

56. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2022

II. GIMNAZIJA MARIBOR

**ANALIZA EKOLOŠKEGA STANJA POVRŠINSKIH VODA V MARIBORU IN NJIHOVO
TRAJNOSTNO UPRAVLJANJE**

Raziskovalno področje: *Geografija ali geologija*

Raziskovalna naloga

Mentorica: Vesna Vervega

Somentor: Danijel Davidović

Avtor: Urban Županič

Maribor, marec 2022

Kazalo vsebine

POVZETEK	4
ZAHVALA	5
1 UVOD	1
1.1 Raziskovalni vprašanji	2
1.2 Raziskovalni cilji	2
1.3 Hipoteze	2
2 TEORETIČNO OZADJE	3
2.1 Obravnavano območje	3
2.2 Površinske vode na obravnavam območju	11
2.2.1 Pekrski in Radvanjski potok	12
2.2.2 Stražunski potok	13
2.2.3 Trije ribniki	14
2.3 Obremenjevanje in celostno upravljanje s površinskimi vodami	14
2.4 Ugotavljanje stanja površinskih voda	16
3 METODOLOGIJA	18
3.1 Stanje površinskih voda na obravnavanem območju	18
3.2 Trajnostni ukrepi za upravljanje s površinskimi vodami	19
4 REZULTATI	20
4.1 Stanje površinskih voda na obravnavanem območju	20
4.2 Trajnostni ukrepi za upravljanje s površinskimi vodami	24
5 RAZPRAVA	28
6 ZAKLJUČEK	30
7 DRUŽBENA ODGOVORNOST	31
8 LITERATURA IN VIRI	32
9 Priloge	35

Kazalo slik

Slika 1: Raba tal na obravnavanem območju (Vir podatkov: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2022)	4
Slika 2: Zavarovana območja na obravnavanem območju (Vir podatkov: ARSO, 2022).....	5
Slika 3: Skupine kamnin na obravnavanem območju (Vir podatkov: GeoZS, 2016)	8
Slika 4: Nakloni na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2014)	9
Slika 5: Nadmorske višine na obravnavnem območju (Vir podatkov: GURS, 2014)	9
Slika 6: Podnebne spremenljivke na obravnavanem območju (Vir podatkov: WorldClim, 2020)	10
Slika 7: Tipi površinskih voda na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2022)	11
Slika 8: Površinske vode na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2022).....	19
Slika 9: Struga Radvanjskega potoka (Vir: Urban Županič)	21
Slika 10: Izvajanje meritev na Stražunskem potoku (Vir: Urban Županič).....	21

Kazalo tabel

Tabela 1: Raba tal in varovana narava na obravnavanem območju (Vir podatkov: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2022)	4
Tabela 2: Zavarovana območja na obravnavanem območju (Vir podatkov: ARSO, 2022)	5
Tabela 3: Skupine kamnin na obravnavanem območju (Vir podatkov: GeoZS, 2016).....	8
Tabela 4: Nadmorske višine in nakloni na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2014)	10
Tabela 5: Podnebne spremenljivke na obravnavanem območju (Vir podatkov: WorldClim, 2020)	10
Tabela 6: Površinske vode na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2022)	11
Tabela 7: Stanje površinskih voda v Sloveniji za leto 2019 (Vir podatkov: ARSO, 2020)	17
Tabela 8: Izmerjene in mejne vrednosti izbranih parametrov	22
Tabela 9: Tabela z ERM-ukrepi in težavami, ki jih odpravljajo (Vir podatkov: Vovk Korže, 2015)	27

POVZETEK

Človek je življenjsko odvisen od narave oziroma od ekosistemskih storitev, ki jih narava zagotavlja. Priča smo vedno večjim podnebnim spremembam, ki močno vplivajo na stanje voda in vodnih ekosistemov, zato je pomembno, da jih ohranjamo v dobrem ekološkem stanju in z njimi trajnostno upravljamo. Namen naloge je ugotoviti kemične, fizikalne in hidromorfološke lastnosti vodnih teles, preučiti elemente pokrajine, ki nanje vplivajo, in predlagati ukrepe za izboljšanje stanja voda na primerih Pekrskega, Radvanjskega in Stražunskega potoka ter Treh ribnikov. Za ugotavljanje lastnosti in stanja vodnih teles smo uporabljali terenske metode in fotometer, za analizo območja in prikaz ugotovitev pa geografske informacijske sisteme. Glede na dobljene rezultate smo predlagali ukrepe za celostno urejanje vodnih teles s posnemanjem naravnih procesov. Zgolj takšni pristopi odpravljajo in preprečujejo okoljske težave ter zagotavljajo okoljsko pravičnost tudi bodočim generacijam.

Ključne besede: Pekrski potok, Radvanjski potok, Stražunski potok, Trije ribniki, ekoremediacije, QGIS, fotometer

ZAHVALA

Za nasvete, čas in strokovno pomoč pri izvedbi raziskovalne naloge se zahvaljujem zunanjemu mentorju. Prav tako se zahvaljujem mentorici za pomoč pri strukturiranju raziskovalne naloge in usmerjanje pri delu.

1 UVOD

Z industrijskim razvojem, urbanizacijo in intenzivnim kmetijstvom je človek naravne vire čedalje bolj izkoriščal in uničeval. Onesnaževanje okolja je postalo velik problem kljub tehnološkemu napredku in napredku znanosti. Zato je ob zaščiti okolja treba zagotoviti okoljsko pravičnost in s tem trajnostni razvoj. V dosedanje prakse je nujno vključevati nove pristope, ki omogočajo obnovo življenjskih funkcij narave, od katere smo odvisni.

Skrb za čisto vodo je odgovornost vsake sodobne družbe. V industrijskem in postindustrijskem obdobju se je človek močno odmaknil od narave, zato so se kljub tehničnim dosežkom pojavile mnoge težave, povezane s kakovostjo vode. Veliko vodotokov v mestih in okolici mest je bilo v preteklosti reguliranih in spremenjenih v kanale. Ti niso imeli življenja, niti dinamike, in razen odtoka vode ter različnih onesnaževal niso opravljali nobene druge funkcije. Tako prizadete vodotoke bi človek moral povrniti v naravno stanje.

Priča smo vedno večjim pritiskom na vodne vire zaradi klimatskih sprememb, suš in večanja števila prebivalstva ter urbanih območij. Da bi zagotovili dolgoročno urejene in čiste vodotoke, je treba analizirati in urediti naravne sestavine pokrajine v celotnem porečju teh vodotokov. Zato so ekoremediacije reguliranih vodotokov najučinkovitejši in tudi najcenejši pristop sonaravnega urejanja in trajnostnega upravljanja z vodotoki ter doseganja dobrega ekološkega stanja voda. Okolje je treba zaščititi pred naravnimi ujmami in onesnaževanjem ter ga prilagoditi na podnebne spremembe z načini, ki so ekonomsko in dolgoročno najustreznejši. Ob tem je treba razmišljati tudi o novih načinih varčevanja in ponovne rabe vode.

1.1 Raziskovalni vprašanja

V raziskovalni nalogi odgovarjamo na sledeči raziskovalni vprašanji.

- Kakšno je stanje izbranih površinskih voda v Mariboru glede na parametre Evropske unije in državne parametre?
- Kateri ukrepi za trajnostno upravljanje z vodami lahko prispevajo k izboljšanju stanja površinskih voda v Mariboru?

1.2 Raziskovalni cilji

Z namenom ugotavljanja odgovorov na omenjeni raziskovalni vprašanji smo določili sledeče raziskovalne cilje:

- analizirati kemične značilnosti površinskih voda z uporabo fotometra in analizirati hidromorfološke in fizikalne značilnosti vodnih teles s terensko metodologijo;
- pregledati znanstveno in strokovno literaturo o trajnostnem upravljanju z vodnimi viri;
- oblikovati seznam ukrepov in priporočil za trajnostno upravljanje z vodnimi viri v naselju Maribor na podlagi terenske analize.

1.3 Hipoteze

Pred začetkom raziskovalnega dela smo si zastavili naslednje hipoteze.

- Vrednosti izbranih kemijskih parametrov v površinskih vodah so glede na predpisane mejne vrednosti Evropske unije in Republike Slovenije neustrezne.
- Človekove dejavnosti negativno vplivajo na stanje površinskih voda.
- Ekološko stanje voda je moč izboljšati z ekološko in ekonomsko ustreznimi ukrepi.

