A., 2015. Ogroženost človeške ribice in pitne vode v Beli krajini. *Belokranjec*, XVIII, 11, str. 7.
- Aljančič, M., dr. Bulog, B., dr. Kranjc, A., Josipovič, D., dr. Sket, B., Skoberne, P., 1993. Proteus skrivnostni vladar kraške teme. Ljubljana: Vitrum, d. o. o.
- Aljančič, G. in M., 1998. Žival meseca oktobra. *Proteus*, 61, 2, str. 83–87.
- Aljančič, G. in M., 2016. Strokovno mnenje o ogroženosti človeške ribice v Beli krajini (Neobjavljen vir, 27. 6. 2016.) Kranj.
- Arntzen, J.W. s sod, 2008. *Proteus anguinus*. Rdeči seznam IUCN ogroženih vrst 2009.2. IUCN 2009.
- Bajd, B., 2019. Človeška ribica in življenje v podzemnem svetu. Ljubljana: Založba Hart, d. o. o.
- Bela človeška ribica (*Proteus anguinus anguinus*) [online]. Jamski laboratorij Tular. Pridobljeno 8. 8. 2019, s <<http://www.tular.si/index.php/sl/proteus-sl-si>>.
- Bulog, B., Kos, M., 1996. Functional morphology of the pineal organ of *Proteus anguinus* (Amphibia: Proteidae). *Mémoires de Biospéologie*, 23, str. 1–4.
- Bulog, B., Mihajl, K., Jeran Z., J. Toman, M., 2001. Trace element concentrations in the tissues of *Proteus anguinus* (Amphibia, Caudata) and the surrounding environment. Water, air, and soil pollution 136: 147–163.
- Bulog, B., 1994. Dve desetletji funkcionalno-morfoloških raziskav pri močerilu (*Proteus anguinus*, Amphibia, Caudata). *Acta Carsologica*, XXIII, str. 247–263.
- Bulog, B., 2007. Okoljske in funkcionalno-morfološke raziskave močerila (*Proteus anguinus*). *Proteus*, 70, 3, str. 102–109.
- Bulog, B., 2009. Ocena okoljskega onesnaženja kraškega podzemlja v Jelševniku pri Črnomlju in vplivi na črno podvrsto močerila (*Proteus anguinus* parkelj, Amphibia, Proteidae) (Raziskovalno poročilo). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
- Bulog, B., 2013. Človeška ribica. V M. Štangelj in M. Ivanovič (ur.). *Narava Bele krajine*, str.175–183. Metlika: Belokranjski muzej Metlika.
- Človeška ribica [online]. 2019. *Wikipedija, prosta enciklopedija*. Pridobljeno 28. 1. 2020, s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Človeška_ribica>.

- Črna človeška ribica (*Proteus anguinus* parkelj) [online]. Jamski laboratorij Tular. Pridobljeno 8. 8. 2019, s <<http://www.tular.si/index.php/sl/proteus-sl-si>>.
- Črni močeril [online]. 2019. *Wikipedija, prosta enciklopedija*. Pridobljeno 18. 9. 2018, s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Črni_močeril>.
- Habič, P., Kogovšek, J., Bricelj, M., Zupan, M., 1990. Izviri Dobljčice in njihovo širše kraško zaledje. *Acta carsologica*, XIX, 5.
- Hudoklin, A., 2011. Ali zagotavljamo ugodno stanje človeške ribice v omrežju Natura 2000 v Sloveniji? Pressures and Protection of Underground Karst – Cases from Slovenia and Croatia. Postojna: Inštitut za raziskovanje krasa ZRSC SAZU, str. 167–181.
- Hudoklin, A., 2018. Stanje človeške ribice v omrežju NATURA 2000. *Natura Sloveniae*, 18, 1, str. 43–44.
- Hudoklin, A., Aljančič, G., 2017. Pregled razširjenosti človeške ribice ter njenega odkrivanja na nizkem dolenskem krasu. *Dolenjski kras*, 7: 212–227. URL: <<http://www.jknm.si/media/DK/DK737HudoklinAljancicPregledrazsirjenosticloveskeribice.pdf>>.
- Istenič, L., 1987. O najdbi črne človeške ribice. *Proteus*, 49, 7, str. 243–244.
- Ivanovič, M., 2012. Novo odkritje tretje lokacije habitata črnega močerila v Beli krajini. *N-vestnik, Glasilo Zavoda RS za varstvo narave*, 9, 2, str. 1–2.
- Kolar, B., 2017. Ocena tveganja, ki ga predstavljajo nitrati za ekosisteme podzemne vode in človeško ribico na projektnem območju LIFE Kočevsko (Raziskovalno poročilo). Maribor: Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Center za okolje in zdravje Maribor.
- Lunin koledar [online]. *Lunin.net*. Pridobljeno 21. 6. 2019, s <<https://www.lunin.net/>>.
- Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, 2008. Notranji nadzor kakovosti. *Priročnik za kemijske laboratorije*.
- Novak, D., 1996. Padavinsko zaledje izvira Jelševnice. *Naše jame*, 38, 1, str. 105–110.
- Novak, D. 1989. Pregled hidroloških raziskav v Beli krajini. *Naše jame*, 31, 1, str. 44–49.
- O posameznih parametrih na kratko [online]. 2014. *NIJZ*. Pridobljeno 28. 10. 2019, s <<https://www.nijz.si/sl/o-posameznih-parametrih-na-kratko>>.
- O društvu [online]. Društvo Proteus, gibanje za naravo in okolje Bela krajina. Pridobljeno 24. 1. 2020, s <<https://proteus-belakrajina.si/>>.
- Osnovno geološko karto SFRJ, List Črnomelj (Bukovec in sod., 1894)
- Osnovna geološka karta [online]. *Geološki zavod Slovenije*. Pridobljeno 8. 3. 2020, s <<https://biotit.geo-zs.si/ogk100/#>>.
- Plut, D., 1981. Neurejena odlagališča odpadkov v Beli krajini. *Geografski vestnik*, LIII, str. 47–60.
- Puklavec, M. Napotki za izdelavo raziskovalne naloge [online]. *Zveza za tehnično kulturo Slovenije*. Pridobljeno 4. 3. 2020, s <<http://www2.arnes.si/~ljzotks2/gzm/dokumenti/napotki.html>>.
- Predstavitev in varstvo človeške ribice, na primeru črne človeške ribice v Beli krajini [online]. 2018. Občina Črnomelj. Pridobljeno 24. 1. 2020, s <<http://www.crnatelj.si/item/6148-predstavitev-in-varstvo-cloveske-ribice-na-primeru-crne-cloveske-ribice-v-beli-krajini>>.
- Rebrnak, B., 2020. Analiza škodljivih snovi v vodi – navodila za delo.

Rdeči seznam IUCN [online]. 2017. *Wikipedija, prosta enciklopedija*. Pridobljeno 14. 8. 2019, s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Rdeči_seznam_IUCN>.

Sket, B., 1993. Nova rasa človeške ribice (Kako se »naredi« novo podvrsto ali članek o članku). *Proteus*, 56, 1, str. 3–11.

Sket, B., 2007. Kaj vemo in kaj si mislimo o človeški ribici. *Proteus*, 70, 1, str. 14–27.

Šinigoj, J., Lapanje, A., Poljak, M., 2012. Geologija območja zaledja Dobličice. *Dolenjski kras*, 6: 46–52.

Zakolica, M., 1990. Hidrološke značilnosti zaledja izvira Dobličice. Magistrsko delo, Ljubljana: Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, oddelek za geologijo.

7 PRILOGE

A) *VPLIV RELIEFA, GEOLOŠKE ZGRADBE TAL IN TEKTONIKE NA OMEJENOST HABITATA ČRNEGA MOČERILA*

1. *Ali je habitat črnega močerila geološko in reliefno pogojen?*

Zaledje izvira Dobljice je bilo omejeno že v sklopu raziskav izvira Jezero in bruhalnikov v Jelševniku v osemdesetih letih (Šinigoj, Lapanje, Poljak, 2012). Ker je Zaledje Dobljic zaradi vodnega zajetja dobro raziskano in na terenu zelo težko dostopno (omejen pristop zaradi vodnega zajetja in poraslosti okolice jezera), sva se osredotočili na Jezero in dva bruhalnika v Jelševniku ter na izvir Obršec. Zaledje teh sega v gozdnato hribovje med Planino in Dobljičko goro. Večji del spada v Občino Črnomelj, le manjši del na severu pa v občino Semič.

Na podlagi preučevanja že obstoječe literature, geoloških kart, posvetovanja z regionalnim geologom in najinega terenskega opazovanja sva prišli do zaključkov, vezanih na širše in ožje raziskovalno območje raziskovanja. Nastal je zapis (najina priloga), ki bo podlaga za najino nadaljnje raziskovanje.

1.1 *RELIEF ŠIRŠEGA IN OŽJEGA OBMOČJA RAZISKOVANEGA HABITATA*

Širše raziskovalno območje zajema Poljansko goro (hrbet, 862 m nadmorske višine), rob Kočevskega roga, (Mirna gora, 1043 m nadmorske višine) ter zahodni rob Belokranjskega ravnika (130–220 m nadmorske višine). Površje je kraško, polno suhih dolin, izvirov in ponorov, enostavnih, tudi stopnjastih brezen in s korozijo razširjenih razpok, ki so izrazitejše na globokem krasu. Razpoke se vertikalno (mestoma horizontalno ter poševno) zajedajo v sklade apnenca in dolomita, tvorijo sifone do kraških izvirov in bruhalnikov na robu ravnika. Zasnova kraških pojavov kaže pogostejšo lokacijo na bolj pretrtih conah, kar je lepo videti iz primerjave geoloških in 3D LiDAR kart z videnim na terenu.

Relief širšega raziskovalnega območja sva zato razdelili na:

- hribovito zaledje Poljanske gore in Gorjancev (od tod se steka podzemna voda v izvire, črni močeril v hribovitem zaledju ni potrjen);
- prehodno stopničasto območje (stopničasto pogreznjeni kamninski bloki na prehodu hribovitega zaledja v kotlino, tod se pojavljajo izviri in viseči zdenci, suhe doline, v nekaterih nižje ležečih izvirov je potrjen črni ali beli močeril);
- Belokranjski ravniki – zahodni rob najnižje spuščeni v Dobljički kotlinici (območje bruhalnikov, izvirov in reke Dobljice kot zbirnega vodotoka na najnižji nadmorski višini v preučevani pokrajini, v nekaterih izvirov je potrjen črni ali beli močeril).

Izvirno obrobje ob vznožju rebri Poljanske gore ima značilnost pokritega krasa. Podzemne vode se stekajo predvsem s hribovite, kraške, gozdnate planote, za katero je značilna redka stalna poselitev. Prisojna stran planotastega hribovja je deloma vinogradniško območje s počitniškimi hišicami.

Ožje raziskovalno območje s poudarkom na izvirov Jezero pri Jelševniku in Obršec, kjer se je odvijala večina najinih raziskav, leži na stiku Poljanske gore (planote) z Belokranjskim kraškim ravnikom, na stiku globokega in nizkega krasa. Enako velja za druge izvire, kjer se pojavlja črni močeril (Dobljičica, Obršec, Jelševnišičica, bruhalniki v Janževih lokah, Jamnice, Na trati) (Hudoklin in Aljančič, 2017).

Glede na nadmorsko višino in izoblikovanost reliefa se kraške podzemne vode iz hribovitega zaledja, zdenci prehodnega stopnjastega območja ter ravnika pretakajo po sifonih do najnižje točke pokrajine –

reke Dobljčice. Črni močeril se pojavlja le v nižjih legah, medtem ko pojav v višje ležečih brezni in izviri izključujeva (tako predhodni raziskovalci kot medve ga tod nisva opazili). Območje črnega močerila – Dobljčka kotlina je v pokrajini reliefno najnižje, reka Dobljčica z minimalnim strmcem po ravniku meandriira proti Črnomlju. Območje Jelševnik–Dobljče je dejansko najnižje spušen teren ob prelomni coni, obdan z nekoliko višjim območjem Stražnjega Vrha in Dobljčke Gore, Tanče Gore, Kanižarske kadunje. Reliefna izoblikovanost lahko nakazuje omejenost habitata črnega močerila, saj je Dobljčka kotlina iz vseh strani reliefno omejena in z najnižjo nadmorsko višino glede na okoliško površje.

1.2 GEOLOGIJA ŠIRŠEGA IN OŽJEGA OBMOČJA RAZISKOVANEGA HABITATA

Ugotovitve, vezane na celoten habitat črnega močerila, so plod najinega razumevanja, saj za zaledje preučevanih izvirov ne obstaja neposredna literatura. Za popolno predstavbo geologije terena po bodo potrebna ožje usmerjena nadaljnja raziskovanja.

Obravnavano zaledje Poljanske gore in njeno vznožje leži na SV delu zunanjih Dinaridov Slovenije. Skoraj v celoti je zgrajeno iz mezozojskih jursko-krednih karbonatnih kamnin apnenca¹ in dolomita². Kamnini sta nastali pred 250 milijoni let v toplem, plitvem, čistem koralnem morju Tetis. Že milijone let od poteka proces zakrasovanja, ki je močnejši ob prettrih conah. Dolomiti gradijo Mirno goro in njena pobočja do globine 600–700 m. Pojavljajo se še v več manjših zaplatah Poljanske gore, tudi v dvignjenem zaledju Jelševnika. Apnenci prevladujejo in si v skladih sledijo do 1600 m v globino, gradijo večji del Poljanske gore in kraški ravniki. Skladi različno čistega apnenca in dolomita se izmenjujejo tako horizontalno kot vertikalno. Tujek na kraškem ravniku je Kanižarska premogovna kadunja. Zapolnjena je s 300 m debelimi skladi vododržnih pliocenskih sedimentov Panonskega bazena, to je z laporjem³, kremenovim peskom in plastmi rjavega premoga ter glin v zgornjem delu. Na območju kadunje je bilo še v pliocenu jezero.

Topne kamnine, v našem primeru apnenci in dolomiti, sodijo po svoji primarni poroznosti med relativno nepropustne. Zato je za kras izrednega pomena sekundarna poroznost – mehanska nezveznost (razpokanost), ki prevaja podzemne vode. Zakrasovanje namreč sodi med erozijske procese. Atmosferske vode, ki pridejo v stik s topno kamnino, kemijsko raztaplja apnenec in raztopino odnaša z vodo. Razpoke in kanali v coni infiltracije ustvarjajo povezan splet, v katerem se akumulirajo in pretakajo podzemne vode po hidravličnih zakonitostih. Čim večja je votlina, bolj je olajšano pretakanje, lažje se vode koncentrirajo in na površje pritečejo v kraških izviri. Nižje v skladih, kjer se nahaja kraška podtalnica – stalno potopljena cona, so lahko večje kapacitete vode z manjšo prevodnostjo in prepustnostjo.