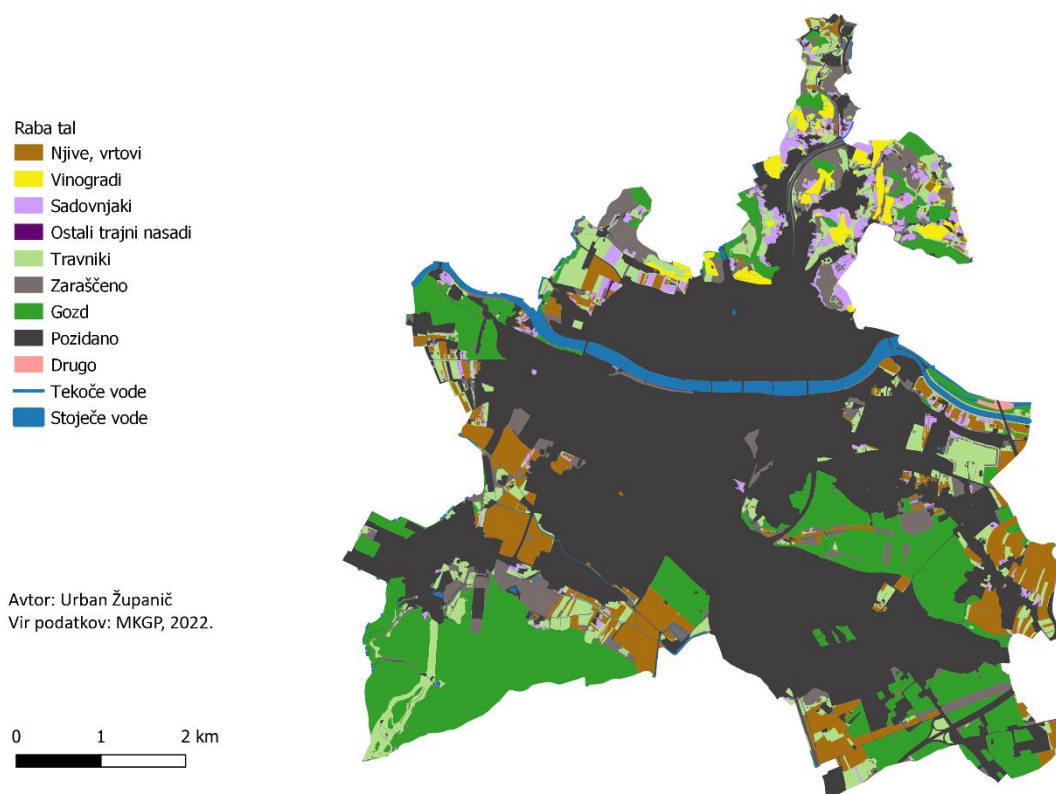
2 TEORETIČNO OZADJE

2.1 Obravnavano območje

Obravnavano območje obsega naselje Maribor s skupno površino 41 km². Območje je drugo največje urbano naselje v Sloveniji, na katerem živi približno 97.000 prebivalcev (STAGE, 2022). Več kot polovica območja je pozidanega. Skoraj petina območja je poraščena z gozdom, ki se nahaja na pobočjih Pohorja na jugozahodu, pobočjih Slovenskih goric na severu in v obliki urbanih gozdov na vzhodu ter jugovzhodu. Intenzivne kmetijske površine, kot so njive in vrtovi na jugu in jugovzhodu ter vinogradi in sadovnjaki na severu, obsegajo več kot desetino območja. Predvsem za slednji obliki rabe tal je značilen proces ekstenzifikacije oziroma zaraščanja (Slika 1, Tabela 1).

Omrežje površinskih voda je na obravnavanem območju redko. Največji vodotok je reka Drava, za katero je značilen največji pretok v Sloveniji. Poleg vodnate Drave je prisotnih več manjših potokov na severnem in jugozahodnem delu ter različnih oblik stoječih voda, kot so ribniki, mlake in kali (Slika 2).

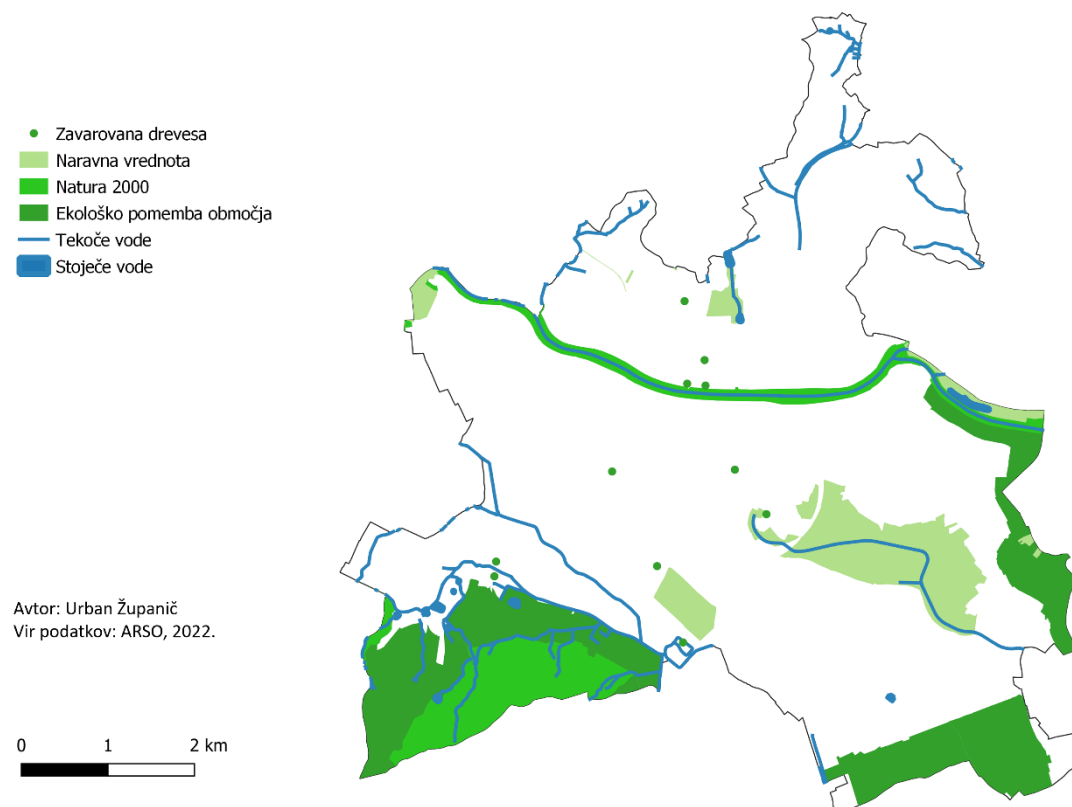
Kljub prevladujočem deležu pozidanih površin se na obravnavanem območju nahaja več oblik varovane narave, ki obsegajo približno tretjino območja (Tabela 2). Prevladujejo ekološko pomembna območja (EPO), v katera so vključene večje gozdne površine na Teznem in Pohorju ter reka Drava. Del gozdnih površin na Pohorju je zavarovan s programom Natura 2000. Večje sklenjeno območje varovane narave je Stražunski gozd, ki je skupaj s posameznimi večjimi drevesi zavarovan kot naravna vrednota. Posebna oblika varovane narave je tudi Stara trta na Lentu (Slika 2). Opazno je, da večina površinskih voda na obravnavanem območju spada v eno izmed oblik varovane narave, zato je njihovo ekološko stanje in sonaravno upravljanje izjemnega pomena.



Slika 1: Raba tal na obravnavanem območju (Vir podatkov: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2022)

Tabela 1: Raba tal in varovana narava na obravnavanem območju (Vir podatkov: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2022)

	Površina (km²)	Površina (%)
Njive, vrtovi	3,14	7,6
Vinogradi	0,57	1,4
Sadovnjaki	0,94	2,3
Ostali trajni nasadi	0,01	0,0
Travniki	2,89	7,1
Zaraščeno	2,69	6,6
Gozd	7,66	18,7
Pozidano	22,11	53,9
Drugo	0,03	0,1
Voda	0,97	2,4



Slika 2: Zavarovana območja na obravnavanem območju (Vir podatkov: ARSO, 2022)

Tabela 2: Zavarovana območja na obravnavanem območju (Vir podatkov: ARSO, 2022)

	Površina (km²)	Površina (%)
Ekološko pomembna območja	8,1	20
Natura 2000	3,3	8
Register naravnih vrednost	2,8	7

Ker so površinske vode na obravnavanem območju odvisne predvsem od prepustnosti kamninske podlage, izoblikovanosti reliefa in vlažnosti podnebja, jih v nadaljevanju podrobneje predstavljamo.

Obravnavano območje tvorijo tri večje reliefne enote. To so ravnina v osrednjem delu, pobočja hribovja Pohorja na jugozahodnem delu in pobočja gričevja Slovenskih goric na severnem delu. Najobsežnejša je ravnina na Mariborsko-Ptujski kvartarni udorini, ki meji na Vzhodne Alpe (Pohorje, Kozjak) in Panonski bazen (Dravsko polje, Slovenske gorice). Udorina je zapolnjena z debelimi plastmi prepustnih kvartarnih sedimentov, ki presegajo debelino 20 m. Prevladujejo predvsem plasti peščenega proda in peska, v manjšem delu tudi peščena glina,

na katerih je reka Drava ustvarila tri terase. Najvišja in najbolj izrazita je Tezenska, ki se nahaja na območju Stražuna med višje ležečim Teznim in nižje ležečim Pobrežjem. Vode se iz višjih predelov stekajo v podnožje ježe terase, kjer teče Stražunski potok. Pod kvartarnimi sedimenti sledijo mehke karbonatne kamnine iz terciarja, kot so laporji, glinovci in meljevci z vložki peščenjakov in peskov. V spodnjem delu teh plasti se mestoma pojavlja mehka silikatna kamnina tuf. Skupna debelina terciarnih plasti presega 400 m. V globino sledijo mehke silikatne kamne, kot so filit, skrilavci in blestnik ter trde silikatne kamnine, kot so kvarcit, gnajsi in amfibolit (Brezigar in Trajanova, 1995).