Dolomit je porozen veliko bolj neenakomerno kot apnenec, kar pogojuje različno prepustnost. Zanj je značilen bolj razpoklinski tip vodonosnika. Bolj prettri dolomiti delujejo kot ovire, medtem ko se pri manj prettrih pojavljajo posamezne razpoke in koncentriran odtok ter zakrasovanje. Izmenjava apnencev in dolomitov največkrat pomeni, da se v apnencu že zbrani koncentrirani vodni curki razpršijo in ploskovno porazporedijo (upočasnjeno prenikanje). Ker je dolomit v zaledju razporejen lečasto, na različnih višinah in v različnih debelinah, velja večkratna upočasnitev prevodnosti vode, dokler curek vode ne prebije dolomitne ovire. V območju prettrih dolomitov se lahko nahajajo večji prostori, kjer voda zastaja, kar pogojuje enakomernost iztoka (izvir ne presahne). Ta denudacijski proces deluje hitreje kot korozija na apnencu. Razpoklinsko-medzrnska poroznost pogojuje daljše zadrževanje vode,

¹ APNENEC: karbonatna kamnina, vodoprepustna, vodotopna, sedimentna, skladovita, CaCO₃ + primesi, mezozoik.

² DOLOMIT: manj karbonatna kamnina, delno vodoprepustna, manj vodotopna, sedimentna, skladovita, CaCO₃ + Mg, mezozoik.

³ LAPOR IN RJAVI PREMOG: delno karbonatna kamnina, vododržna, sedimentna, skladovita, pliocen.

enakomerno in počasnejše iztekanje. Tako pri apnencu kot pri dolomitu je pomembnejša stopnja pretrosti kot pa čistost kamnine.

Globokokraško zaledje Poljanske gore je brez večjih površinskih voda. Starost, teksturne razlike med lečasto razporejenimi vložki (različno čistega) apnenca ter med neenakomerno razporejenimi lečami apnenca in dolomita nimajo večje hidrološke vloge. Bloki teh ne predstavljajo samostojnih hidroloških enot. Vložki dolomita z manjšo nepropustnostjo podzemnega pretakanja ne prekinajo, ampak ga le preusmerjajo, lokalno zadržijo. Vode se namreč zadržijo ali pretakajo po zunanjih mejnih prelomih ali vododržnejših kamninah ali jih prebijejo v zožani coni. Le na dolomitu so lahko razviti lokalni stalni in občasni izviri, nato požiralniki, lokve, studenci. Slednji viri žive vode so najpogostejši v plitvih kraških globelih. Apnenec še bolj izrazito prepušča vodo skozi sifone in brezna, zato na njem ni površinskih voda.

Iz vidika omejitve habitata močerila lahko opozoriva na geološko oviro Kanižarske kadunje. Ta Dobljučko kotlino zapira iz vzhoda. Lastnosti kamnin se močno spremenijo v nepropustne, enako pogoji pretakanja vode, s čimer se omejuje življenjski pogoji močerilu. Zato Z rob Kadunje opredeljujeva kot ločnico, do koder se ta vrsta še lahko pojavlja. Z od ožjega raziskovalnega območja je vzpeto zaledje pretežno iz dolomita. Od tod se voda vertikalno spušča do izvirov, kar skupaj z reliefno izoblikovanostjo pogojuje omejenost habitata močerila na zahod. Omejenost habitata na J in S je geološko z nama dostopnimi metodami nemogoče natančno opredeliti, lahko pa na osnovi reliefne izoblikovanosti domnevava, da geološke značilnosti vzpetega sveta ob Tanči Gori in Stražnjem Vrhu pogojujeta podzemno pretakanje vode, usmerjeno proti Dobljučki kotlinici. Geološka sestava tal skupaj z reliefno izoblikovanostjo terena nakazuje na koncentrirano stekanje podzemnih voda v smeri proti Dobljučki kotlinici in ne obratno ter na močno barikado Kanižarske premogovniške kadunje.

LEGENDA:

Hribovito zaledje,
prevladuje dolomit



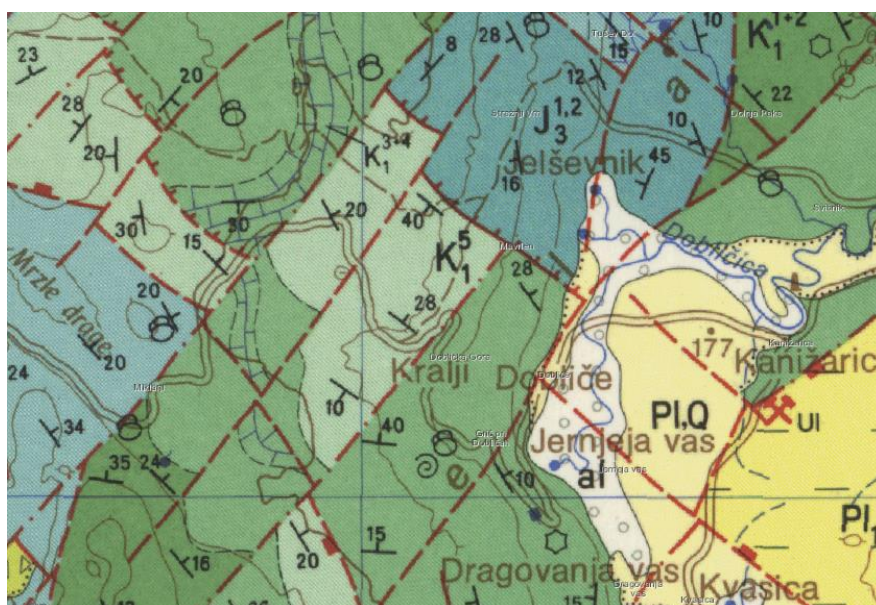
Hribovito zaledje,
prevladuje apnenec



Kanižarska kadunja,
nanosi gline, laporja,
kremenovega peska,
skladi rjavega premoga



Dobljučka kotlina,
prevladuje apnenec,
mestoma plitvo prekrit z
drobnimi kvart. naplavinami



Slika 40: Geološka karta Dobljučke kotlinice in njeno zaledje. (Vir: <https://biotit.geo-zs.si/ogk100/#>.)

1.3 TEKTONIKA ŠIRŠEGA IN OŽJEGA OBMOČJA RAZISKOVANEGA HABITATA

V strukturno tektonskem smislu je teren Poljanske gore zgrajen predvsem iz gub in prelomov dinarske smeri SZ–JV (longitudinalni prelomi), ki se raztezajo več 10 km. Del Kočevskega roga (Mirna gora) in Gorjanci s Smukom že kažejo nadaljevanje Srednjemadžarske balatonske cone s prelomi smeri SV–JZ s strukturami raztezanja. Posledica dvojne tektonike so prečno na dinarske potekajoči manjši zmični prelomi, SV–JZ smeri (tranzverzalni – prečno dinarskih smeri) in redkejši prelomi v smeri S–J.

Sitem prelomov prevladujočih dveh smeri so posledica tektonskega dogajanja na prostoru V od Alp. Tektonski nastanek površja Bele krajine uvrščamo v konec krede, ko so zaradi premikov Jadranske plošče, na kateri leži, nastali prve gube in narivi dinarske smeri. Ker se Jadranska plošča ob Periadriatskem šivu giblje v nasprotni smeri urinega kazalca, mikroplošča Tisa pa v smeri urinega kazalca (srednjemadžarska smer prelomov), se prav na prostoru Bele krajine dogaja vzhodnoalpski pobeg, ki povzroči nastanek mlajšega prečnega sistema prelomov. Dinarsko potekajoča narivna cona SZ–JV je zato na več mestih prekinjena z mlajšimi prečnimi prelomi SV–JZ in ob njih z različno dvignjenimi ali spuženimi bloki kamnin, pomaknjenimi proti JZ (za nas je pomemben kamninski blok Tanča Gora, ki ločuje Doblčko in Dragatuško kotlinico ob prečnodinarskem prelomu Kolečaj–Tanča Gora, ter manj izrazito vznožje Stražnjega Vrha med Jelševnikom in Talčjim Vrhom. Pojavljajo se predvsem na prehodnem stopnjastem območju med hribovitim zaledjem in ravnikom. Gorjanci naj bi bili čok oziroma horst (blok, ki se stopničasto spušča ob robnih normalnih prelomih). Glede na videno na terenu in razlago geologa se s to teorijo strinjava tudi medve.

Omenjene smeri prelomov so značilne tudi za kraški ravnik, spušen ob prelomih. Del ravnika je Kanižarska premogovniška kadunja. Je tektonska udorina, spuščena ob prelomih. Nižja je na robovih, medtem ko je osrednji del (ob industrijski coni) nekoliko dvignjen zaradi zastajanja terena pri grezanju – inverznost reliefa. Kadunja je iz Z in SZ smeri (proti Jelševniku) omejena s srednjemadžarsko usmerjeno prelomnico. Vendar pa ta in drugi prelomi po najnovejših raziskavah že dolgo niso dejavni.

Upoštevati moramo, da se v navedenih karbonatnih kamninah ob prelomih pojavljajo različno pretrte tektonsko poškodovane cone:

- zdrobljene – ovira pretakanju, saj je kamninski drobir v večjem deležu glinene velikosti;
- porušene – ta je razpokana na skale in zato dobro prepustna (curljanje-kapljanje), z veliko infiltrirane terra rosse;
- razpokane – sifoni in brezna z največjo prepustnostjo, večji vodni curki, podzemni vodni tokovi), ki dajejo vodi različne možnosti pretakanja.

Belo krajino iz S omejuje Gorjanski prelom, ki ločuje dolenjski in belokranjski vodonosnik, iz Z pa Želimeljski prelom ali Rajhenavski tektonski jarek, potekajoč po prelomni Poljanski dolini ob Kolpi, ki ločuje notranjsko-dolenjski vodonosnik od belokranjskega. Dejavni prelomi predstavljajo oviro podzemnemu pretakanju vode. Prelom ni ena »črta«, pač pa linija več prelomov, lahko več 100 m široka cona. Kamnine tod so mehansko zdrobljene, razpoke so polne drobnih peščenih in glinastih delcev, ki zmanjšujejo prepustnost in zaustavijo podzemno pretakanje vode.

Biologi in naravovarstveniki, s katerimi sva se pogovarjali, menijo, da tektonika ni razlog za osamljenost habitata črnega močerila. Glede na geološko preučevanje terena medve to teorijo ne sprejemava kot edino možno. Zadevo sva do sedaj preučili hipotetično, saj z nama dostopnimi metodami več ni mogoče dokazati. Bolj nameravava raziskati to področje v prihodnosti v sodelovanju za ARSO in Inštitutom za raziskovanje krasi, saj se najina mentorica z obema že dogovarja za sodelovanje v poletnem času. Preučili naj bi vodno zaledje kraških izvirov na območju Doblčke kotlinice. Glede na videno ne

izključujeva možnosti, da je prav tektonika, povezana s hidrologijo, tista, ki pogojuje smer pretakanja podzemnih in površinskih voda in tako zmanjšuje možnosti podzemnega povezovanja habitata bele in črne človeške ribice. Dobljučka kotlina je prav zaradi tektonike ločena od ostalega ravnika, saj je na robu Poljanske gore to najnižje ugreznjen teren.

1.4 HIDROLOGIJA ŠIRŠEGA IN OŽJEGA OBMOČJA RAZISKOVANEGA HABITATA

V enem od izvirov, kjer se prav tako nahaja črni močeril – Jezero v Dobljučah, je vodno zajetje pitne vode, ki oskrbuje večji del črnomaljske občine. Ob povečanih okoljskih obremenitvah interes raziskovanja omenjenega območja narašča. Človek si tu pitno vodo namreč deli s črnim močerilom – črni močeril je torej kazalec čiste in pitne vode. Onesnaženost podzemnih voda Bele krajine je problem in se tiče izključno tam živečih ljudi in lokalnih dejavnikov.

Viseči belokranjski vodonosnik odvaja vodo iz Poljanske in Mirne gore v smeri prelomnih con (dinarske in srednjemadžarske) proti kraškemu ravniku, kjer je na prehodnem delu v smeri S–J razporejenih več kraških izvirov in potokov – lokalnih visečih studencev (Paški in Talčji potok, Jelševnk, Obršec, Dobljuč, Podturnščica, Obrščica, Nerajčica, Lahinja ...). Od naštetih se vsi stekajo v reki Dobljučico in Lahinjo, njuni porečji sta ločeni z blokom kamnin in prelomno cono v Tanči Gori. Ponikla voda se v Jezero in bruhalnike v Jelševniku steka predvsem iz smeri SSZ, iz smeri Ponikev (dokazano s sledenjem) in Sredgore, v Obršec pa iz manjšega območja iz zahodnega pobočja. To je pogojeno z geološko in tektonsko zgradbo terena.

Dinarsko potekajoča narivna cona je na več mestih prekinjena z mlajšimi prečnimi prelomi in ob njih različno dvignjenimi ali spuščeni blokovi kamnin, pomaknjenimi proti JZ. Ti skupaj z nadrobljenimi conami ob prelomih predstavljajo ločena zaledja posameznih izvirov. Lokalni vodonosniki, ki so geološko pogojeni, so zbirnega značaja (zdrobljene kamnine v prelomni coni zadržijo in usmerjajo vodo, silijo kraške vode iz zaledja na površje). Da znižanje nivoja vode v enem od izvirov ne vpliva na znižanje nivoja v ostalih, je bilo dokazano že leta 1986 s črpalnim poskusom Dobljučice. Tektonsko gledano je belokranjski vodonosnik ločeno vodno telo.

Pod površjem ravnika se nahaja kraška podtalnica (vedno z vodo zalit nivo), ki ima gladino plitvo pod površjem in jo lahko dosežemo v številnih vodokazih breznic in izvirov. Spremljali sva jo v koliševki na Otovcu in v jami Stobe. Ob močnem deževju podtalnica hitro naraste, napolni tudi sicer suhe doline, se tudi površinsko odtaka proti Dobljučici. Izviri velikokrat poplavijo ravnice. Razlog za še hitrejšo reakcijo vodostaja je zajezenost krasa s Kanižarsko kadunjo.

Jelševniščica in Obršec, ki sta ožji predmet najinega preučevanja, sodita v porečje Dobljučice, enako Talčji potok, ki pa ima prav tako ločeno vodno zaledje. Reka Dobljučica sledi zahodnemu robu pliocenske Kanižarske premogovne kadunje. Znotraj ravnika so nedejavni manjši prelomi, ki so bolj zakraseli vsaj v zgornjih plasteh. Kadunja deluje kot zajezitev (zadrževalnik kraške vode) kraškemu terenu (zajezeni kras), zato v številnih izvirov, breznic, bruhalnikih ob dežju voda hitro naraste. Prelomi ravnika in prehodnega območja so po najnovjših raziskavah nedejavni. To pomeni, da so lahko zakraseli in da ne delujejo kot neprehodna geološka pregrada (so bolj kot zadrževalniki vode). Z mehansko poškodovanostjo terena pogojujejo smeri stekanja podzemnih voda na ravniku.