Druga večja reliefna enota je pobočje hribovja Pohorja, ki ga gradijo predvsem trde silikatne kamnine, kot so gnajsi, eklogiti in amfiboliti. Zaradi neprepustnih kamnin je na tem delu gostota rečne mreže največja. Ko potoki pritečejo na ravnino, se ustvarjajo neprepustni glinasti vršaji, ki podaljšajo njihov površinski tok, vendar ob prehodu na prepustni prod potoki poniknejo (Žlebnik, 1965).

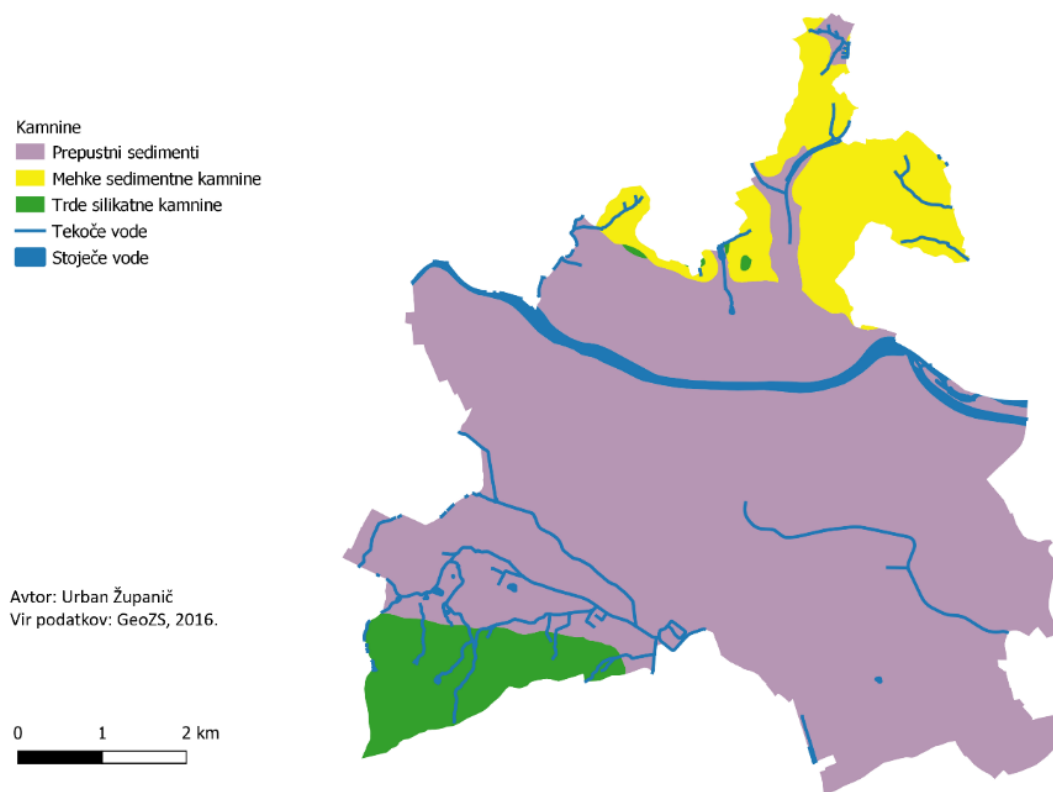
Tretja večja reliefna enota so pobočja gričevja Slovenskih goric s Piramido, Kalvarijo in z Meljskim hribom na severnem delu obravnavanega območja. Gradijo jih predvsem mehke sedimentne kamnine, kot so laporji z vložki peščenjaka in glinovca. Zaradi neprepustne kamninske podlage je tudi na tem območju rečna mreža gostejša, vendar ko potoki pritečejo iz ozkih dolin na prepustno prodno teraso, prav tako poniknejo (Žlebnik, 1965).

Prepustni sedimenti predstavljajo 80 % obravnavanega območja, zato je rečna mreža redka. Petino površja sestavljajo neprepustne kamnine na jugozahodnem in severnem delu naselja, kjer se je oblikovala gostejša rečna mreža, z izjemo Stražunskega potoka ob ježi terase (Slika 3, Tabela 3). V preteklosti je bila rečna mreža redkejša, vendar so nekateri vodotoki na pozidanih in kmetijskih površinah regulirani, kar podaljša njihov površinski tok.

Povprečna nadmorska višina preučevanega območja znaša 296 m, povprečen naklon pa 5°. Prevladujoč relief obravnavanega območja je ravnina na nadmorski višini 275 m z naklonom, manjšim od 10°. Izjema so vzpeti deli na jugozahodu, kjer se dviga hribovje Pohorje z nadmorsko višino do 910 m, in na severu, kjer se nahaja gričevje Slovenske gorice z nadmorsko višino okoli 400 m. Na omenjenih vzpetih delih so nakloni večji, kar pospešuje tok talne in površinske vode ter erozijo tal (Sliki 4 in 5, Tabela 4).

Za obravnavano območje je značilno obpanonsko podnebje s povprečno letno temperaturo 9,6 °C in letno višino padavin 1054 mm. Zaradi reliefa in poraščenosti z gozdom so lahko povprečne temperature zraka na območju Pohorja do 2 °C nižje. Na območju Piramide in Kalvarije so temperature zaradi južnih pobočij višje, kar omogoča vinogradništvo in sadjarstvo v neposredni bližini mesta. Poleg temperatur ima relief vpliv tudi na količino padavin, ki se zmanjšujejo od vzpetega jugozahodnega dela proti ravnini na vzhodu (Slika 6, Tabela 5).

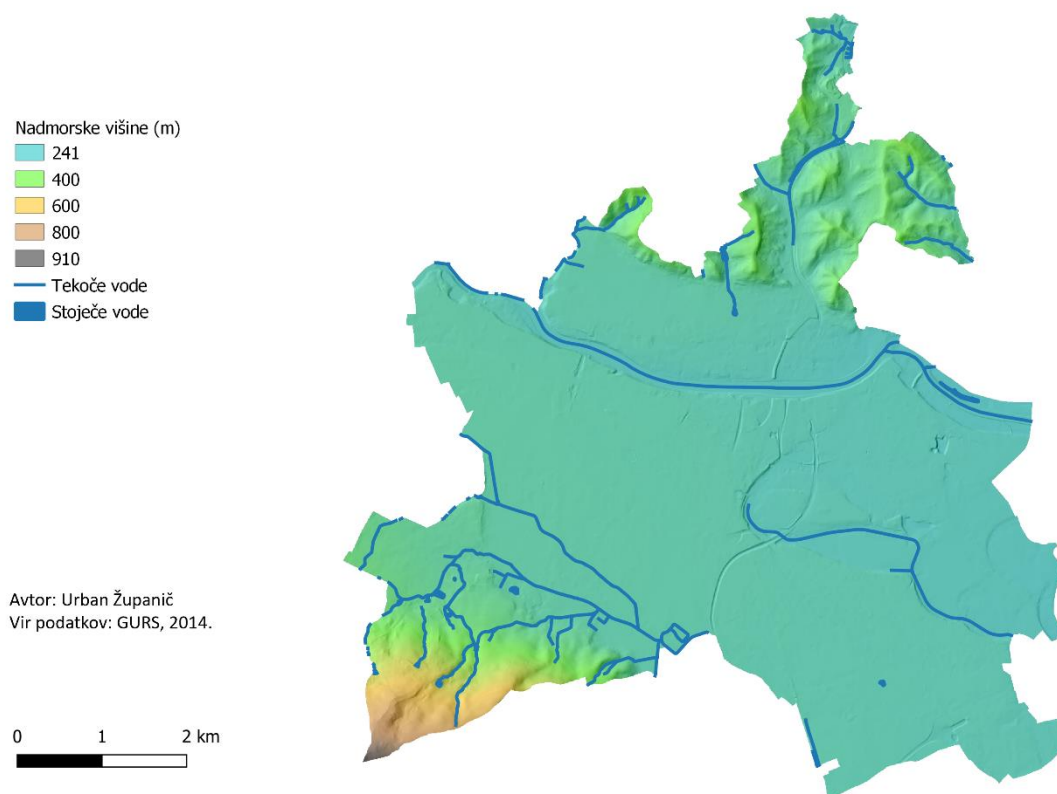
Ker je količina vode v površinskih vodah odvisna od padavin in izhlapevanja, smo izračunali Langov padavinski faktor. Vrednost faktorja je količnik med povprečno letno količino padavin in povprečno letno temperaturo zraka, pri čemer vrednosti pod 40 pomenijo aridno in nad 100 humidno klimo (Klimatski indeksi in ..., 2015). Povprečna vrednost faktorja na obravnavanem območju znaša 110, z največjimi vrednostmi do 141 na območju Pohorja (Slika 6, Tabela 5). Tako je možno sklepati, da je poleg neprepustne kamninske podlage dejavnik goste rečne mreže na jugozahodnem delu obravnavanega območja tudi vlažno podnebje.