S sledenjem vode iz globokokraških brezen je bilo ugotovljeno, da se voda iz zaledja v izvire na območju črnega močerila steče v do 6 dneh. Raziskave s črpanjem in analizo kemične sestave vode, izvedene v osemdesetih letih v 1 km oddaljenem najnižjem in najizdatnejšem izviru Dobljučica (na nadmorski višini 140 m), so pokazale, da so nižinski izviri med seboj slabo povezani, bolj le ob visoki vodi in globlje v zaledju. K sreči je zaledje izvirov redko obljudeno, zaraslo z gozdom. Kvaliteta na površje pritekajoče vode je zato v več izvirov še vedno dobra (izjema so izviri, lokalno onesnaženi z greznico in

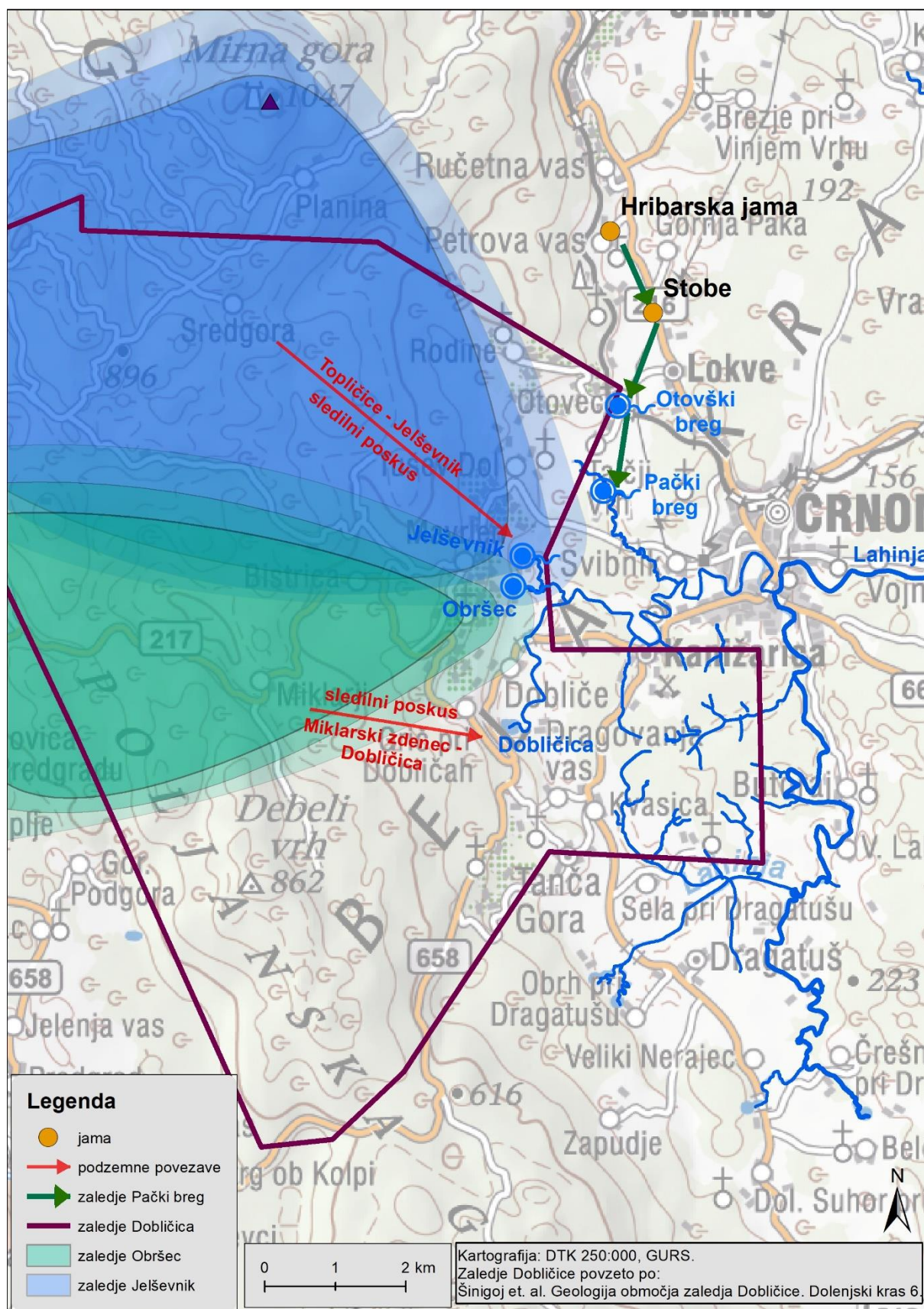
kmetijstvom). To razveseljivo dejstvo, ki pogojuje preživetje črnemu in belemu močerilu, je zato tudi je geološko pogojeno.

Na J Doblčko depresijo od Dragatuške loči nekoliko dvignjen skalnati hrbet s Tančo Goro, ki deluje kot razvodnica med Doblčico in Lahinjo. Vodonosnik se iz osojne strani Tanče Gore steka v smer raziskovalnega območja proti Doblčam, zato povezava z izviri z vodami prisojne strani ni logična (morda le globlje v zaledju). Tudi raziskave v osemdesetih letih so pokazale, da Podturnščice in Obrščice na črpanje Doblčice nista reagirali, na razlike kažejo tudi različne temperaturne in kemijske lastnosti vode. Vode iz prisojne strani Tanče Gore v Lahinjo odtekajo po J in JZ robu Kadunje.

Še težje je omejiti ločnico med belo in črno človeško ribico na S, zato sva temu območju namenili dodatno raziskavo. Suha dolina se vije opazno od Kota pri Semiču do Otovca, pod njo je podzemeljski tok. Ob njej so na več mestih plitve vrtačaste globeli z izviri (Stobe, Cure, Breg), kjer se voda pojavlja bolj ob visoki vodi. Pod železniškim mostom na Otovcu je udorna kotanja, v kateri je na dnu površinski tok, ki teče 7 m od izvira do požiralnika. Ob nalivih se voda zaradi plitvega pretakanja podzemne vode hitro dvigne, v udornici nastane kalno jezerce. Tu so domačini v preteklosti dokazovali belo človeško ribico (ne pa črne), kar je bilo tudi znanstveno potrjeno. Sami bele človeške ribice po slabem enoletnem rednem opazovanju nisva videli, kar povezujeva z dvigom vrednosti nitratov v vodi.

Suha dolina se od Otovca nadaljuje proti Talčjemu Vrhu, kjer podzemna voda pride na površje v Brezičku. To je bilo 1990 dokazano tudi s sledenjem (120 ur, 10 m/h, nizka voda). Prečno na omenjeno suho dolino gre druga suha dolina v smeri Sihurne. Gre za stalen izvir nestalnega Talačkega potoka, (najvišji od štirih pri Tuševem Dolu), ki za razliko od ostalih in bolj vodnatih dobi vodo večji del iz nizkega kraškega sveta in ožjega Talačkega zaledja. Z Brezičkom se združijo pri Talačkem Bregu in po dolini kot Zajčji potok tečeta do izliva v Doblčico pri Svibniku (tu se pojavi voda iz Otovca v 216 dneh). V smeri od Sihurne (z nadmorsko višino približno 154 m) k Doblčici višina terena pade za 30 m. Potok je onesnažen zaradi iztekanja gnojnice iz zaselkov (dokazano z bakteriološkimi raziskavami). Sihurna je razvodnica med Krupo in Doblčico, saj se tu glede na sledenje voda odtaka v obe porečji. Ugotovili sva, da se potek suhih dolin (vsaj v povirjih) pogosto ujema s smerjo razpoklinskih con ob lokalnih prelomih.