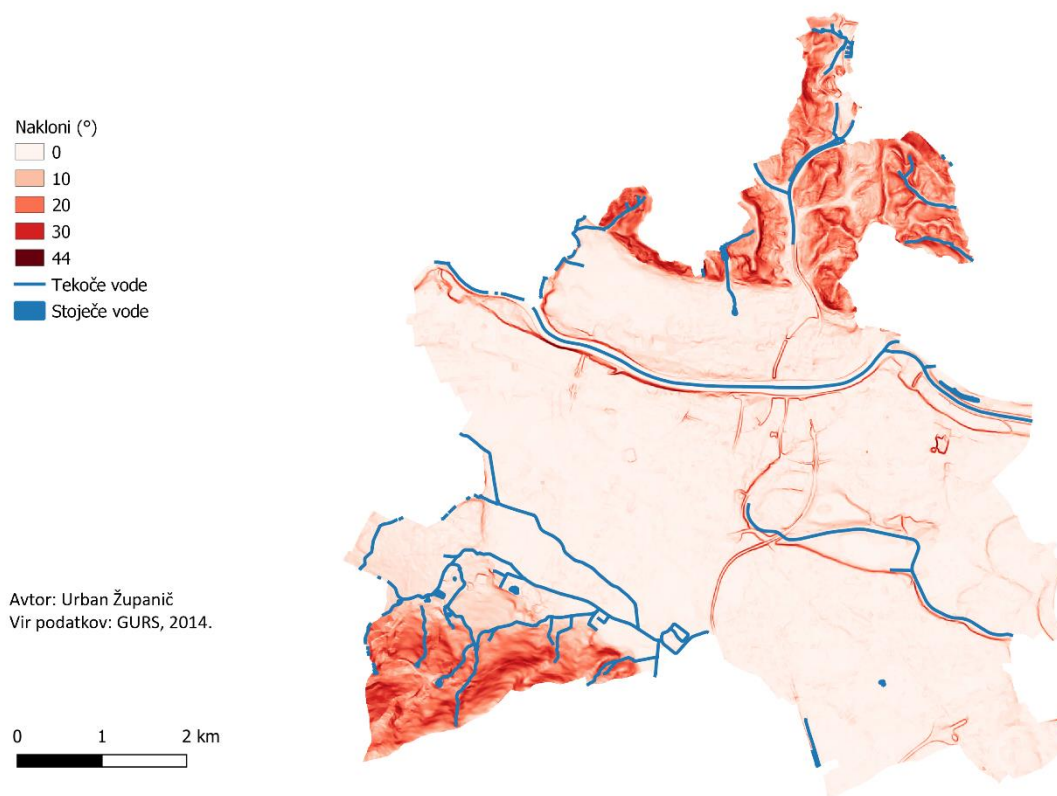
Slika 3: Skupine kamnin na obravnavanem območju (Vir podatkov: GeoZS, 2016)

Tabela 3: Skupine kamnin na obravnavanem območju (Vir podatkov: GeoZS, 2016)

Tip kamnine	Površina (km ²)	Površina (%)
Prepustni sedimenti	32,8	80
Mehke sedimentne kamnine	4,3	11
Trde silikatne kamnine	2,8	7
Drava	1,0	3



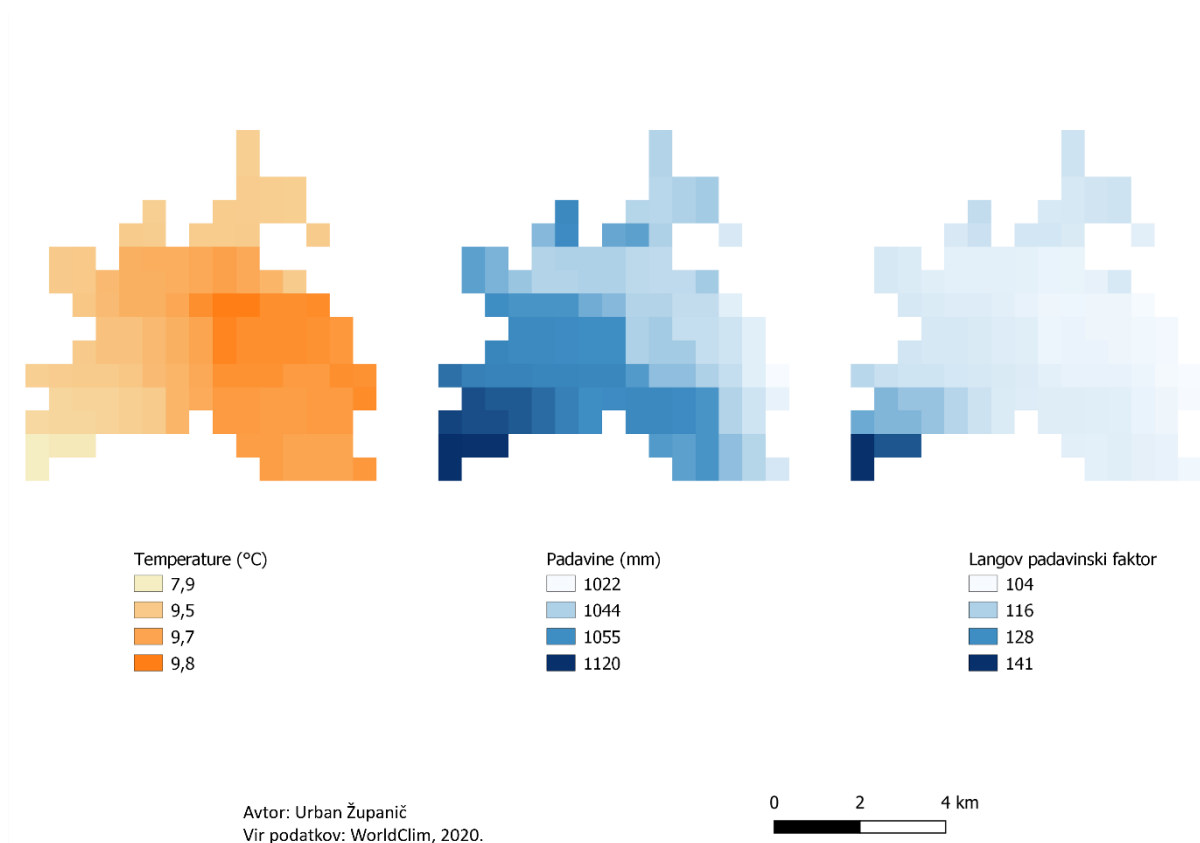
Slika 5: Nadmorske višine na obravnavnem območju (Vir podatkov: GURS, 2014)



Slika 4: Nakloni na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2014)

Tabela 4: Nadmorske višine in nakloni na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2014)

	Povprečje	Minimum	Maksimum
Nadmorska višina	296 m	240 m	910 m
Naklon	5°	0°	50°



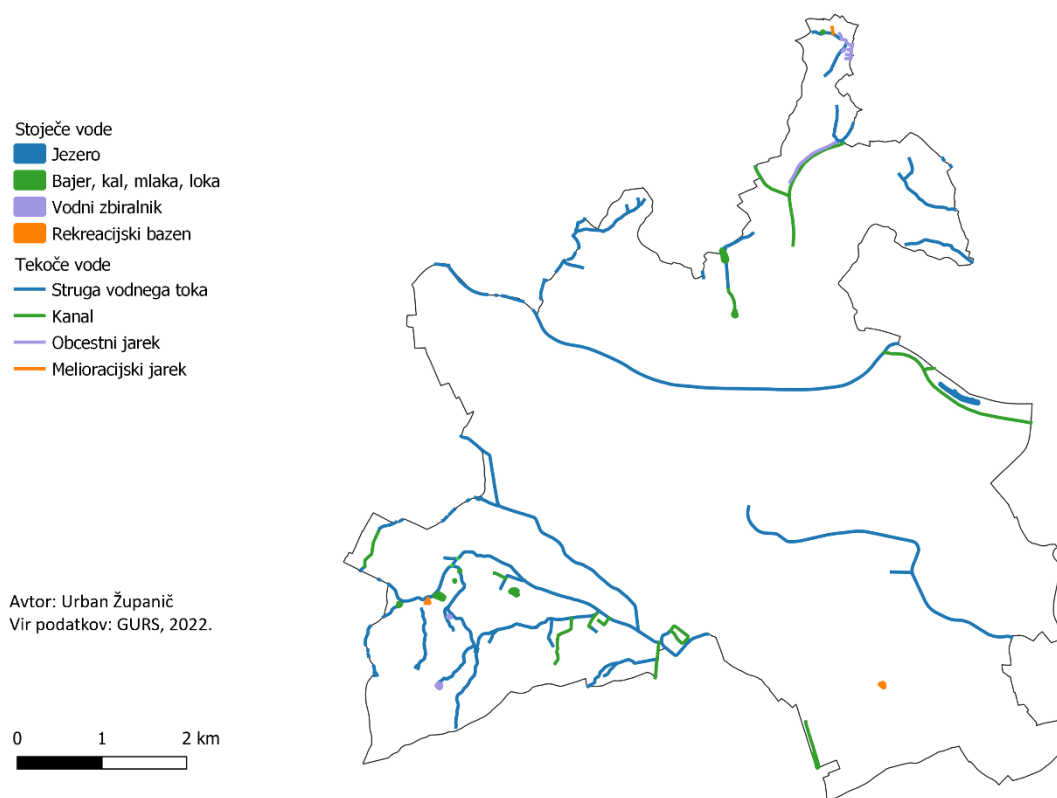
Slika 6: Podnebne spremenljivke na obravnavanem območju (Vir podatkov: WorldClim, 2020)

Tabela 5: Podnebne spremenljivke na obravnavanem območju (Vir podatkov: WorldClim, 2020)

	Povprečje	Najmanj	Največ
Temperatura (°C)	9,6	7,9	9,8
Padavine (mm)	1054	1022	1121
Langov padavinski faktor	110	105	141

2.2 Površinske vode na obravnavanem območju

Z izjemo vzpetih delov je omrežje površinskih tekočih voda na obravnavanem območju redko in znaša $1,1 \text{ km/km}^2$. Največje površinsko vodno telo je reka Drava, v katero se stekajo potoki, ki izvirajo na Pohorju in Kozjaku. Največja potoka sta Pekrski in Radvanjski, ki s pritoki merita 21 km. Iz Slovenskih goric tečejo potok Rošpoh, Vinarski potok, Ribniški potok in Počehovski potok, ki merijo 19 km. Skozi Stražunski gozd teče Stražunski potok oziroma kanal v dolžini 4 km. Stojee vode se pojavljajo predvsem v obliki jezera in manjših mlak, kali ter umetnih zbiralnikov. Najbolj prepoznavni primeri stoječih voda so v ribnikih v mestnem parku, ki obsegajo približno 5.000 m^2 . Skupna dolžina vseh potokov znaša 44 km, skupna površina stoječih voda pa $0,03 \text{ km}^2$ (Slika 7, Tabela 6).



Slika 7: Tipi površinskih voda na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2022)

Tabela 6: Površinske vode na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2022)

Stojee vode	Tekoe vode
Površina (km^2)	Dolžina (km)
0,03	44

V nadaljevanju predstavljamo površinske vode, ki smo jih vključili v raziskavo in na njih izvedli terenske meritve izbranih parametrov.

2.2.1 Pekrski in Radvanjski potok

Pekrski potok izvira na Mariborskem Pohorju na 990 m nadmorske višine, od koder teče po severnem pobočju po globoki gozdnati grapi. Pri Hrastju priteče na ravnino in nadaljuje tok do Peker ter nato do Spodnjega Radvanja, kjer se kot levi pritok izliva v Radvanjski potok. Slednji izvira na Mariborskem Pohorju na 490 m nadmorske višine. Pri Pohorski vzpenjači preide na ravnino, od koder teče do Spodnjega Radvanja, kjer se po sotočju s Pekrskim potokom (Priloga 1) izliva v Betnavski ribnik in se nadalje pojavi kot Novi Hočki potok (Kranjc, 2020). Oba potoka sta v preteklosti poniknila, ko sta pritekla z neprepustnih kamnin na ravnino, ki jo sestavlja pretežno prepustni dravski prod. Z namenom odvajanja vode in preprečevanja poplav na kmetijskih zemljiščih sta potoka regulirana. Na bregovih potokov vegetacije v glavnem ni. Skoraj na celotnem ravninskem delu sta obdana s kmetijskimi zemljišči, naselji in prometnicami, ki lahko negativno vplivajo na stanje voda. Značilna je tudi manjša količina vode in manjša hitrost toka, zlasti poleti, kar skupaj z neporaščeno regulirano strugo zavira ali upočasnjuje samočistilne procese.

Da bi odpravili omenjene negativne značilnosti potoka, v Pekrah potekajo priprave za ureditev Pekrskega potoka. Leta 2021 je MOM pridobila gradbeno dovoljenje za vodnogospodarsko ureditev, ki je del kohezijske operacije Ptujška Drava (Delovna skupina za ..., 2021). Natečajne rešitve predvidevajo ureditev regulirane in pretežno nedostopne struge v rekreacijsko-doživljajski prostor. Celotna zasnova parka je sonaravna, poudarja mehko vijuganje Pekrskega potoka skozi prostor, kjer bodo sprehajalne poti, vegetacija in mehko oblikovani griči. Potok bi v skoraj celotni dolžini razširili in vanj umestili majhne slapove, kaskade, tolmane in otočke. Ustvarili bi obvodne habitate za različne živali in obvodne rastline. Z ureditvijo suhega zadrževalnika vode na Radvanjskem potoku bi zagotovili poplavno varnost. Načrtovana so tudi trstičja, ki bi opravljala vlogo čistilnih naprav in hkrati preprečevala zarast tujerodnih invazivnih rastlin. Prekomerno segrevanje potoka bi omilili z zasaditvijo obrežne drevesne vegetacije in grmovnic, ki bi učinkovito senčile potok predvsem na južni strani. Na ta način bi okrepili samočistilne procese in vodotok sonaravno obnovili. Revitalizacija potoka bo

predvidoma dopolnjena z izobraževalnimi vsebinami, kolesarskimi in sprehajalnimi stezami, igrišči in igrali ter razširjenimi prostori za druženje. Z ureditvijo bi povečali doživljajski pomen potoka in atraktivnost za obiskovalce (Delovna skupina za ..., 2021).

2.2.2 Stražunski potok

Stražunsko povirje predstavlja del celotnega niza izvirov, ki se vrstijo vzdolž roba pleistocenske terase (Priloga 2). Območje predstavlja zelo vodonosno plast, ki jo napajajo pohorski potoki, ko poniknejo v prodnate nanose Mariborske ravnine. Gre za svojevrsten naravni pojav ponikanja pohorskih voda in njihovega ponovnega rojevanja pod ježo terase. V preteklosti je bilo v zgornjem delu Stražunske doline več vodnih izvirov, ki so bili močnejši, saj je včasih zaradi manjšega strmca doline voda v njej zastajala več mesecev. Z gradnjo in izkopom številnih vodnjakov se je nivo talne vode znižal, marsikje pa so bile z globokimi posegi spremenjene fizikalne razmere toka podtalnice. Danes je mogoče opaziti še tri odprte izvire, od katerih je najbolj vodnat izvir Mrzlica pod Tezensko teraso, ki se steka v tri manjše mlake (Priloga 3) in v Stražunski potok oziroma kanal. V Stražunski potok je bila med obema vojnoma napeljana mestna kanalizacija, kasneje pa je bila zaradi večje količine onesnaženih voda izkopana tudi umetna struga, ki se danes imenuje Stražunski kanal. Po drugi svetovni vojni so vzhodno od hitre ceste postavili kolektor Tezno I (Priloga 4), ki ima na svoji trasi zgrajene hidrotehnične objekte, med katerimi je tudi centralni lovilec olja s peskolovom za potrebe prečiščenja površinskih odpadnih voda hitre ceste in njenih obvoznic. Stražunski kanal odvaja še zmeraj delno neustrezno urejeno mestno kanalizacijo Pobrežja in Tezna (Priloga 5) ter vode Stražunskega povirja, tako da je v zvezi s kanalom onesnažen tudi izvir čiste pitne vode (Friš, 2007). Znana težava tako povzroča smrad v celotnem dolinskem dnu. V raziskavah leta 2019 so v Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano ugotovili, da je Stražunski potok obremenjen z bakterijami fekalnega izvora, z organskimi in anorganskimi snovmi. V nekaj vzorcih je bila presežena mejna vrednost skupnega fosforja, nitratov in BPK₅¹. Dodatna težava so tudi odpadki z muljem, ki se nalagajo na brežine. Onesnaževala se širijo ob večjih nalivih, ko voda poplavlja, in se pri Dogošah stekajo v reko Dravo (NLZOH, 2021).

¹ Biološka potreba po kisiku.

2.2.3 Trije ribniki

Trije ribniki so nastali v času srednjega veka kot zbiralniki vode za napajanje obrambnega jarka okoli mariborskega obzidja. Ribniki se nahajajo v dolini med Mestnim vrhom in Piramido in so največja stoječa vodna telesa v naselju Maribor. Na koncu doline je vas Ribniško selo, skozi katero teče Ribniški potok, glavni pritok v drugi ribnik. Z desnega brega doline pritekata potoka v tretji in prvi ribnik. Vsi ribniki so povezani s podzemnimi kanali (Priloga 6). Iz prvega ribnika je speljan tudi odtočni kanal. Konec 19. stoletja so v Mariboru osnovali mestni park in mu priključili območje Treh ribnikov. Naredili so načrte za kopališče in promenado. Preučili so samočistilno sposobnost Treh ribnikov in ugotovili, da je ta celo večja kot pri tekočih vodah. Največji problem so predstavljale alge, ki so kalile vodo. Prvotni projekt ni bil izveden, zato je bila namesto tega na obrežju prvega ribnika postavljena lesena zgradba, ki so jo kasneje zamenjali s čolnarno (Letnik, 2009). V osemdesetih letih je bila izvedena sanacija Treh ribnikov, saj je območje ostalo nedokončano in zanemarjeno. V sklopu del so porušili staro čolnarno in zgradili nov objekt v japonskem stilu (Priloga 7). V prvi ribnik so dodali vodometa, uredili brežine ter iz ribnikov odstranili nakopičen mulj, s katerim so zapolnili četrti, manjši ribnik, ki ne obstaja več (Mičić, 2006).