Območje, kjer se nahaja črni močeril, se v večini napaja z vodo iz globokokraškega in gozdnatega zaledja. Ta voda se nato podzemno ali nadzemno steka v smeri tektonskih con v reko Doblčico, ki teče po Z in S robu Kadunje. Ta stik (zajezeni kras) deluje kot zbiralnik vode, lahko tudi kot geološka ovira, in je dom črnega močerila.



Slika 41: Hidrološko zaledje Dobličice. (Izdelava karte.: Nina Prešeren.)

B) VPRAŠANJA ZA INTERVJUVANJE

1. Vprašanja za javnost

Naslednja vprašanja sva zastavili mimoidočim v Kranju, kjer sva snemali posnetek za informativni dan.

- 1. Ste že slišali za črnega močerila?**
- 2. Ste že slišali za črno človeško ribico?** (Če so na 1. vprašanje odgovorili z NE.)
- 3. Veste, kje se nahaja?**

2. Vprašanja za Silvestra Zupančiča

Naslednja vprašanja sva zastavili gospodu Zupančiču iz Izletniške kmetije Zupančič v sklopu snemanja posnetka za informativni dan.

- 1. Kaj menite, kaj najbolj ogroža črnega močerila?**
- 2. Se vam zdijo rešitve za preprečitev onesnaževanja učinkovite?**
- 3. Mislite, da se bodo ljudje v prihodnosti bolj zavedali, kako pomemben je obstoj človeške ribice?**
- 4. Slišali sva, da se odpira muzej na prostem. Nam lahko zaupate kaj o tem?**
- 5. Največ koliko osebkov ste videli naenkrat?**
- 6. Ali se vam zdi, da je veliko osebkov izumrlo?**
- 7. Ali imate še kakšen predlog, kako bi preprečili izumrtje?**

3. Vprašanja za Miro Ivanovič

Naslednja vprašanja sva zastavili gospe Ivanovič v skupnem obisku Jamskega laboratorija Tular, kjer sva prav tako snemali prizore za informativni dan.

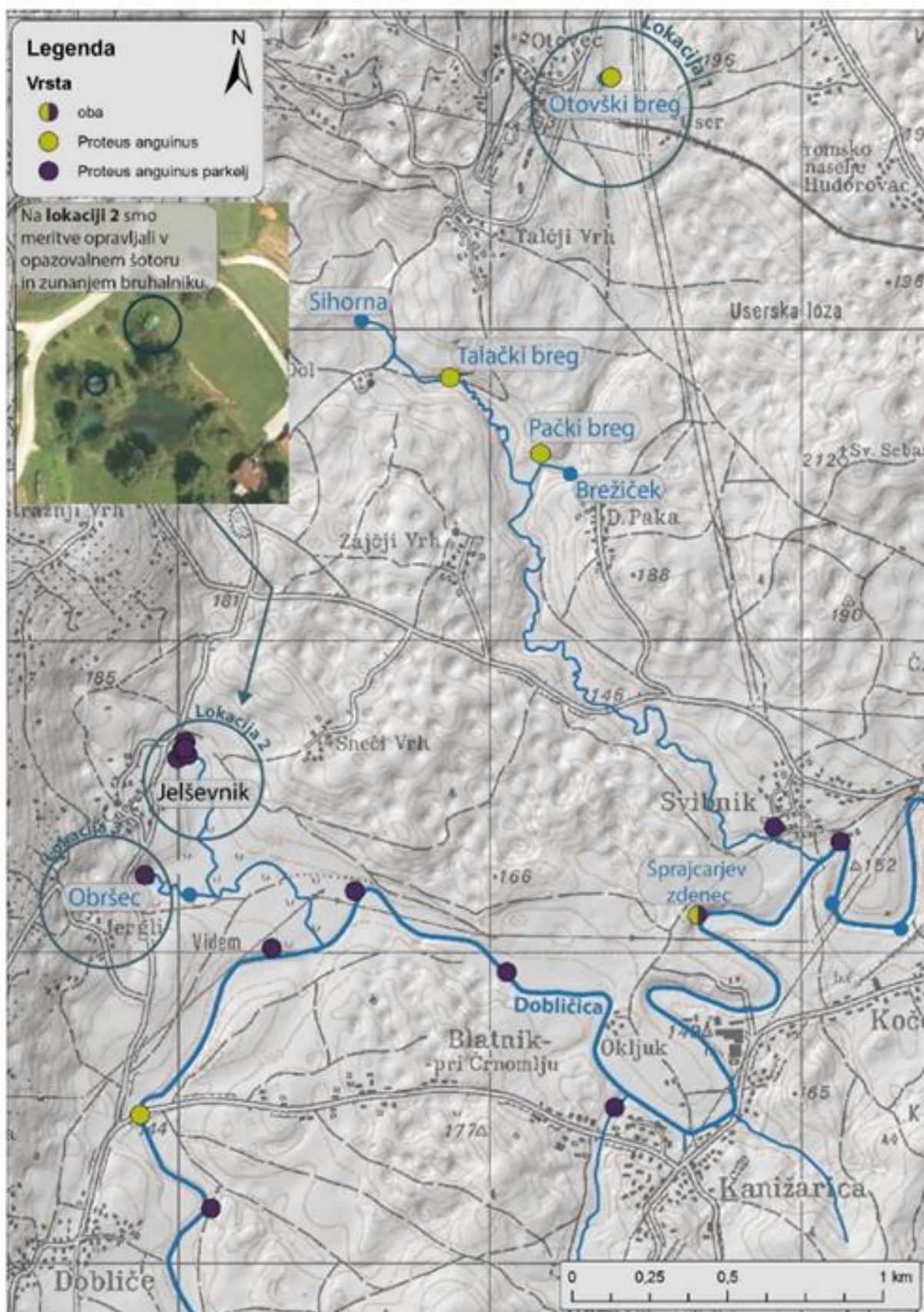
- 1. Kdaj ste začeli spremljati človeške ribice?**
- 2. Ste spremljali tudi Otovski breg?**
- 3. Največ koliko osebkov ste videli naenkrat?**
- 4. Kaj pravite na to, da jih sedaj že dolgo nihče ni opazil?**

4. Vprašanja za Mileno Blažič

Naslednja vprašanja sva zastavili gospe Blažič, ki je pred nekaj leti opazovala množično pojavljanje bele človeške ribice v izviru Otovski breg.