2.3 Obremenjevanje in celostno upravljanje s površinskimi vodami

Onesnaženje voda postaja vedno večji problem sodobne družbe, vendar vode ne onesnažujejo samo izpusti raznoraznih strupenih snovi. Lahko jo obremenjujemo s hranili (povečana vsebnost hranil povzroči razmnoževanje alg, razgradnja odmrlih alg porabi veliko kisika iz vode, živali pa zaradi pomanjkanja kisika poginejo), hidrološkimi obremenitvami (odvzemi vode vplivajo na količino in dinamiko vodnega toka, na povezavo s podzemno vodo in stabilnost brežin), z obremenitvami zveznosti toka (prečni objekti na strugi povzročajo povečano erozijo, kar ogroža varnost infrastrukture na vodotokih) in morfološki obremenitvami (spreminjanje globine in širine struge povzroča spremembe v delovanju ekosistema) (Ministrstvo za okolje ..., 2020). Na obravnavanem območju so vode najbolj obremenjene zaradi prometa, odpadnih meteoritnih voda, neurejene kanalizacije, reguliranja vodotokov in prekomernega gnojenja ter škropljenja kmetijskih površin. Za izboljšanje stanja bomo v nadaljevanju predlagali trajnostne oziroma ekoremediacijske ukrepe.

Z namenom ohranjanja naravnih virov je OZN pred 30 leti na podlagi dobrih praks predlagala pojem celostnega upravljanja z vodnimi viri (ang. Integrated Water Resource Management [IWRM]). Pojem pomeni krepitev upravljanja vodnih in drugih naravnih virov, da se zagotovi gospodarska in družbena blaginja, pri čemer se ohranijo ekosistemske storitve (Združeni narodi, 2014). Celostno upravljanje z vodnimi viri je lahko opredeljeno kot sopomenka za pojem ekoremediacije, v sklopu katerega se uporabljajo naravni materiali in se posnemajo naravni procesi z namenom odpravljanja ali preprečevanja okoljskih težav. Tako se lahko z vodnimi zadrževalniki, rečnimi pragovi, prodišči, meandri, vegetacijskimi pasovi in zasaditvami krepijo samočistilni procesi in zagotovijo ekosistemske storitve. Poleg teh je za trajnostno upravljanje potrebno vključevanje ljudi kot skrbnikov in ozaveščenih uporabnikov prostora (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Ekosistemske storitve obsegajo vse snovi, energijo in procese, ki jih zagotovijo ekosistemi, s čimer omogočajo preživetje in boljšo kakovost življenja človeka in družbe (DOPPS, 2019). Ekosistemske storitve so lahko razdeljene na (DOPPS, 2019):

- oskrbovalne (zagotavljajo proizvode oz. dobrine, kot so hrana, pitna voda, gradbeni material, kurivo, zelišča in zdravila);
- regulacijske (vključujejo koristi, ki izhajajo iz naravnih procesov za uravnavanje podnebja in naravnih nesreč, nadzor škodljivcev in širjenja bolezni, opráševanja rastlin, čiščenja voda);
- habitatne (poudarjajo pomen ekosistemov za zagotavljanje ugodnih življenjskih razmer za organizme, ki te ekosisteme sestavljajo);
- kulturne (koristi jih človek ob preživljanju časa v naravi, npr. duhovna bogatitev, intelektualni razvoj in rekreacija).

Med seboj so povezane in prepletene ter pogosto kažejo dopolnjevalne učinke.

2.4 Ugotavljanje stanja površinskih voda

Sektor za upravljanje voda na Ministrstvu za okolje in prostor (2022) redno spremlja kakovost površinskih voda, torej vodotokov, jezer in morja z namenom njihovega varovanja pred vplivi obremenitev. Spremlja ekološko in kemijsko stanje površinskih voda.

Stanje površinskih voda urejajo različni pravni dokumenti. Med njimi Uredba o stanju površinskih voda (2009) v 10. členu določa, da se ekološko stanje vodnega telesa površinske vode ugotavlja na podlagi spremljanja rezultatov elementov kakovosti, ki so:

- biološki (vrstna sestava in številčnost združb alg, vodnih rastlin in živali),
- fizikalno-kemijski (hranila, temperatura, pH, kisik),
- hidromorfološki (hidrološki režim: količina in dinamika toka, pritoki in iztoki, talna voda; zveznost toka: število in vrste ovir, prehodi za selitve organizmov; morfološke razmere: oblika struge in obrežja, prečni profil, velikost sedimenta, pokritost tal obrežja, hitrost),
- posebna onesnaževala (predpis določa 35 snovi, ki se razvrščajo med sintetična, nesintetična in druga onesnaževala).

Mejne vrednosti za razrede ekološkega stanja površinskih voda – *zelo dobro*, *dobro* in *zmerno* – so določene na podlagi podatkov o kratkoročnih in dolgoročnih učinkih na vodne organizme. Te niso določene na evropskem, pač pa na nacionalnem nivoju (Gabrijelčič idr., 2020).

Zelo dobro ekološko stanje je določeno kot letna povprečna vrednost parametra, ki zagotavlja varstvo pred dolgotrajno izpostavljenostjo, in kot največja dovoljena koncentracija parametra, ki preprečuje akutne posledice onesnaženja. Uredba za dobro ekološko stanje predpisuje tudi koncentracije naravnega ozadja, in sicer za kovine in njihove spojine (Gabrijelčič idr., 2020).

Ekološko stanje na podlagi splošnih fizikalno-kemijskih elementov kakovosti pri vodotokih s prispevno površino, manjšo od 10 km², ni ovrednoteno, saj meje med razredi za te vodotoke niso določene.

Dobnikar Tehovnik idr. (2021) v Poročilu o kemijskem stanju površinskih voda v Sloveniji za leto 2020 navajajo, da:

- 95,6 % slovenskih površinskih voda dosega dobro kemijsko stanje na podlagi analize vzorcev vode;

- 100 % slovenskih površinskih voda dosega slabo stanje na podlagi analize vzorcev organizmov (akumulacija živega srebra in broma v ribah);
- Drava dosega dobro kemijsko stanje vode in slabo kemijsko stanje organizmov.

Seznam kemijskih parametrov za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda obsega 45 snovi. Te so relevantne za območje vseh držav Evropske unije zaradi njihove razširjene uporabe, lastnosti in povišanih koncentracij. Mednje spadajo kemikalije, fitofarmacevtska sredstva in kovine. Merila za vrednotenje kemijskega stanja površinskih voda v Sloveniji so določena v Uredbi o stanju površinskih voda (2009).

Tabela 7: Stanje površinskih voda v Sloveniji za leto 2019 (Vir podatkov: ARSO, 2020)

Elementi kakovosti	Dobro ali zelo dobro [%]	Zmerno [%]
Biološki	24	68 ²
Fizikalno-kemijski	72	23 ³
Posebna onesnaževala	90	10 ⁴

Ugotovljeno stanje Drave je zelo dobro na področjih BPK₅, nitratov, celotnega fosforja in na področju posebnih onesnaževal.

² Najpogostejše slabše stanje zaradi rib.

³ Najpogostejše zmerno stanje zaradi presežka celotnega fosforja.

⁴ Najpogostejše zmerno stanje zaradi presežka metolaklora, kobalta, cinka, sulfatov in molibdena.