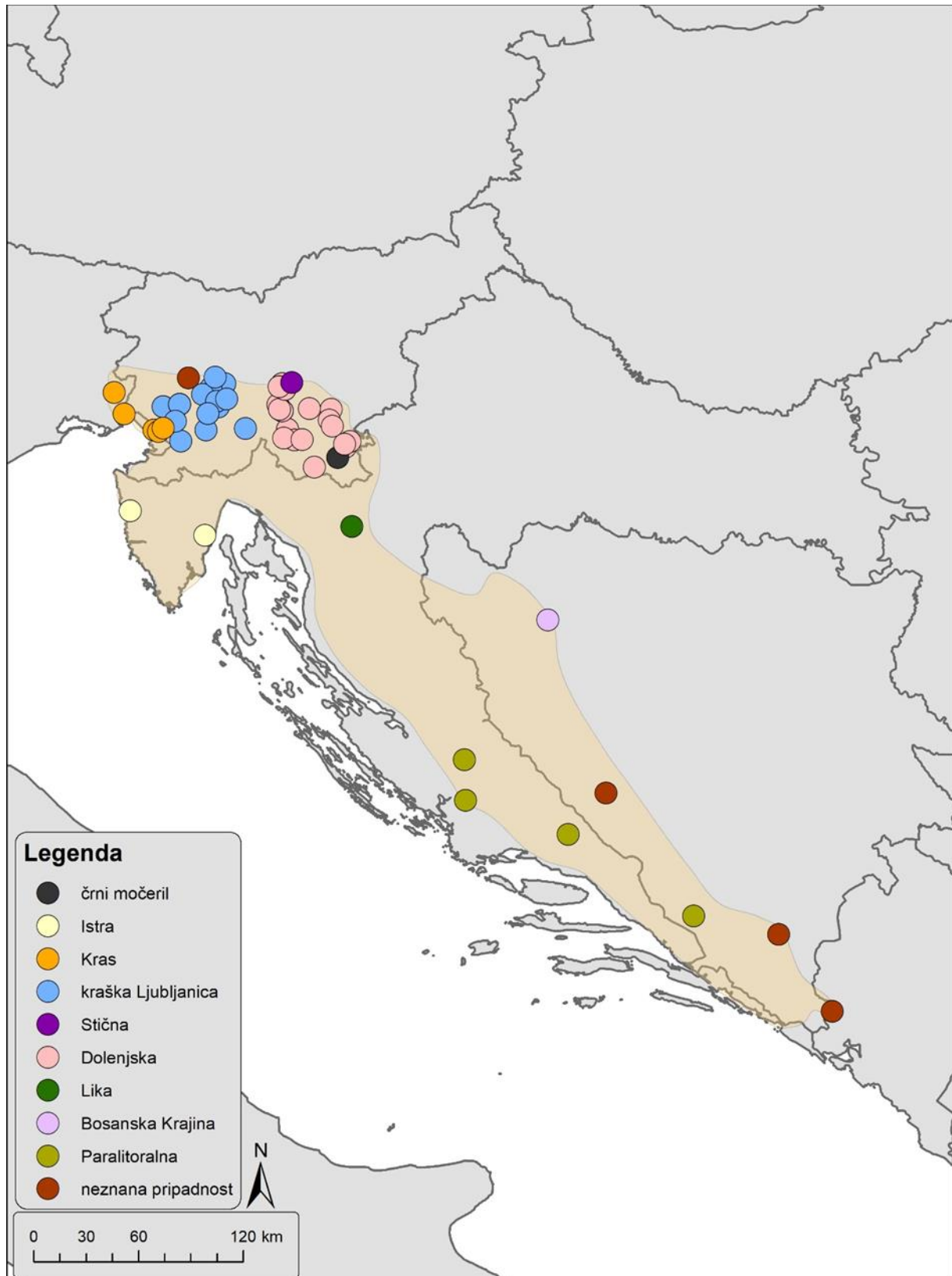
- 1. Kako ste sploh izvedeli, da živijo v vaši bližini?**
- 2. Ste bili presenečeni, ko ste izvedeli, da v vaši bližini živijo ta posebna bitja?**
- 3. Zakaj ste se odločili za opazovanje močerilov?**
- 4. Katerega leta oziroma pred koliko leti ste opazovali človeško ribico?**
- 5. Koliko osebkov se je pojavilo?**
- 6. So bili različno veliki?**
- 7. Kako so se ribice odzvale na vašo prisotnost?**
- 8. Kako ste se jim približali, da se niso ustrašile?**
- 9. Se mogoče spomnite približne ure opazovanja?**
- 10. Mislite, da je bila voda takrat bolj čista kot je sedaj?**
- 11. Kaj mislite, da vpliva na zmanjšanje populacije oziroma morebitno izumrtje?**
- 12. Slišali sva, da ste jih lahko celo pobožali. Ali je to res?**

C) OŽJE OBMOČJE RAZISKOVANEGA HABITATA ČRNEGA MOČERILA



(Izdelava karte: Nina Prešeren)

D) RAZŠIRJENOST ČLOVEŠKE RIBICE V SVETU



Vir:
Kartografska podlaga - Eurostat 2018,
Trontelj, P., s sod. 2017. Znanstveni temelji za varstvo človeške ribice ... Ministrstvo za okolje in prostor.

(Izdelava karte: Nina Prešeren)

E) TABELA ZA SPROTNO VNAŠANJE REZULTATOV NA TERENU

	ŠOTOR	BRUHALNIK	OBRŠEC
Datum			
Ura			
T vode			
T zraka			
Prevodnost vode			
Višina vode			
Stanje vode			
Št. osebkov			
Velikost osebkov			
Posebnosti na osebkih (videz, obnašanje)			
Pigmentiranost osebkov			
Odziv na svetlobo			
Lunina mena			
Vreme			
Opombe			
pH			
Opazovalci			

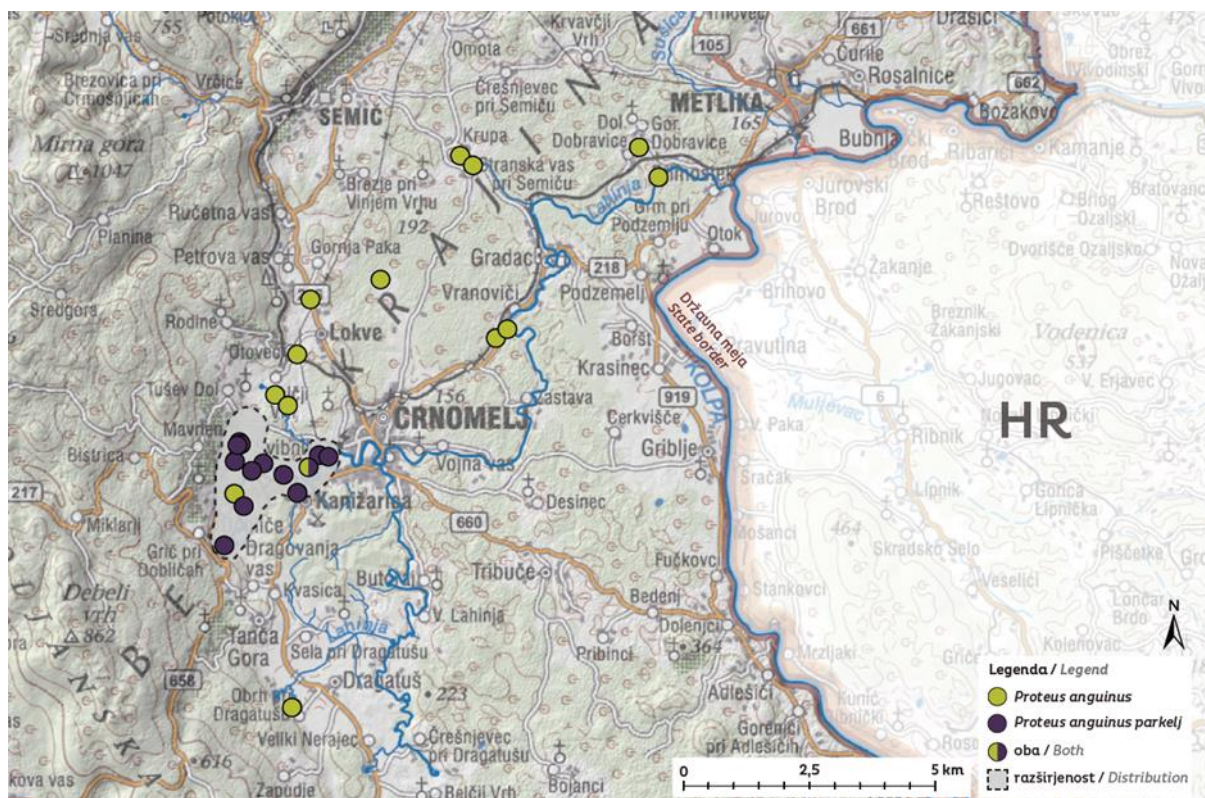
F) TABELA ZA SPROTNO VNAŠANJE REZULTATOV IZ ANALIZE VODE

	ŠOTOR	BRUHALNIK	OTOVSKI BREG	OBRŠEC
Datum				
Amonijak				
Trdota vode				
Nitrati				
Nitriti				
Fosfati				
pH	Lističi: Analiza:	Lističi: Analiza:	Lističi: Analiza:	Lističi: Analiza:
Delal				

G) TABELA ZA VNAŠANJE REZULTATOV IZ SPREMLJANJA ČRNEGA MOČERILA IN HABITATA

	ŠOTOR	BRUHALNIK	OTOVSKI BREG	OBRŠEC
Datum				
Ura				
T vode (°C)				
T zraka (°C)				
Prevodnost vode (uS/cm)				
Višina vode (cm)				
Stanje vode (kalna, čista, alge, drugo)				
Št. osebkov				
Velikost osebkov (cm)				
Posebnost na osebkih (videz, obnašanje)				
Odziv na svetlobo				
Lunina mena				
pH				
Vreme				
Opombe				
Opazovalci				

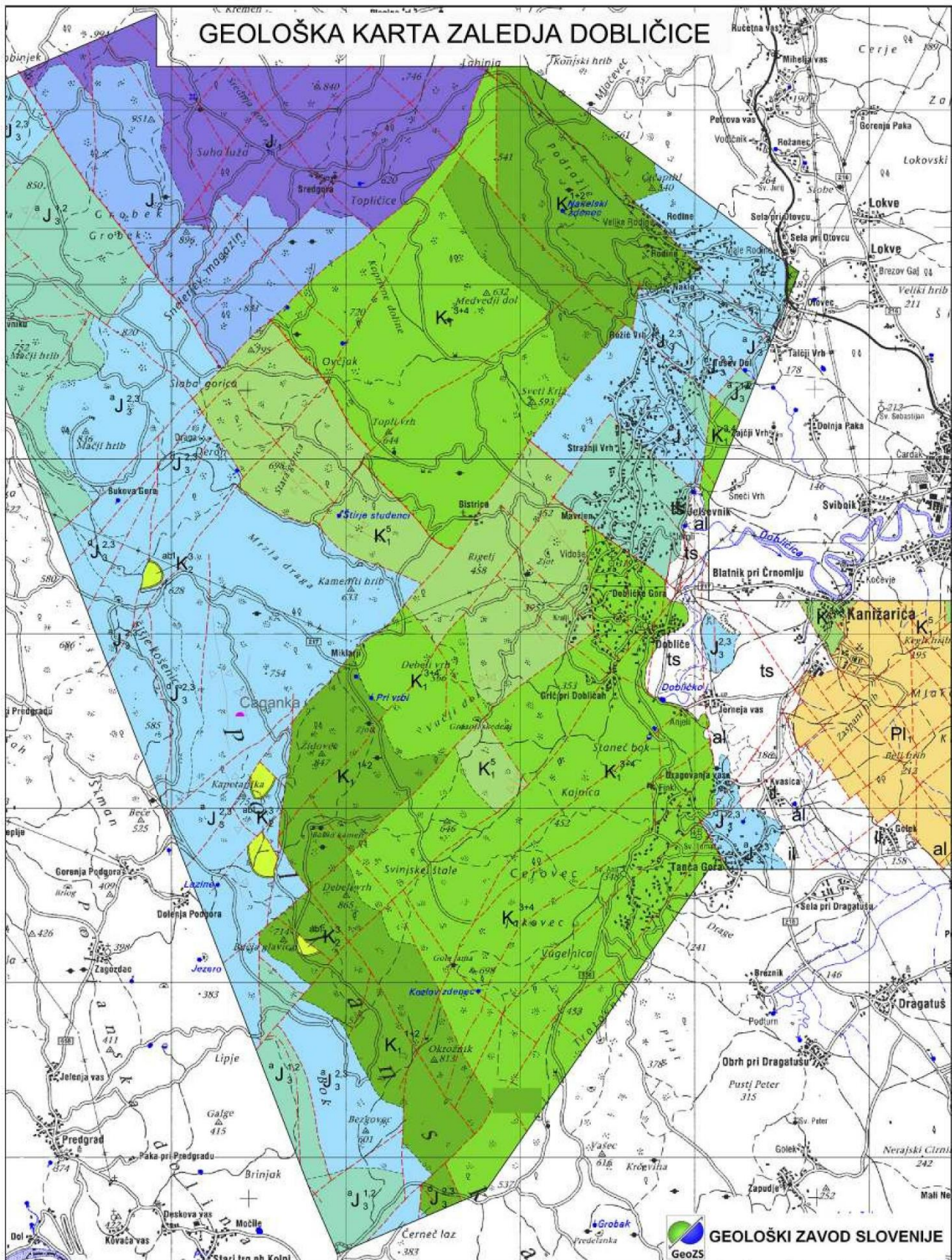
H) RAZŠIRJENOST BELE IN ČRNE ČLOVEŠKE RIBICE V BELI KRAJINI



(Izdelava karte: Nina Prešeren)

I) GEOLOŠKA KARTA ZALEDJA DOBLIČICE

LEGENDA H GEOLOŠKI KARTI	
	Vidna litološka meja
	Pokrita litološka meja
	Vidna erozijska meja
	Pokrita erozijska meja
	Ugotovljen prelom
	Pokrit prelom
	Fotogeološko določen prelom
	Ugotovljen nariv
	Pokrit nariv
	Os antiklinale
	Os sinklinale
al	Rečne naplavine (glina, melj, pesek, redki prodniki)
d	Deluvij (s pobočij sprana glina in drobci kamnin)
il	Ilovica s kremenovim peskom in redkimi prodniki
ts	Jerina - terra rossa
Pl₁	Laporni organogeni apnenec, meljni lapor, premog, lapornata glina, meljna glina, glina
ab K₂³	Svetlo siv apnenec in biogena apnenčeva breča ("divji fliš")
K₁⁵	Biomikritni apnenec
K₁³⁺⁴	Siv intrasparitni in intrabiomikritni apnenec
K₁¹⁺²	Mikritni apnenec
J₃^{a 2,3}	Plastnat siv mikritni apnenec
J₃^{d 2,3}	Drobnozmat dolomit
J₃^{a 1,2}	Mikritni in intrabiomikritni apnenec
J₃^{d 1,2}	Debelozmat dolomit
J₁	Debelozmat siv dolomit in dolomitiziran apnenec v okolici Metlike mikritni apnenec



Vir: Geološki zavod Slovenije