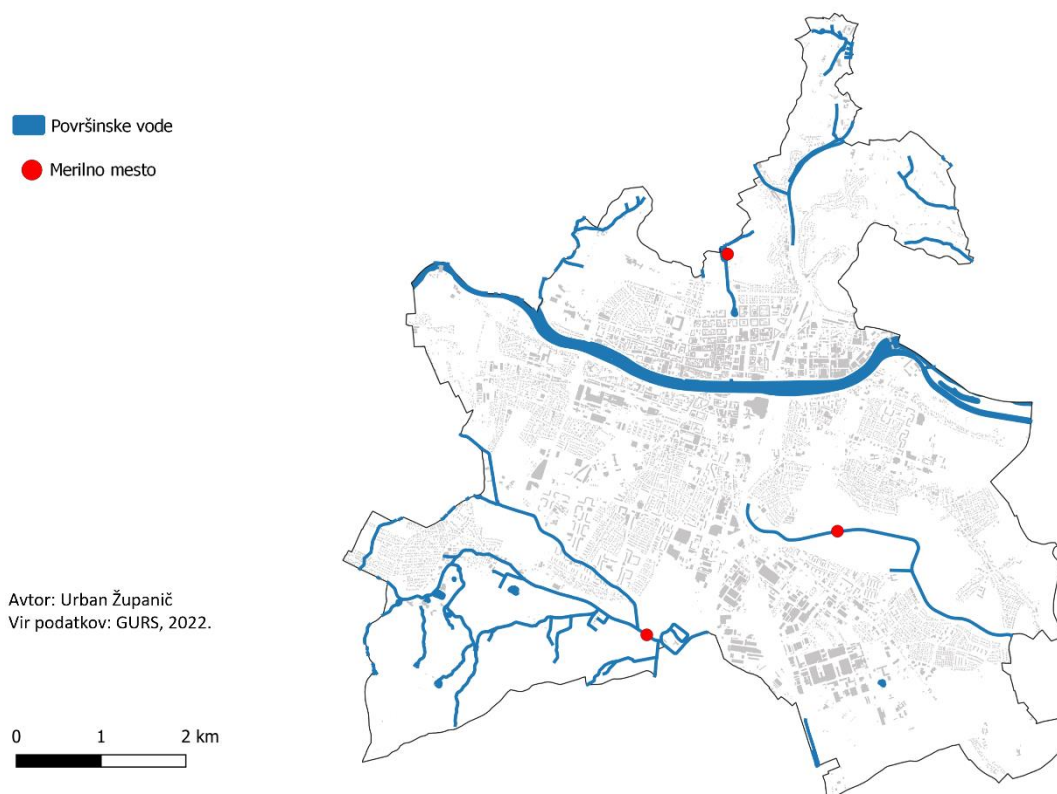
3 METODOLOGIJA

3.1 Stanje površinskih voda na obravnavanem območju

V prvem delu raziskovalne naloge smo s pomočjo literature preučevali značilnosti površja naselja Maribor. Podatke o kamninski sestavi smo pridobili iz Geološkega zavoda Slovenije (GeoZS, 2016), nadmorske višine, naklone in podatke o površinskih vodah smo pridobili iz Geodetske uprave RS (GURS, 2022), podatke o podnebjju s portala WorldClim (WorldClim, 2020), zaščiteni območja iz Agencije RS za okolje (ARSO, 2022) in podatke o rabi tal iz Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP, 2022). Podatke smo uvozili v program QGIS, kjer smo jih obrezali na obravnavano območje in izdelali karte. S programom smo izračunali tudi povprečne vrednosti nadmorskih višin, naklonov, padavin in temperatur.

Terensko delo smo izvedli na treh lokacijah – ob sotočju Radvanjskega in Pekrskega potoka na Betnavi, na Stražunskem potoku na Pobrežju in na prvem od Treh ribnikov v Mestnem parku (Slika 8). Izmerili smo hidromorfološke parametre: naklon, širino in globino struge ter hitrost toka. Iz teh podatkov smo izračunali površino ovlaženega profila in vodni pretok. Izmerjeni fizikalni parametri so organoleptične značilnosti in temperatura vode ter zraka. Z metodo fotometrije smo izmerili kemične parametre pH, količino nitritov, nitratov, amonija, fosfata in kisika v vodi. Naprava izmeri količino svetlobe, ki prehaja skozi vzorca z in brez reagentov, primerja obe vrednosti in izračuna količino merjenega parametra na enoto prostornine.

Izmerjene podatke smo primerjali s predpisanimi mejnimi vrednostmi iz naslednjih dokumentov: Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (2002), Pravilnik o pitni vodi (2004), Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007), Uredba o stanju površinskih voda (2009) in Vrednotenje ekološkega stanja površinskih voda s splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi (2009).



Slika 8: Površinske vode na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2022)

3.2 Trajnostni ukrepi za upravljanje s površinskimi vodami

Trajnostne oziroma ekoremediacijske ukrepe smo preučili v knjigah Ekoremediacija vodnih ekosistemov (Vovk Korže, 2015) in Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov (Vrhovšek in Vovk Korže, 2009), v katerih so predstavljene raznolike sonaravne tehnike, ki posnemajo stanja in procese v naravi. Revitalizacijski posegi se lahko izvajajo v strugi, na brežini ali izven struge. Nujna je uporaba naravnih materialov, le v izjemnih pogojih uporabljamo umetne. Osnovni namen revitalizacij je ustvarjanje ekosistemskih pogojev za življenje določenih organizmov, združb ali habitatov (Vovk Korže, 2015).

4 REZULTATI

4.1 Stanje površinskih voda na obravnavanem območju

Tabela 8 prikazuje izmerjene in mejne vrednosti izbranih parametrov na odvzemnih točkah glede na parametre Evropske unije in Republike Slovenije. Hidromorfološki parametri Radvanjskega in Pekrskega potoka kažejo široko in relativno globoko strugo, saj je naše odzemno mesto ob sotočju obeh potokov. Struga je regulirana in razširjena zaradi nevarnosti pogostih poplav na bližnjih kmetijskih površinah. Vodni pretok je nizek – $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$, saj teče po ravnini, v času naših meritev pa je bilo tudi daljše obdobje brez padavin. Brežina potoka ima visok naklon (25°), zaradi česar sta lahko ob močnem deževju erozija in denudacija izrazitejši. Potok priteka iz glinastega vršaja, zato prenaša majhne glinaste delčke, ki vodo obarvajo rumenkasto. Voda v času naših meritev ni imela vonja. Menimo, da je to posledica nizkih temperatur, ki upočasnjujejo organske procese. Hkrati tudi izmerjeni kemijski parametri ne presegajo mejnih vrednosti in vodi ne dajejo specifičnega vonja. Nekoliko presežena je mejna vrednost fosfata, ki se nahaja v pralnih, čistilnih in pomivalnih sredstvih ter umetnih gnojilih. S pomočjo dežja se ta na obravnavanem območju iz okoliških njivskih površin spira v potok. Ker ima ta počasen pretok, se hranila, kot so fosfati, začnejo kopičiti, kar pospeši razmnoževanje in rast alg ter ostalih vodnih rastlin. Za razgradnjo odmrlih alg in rastlin se porabi veliko kisika, kar razloži pomanjkanje kisika v vodi.

Struga Stražunskega potoka je ožja in plitkejša od struge Radvanjskega potoka in je prav tako regulirana. Zaradi majhne površine ovlaženega profila in hitrosti toka je pretok zelo majhen – $0,006 \text{ m}^3/\text{s}$. Brežina ima naklon 40° , struga pa je speljana v betonske kanalete. Njihov glavni namen je, da vodo ohranijo na površju, saj bi majhna količina vode, ki teče po strugi, hitro poniknila v prodna tla. V vodi so presežene vrednosti amonija, fosfata in nitritov. Nitrit prihaja v vodo s fekalijami in z gnojem. Ker v Stražunskem gozdu ni velikih njivskih površin, je izvor nitritov neurejena kanalizacija, ki se steka v potok. Tudi predhodne meritve NLZOH (2021) potrjujejo naše ugotovitve. Ker imajo nitriti en kisikov atom manj kot nitrati, so zelo reaktivni. Zato nase vežejo še en kisikov atom in se razgradijo v nitrat. Zaradi teh reakcij v vodi primanjkuje kisika. Amonij nastaja ob razgradnji encimov sečnine in razkroju organskih dušikovih spojin pri majhni vsebnosti kisika, kar je še en pokazatelj, da je v potok speljana kanalizacija. Tudi povišana vrednost fosfatov potrjuje iztok kanalizacije v potok, saj se fosfati nahajajo v mehčalcih in pralnih sredstvih. Kljub številčni prisotnosti onesnaževal v vodi nismo

zaznali vonja, najverjetneje zaradi nizke temperature. Vse skupaj kaže na močno in resno onesnaženost vodotoka, ki ni primeren za življenje organizmov.

Meritve na Treh ribnikih so bile izvedene na prvem ribniku, to je ribnik s fontano in z objektom v japonskem stilu. Ker stoječe vode nimajo enakih karakteristik kot tekoče, nismo merili nekaterih morfoloških značilnosti, saj te niso relevantne. Ugotovili smo, da je naklon brežine 20° ali približno 1:3, čemur Mičić (2006) dodaja, da vsi nakloni, blažji od 1:1,5 preprečujejo labilnost. V ribniku sta bili prekoračeni vsebnosti nitritov in fosforja, primanjkovalo pa je kisika. Zaradi vezave nitrita na kisik ima voda manjšo koncentracijo kisika od priporočene. Fosfati v vodo prihajajo predvsem s hrano za ribe in povzročajo obsežno rast alg, ki ob razgradnji prav tako porabljajo veliko kisika in povečajo število bakterij. Velika količina alg v vodi daje tudi značilno zelenkasto barvo. To kaže na slabo samočistilno sposobnost ribnika.



Slika 10: Izvajanje meritev na Stražunskem potoku (Vir: Urban Županič)



Slika 9: Struga Radvanjskega potoka (Vir: Urban Županič)

Tabela 8: Izmerjene in mejne vrednosti izbranih parametrov

	Parameter	Radvanjski in Pekrski potok	Stražunski kanal	Trije ribniki	Mejna vrednost
Hidromorfološki parametri	Globina struge (m)	0,26	0,09		
	Širina struge (m)	3,1	1,4		
	Površina ovlaženega profila (m ²)	0,66	0,13		
	Čas toka (s/10 m)	72	183		
	Hitrost (m/s)	0,14	0,05		
	Pretok (m ³ /s)	0,09	0,006		
	Naklon obrežja (°)	25	40	20	8
Fizikalni parametri	Organoleptične značilnosti	Brez vonja, rumenkasta barva	Brez vonja, rumenkasta barva	Brez vonja, zelenkasta barva	
	Temperatura zraka (°C)	5,9	12,6	12	
	Temperatura vode (°C)	0,8	5,4	6,2	10-15 ⁵
Kemijski parametri	pH	7	7	7	6-9 ¹ 6,5-9,5 ²
	Amonij NH ₄ (mg/l)	0,2	0,7	0,1	≤ 1 ¹ 0,5 ² 0,6 ⁴
	Nitrit NO ₂ (mg/l)	0,01	0,1	0,02	≤ 0,01 ¹ 0,5 ²
	Nitrat NO ₃ (mg/l)	1,1	1,5	4	50 ² 3,2-9,5 ⁴ 9 ⁴ 1-10 ⁵
	Fosfat PO ₄ (mg/l)	0,7	0,7	0,6	< 0,46 ⁴

	Kisik O ₂ (mg/l)	< 5	< 5	< 5	> 5 ²
--	-----------------------------	-----	-----	-----	------------------

¹ Uredba o kakovosti površinskih voda (2002)

² Pravilnik o pitni vodi (2004)

³ Uredba o emisiji snovi (2007)

⁴ Uredba o stanju površinskih voda (2009)

⁵ Vrednotenje ekološkega stanja površinskih voda (2009)

4.2 Trajnostni ukrepi za upravljanje s površinskimi vodami

Analiza vseh treh vodnih teles je pokazala onesnaženost, ki izvira iz človekove dejavnosti, predvsem kmetijstva in neurejene kanalizacije. Zato je v vodna telesa treba vpeljati ukrepe za trajnostno upravljanje, ki bodo dolgoročno izboljšali stanje voda. Vpeljava IWRM-ukrepov je za Pekrski potok natančno načrtovana v projektu Park ob Pekrskem potoku. Idejna zasnova zajema ureditev potoka v skladu z ERM-načeli, ki bodo potoku dodala samočistilne sposobnosti in ga obogatila s kisikom. V okolici potoka so načrtovani inovativni ukrepi za celostno upravljanje, ki zajemajo rekreacijo, druženje in učne vsebine.

Radvanjski potok je v sklopu gradnje nove zahodne mariborske obvoznice revitaliziran v spodnjem toku. Struga potoka je predstavljena k vznožju Pohorja v globok in precej širok kanal. Brežino so zasadili z drevesi in jo s tem utrdili (Priloga 1). Drevesa bodo poskrbela za senco in s tem nižjo temperaturo vode, ki bo blagodejno vplivala na življenje živali v potoku. V sklopu izvedenih ukrepov ni videti rešitev za povečano vsebnost fosfatov in majhno količino kisika v vodi. Za izboljšanje stanja predlagamo ekoremediacijske ukrepe vzdolž regulirane struge, kot so prag, prodne brzice in zasaditev žive fašine. Predlagamo, da se prag postavi za sotočjem s Pekrskim potokom, v nadaljevanju pa bi se dodala še prodna brzica. Oba bi prispevala k povečanju količine kisika v vodi, hkrati pa bi prodna brzica preprečevala erozijo dna potoka. V nadaljevanju regulirane struge predlagamo zasaditev trstičja in lilij, ki bi s svojim koreninskim sistemom poskrbela za prevodnost, izločanje kisika in čiščenje voda z asimilacijo določenih onesnaževal iz vode, lilije pa ob tem še za lepši izgled struge. Ker potok teče med njivskimi površinami, se ukrepi za celostno upravljanje območja ne morejo izvesti. Predlagamo zgolj ureditev sprehajalne poti ob potoku. Pozornost je treba nameniti tudi obcestnim jarkom, iz katerih se meteorne vode stekajo v oba potoka, in jih ekoremediacijsko urediti.

Zaradi močne onesnaženosti Stražunskega potoka je ta neprivlačen za obiskovalce in je potreben celovite sanacije. Začeti je treba s sanacijo neurejene kanalizacije mestnih četrti Tezno in Pobrežje, ki predstavljata glavni vir onesnaževanja. Neurejene iztoke v Stražunski kanal je treba odstraniti, s čimer bomo zmanjšali količino onesnaževal v vodi. Na območje iztokov je potrebno umestiti rastlinsko čistilno gredo. Ta je sestavljena iz dveh zaporedno vezanih gred, izoliranih s folijo, v katerih se pretaka odpadna voda pod površjem, kar preprečuje nastanek smradu in razvoj raznih insektov. Odpadna voda se pretaka skozi mešanico peskov, na kateri so zasajene rastline. Substrat omogoča filtracijo, sedimentacijo in

sorpcijo raztopljenih in suspendiranih snovi, patogenih organizmov, dušika, fosforja in kovin. Prav tako omogoča precipitacijo⁵ fosforja in kovin. Fizično omogoči ukoreninjenje rastlin in površino za naselitev mikroorganizmov. Pri tem npr. manjši delci substrata bolje odstranjujejo dušik kot večji, medtem ko je pri fosforju pomembnejša sestava (Vrhovšek in Korže 2008).

Vloga rastlin ni samo asimilacija določenih snovi iz odpadne vode, temveč tudi zagotavljanje podlage in ustreznih pogojev za razvoj mikroorganizmov in s tem procesov oksidacije v območju korenin. Kisik iz ozračja prehaja z difuzijo neposredno v tla oz. potuje preko listov, stebela in koreninskega sistema v plast okoli korenin in s tem ustvarja aerobna območja, kjer poteka razgradnja organskih snovi. Ta se nadaljuje v območjih brez kisika, kjer delujejo anaerobni mikroorganizmi. Tako se aerobni in anaerobni procesi dopolnjujejo in povečujejo učinkovitost čiščenja. Mikroorganizmi razgrajujejo ogljik, dušik, fosfor, težke kovine, BPK₅ in KPK. Učinkovito zmanjšujejo število fekalnih in drugih bakterij tudi do 90 (Vrhovšek in Vovk Korže, 2009).

Tudi vzdolž struge Stražunskega kanala je potrebno vključiti ERM-ukrepe. Predlagamo odstranitev betonskih kanalet, po katerih sedaj teče voda, potok pa preurediti tako, da bo tekkel po naravni strugi. Da bi preprečili ponikanje, je treba dno struge nasuti z glinastimi nanosi. Za preprečevanje erozije predlagamo zasaditev dna struge z rastlinami, kot so trstičje in rogoz v zvitkih iz geotekstila. Ti bodo sočasno s pomočjo koreninskega sistema povečali samočistilno sposobnost potoka. Brežine je potrebno sonaravno oblikovati in jih po potrebi dodatno zasaditi z drevesi in grmičevjem, ki bodo preprečili erozijo. Primerne vrste dreves za utrditev brežin so črna jelša, gaber, jesen in dob, grmovne vrste pa navadni glog, leska in trdoleska. Pomemben dejavnik vračanja življenja v potok je tudi zadostna količina kisika v vodi, ki ga lahko zagotovimo s postavitvijo pragu, tolmana in prodne brzice (Križan, 2010).

Pod tezensko teraso, v delu, kjer v Stražunskem gozdu zastaja voda in so prisotne manjše mlake, predlagamo obnovitev mokrišča v obliki mlak. Za to je v sušnem obdobju treba odstraniti zaraščeno rastlinje in odvečno zemljo. Nato je potrebno utrditi dno mlak, če to ni dovolj neprepustno, se večkrat doda ilovica. Če ima mlaka izvir, se mora ta očistiti, da lahko voda priteka na površje. Če vode ni, jo je treba pripelje iz potoka, s čimer se obnovi vodni

⁵ Obarjanje ali precipitacija je proces oblikovanja trdnine iz raztopine.

režim, ki pogojuje funkcije mokrišč z biotsko raznovrstnostjo. Na glineno podlago mlake bi bilo potrebno zasaditi močvirsko rastlinje, zlasti šašje, ki bi s koreninskim sistemom in z mikroorganizmi čistili vodo. Mlake bi bilo treba tudi redno vzdrževati (kositi obrežje, čistiti dno), s čimer bi zagotovili njeno nemoteno funkcijo in sonaravno ohranjanje bogatega ekosistema (Križan, 2010).

Stražunski gozd, ki leži v središču Maribora, bi moral prebivalcem predstavljati prostor rekreacije, sprostitve in druženja. Veliko tovrstnih predlogov je vključenih v diplomsko nalogo Problematika urejanja parkovnega gozda Stražun (Friš, 2007). Predlagana je zanimiva ureditev gozda po conah, ki služijo različnim namenom, od rekreacije, otroške igre, kolesarjenja do nabiralništva in počitka. K temu dodajamo predloge za ureditev tematskih učnih poti, ki bi bile dobrodošle okoliškim osnovnim šolam za izvedbo pouka na prostem, eksperimentalnega dela ali krožkov. V aplikaciji CŠOD Misija smo zasnovali primer učne poti, s katero uporabnike seznanjamo o značilnostih Radvanjskega in Stražunskega potoka ter Treh ribnikov in izobražujemo o pomenu ekoremediacijskih ukrepov za njihovo sonaravno in trajnostno ureditev (Priloga 8). Ob tem bi bilo treba razviti in označiti razvejano mrežo sprehajalnih poti, ki bi služila obiskovalcem in starejšim prebivalcem iz bližnjih domov za starostnike. Ob vstopnih točkah v gozd iz Pobrežja in Tezna bi postavili fitnes na prostem. V Stražunu je bilo nekoč mokrišče, ki bi ga bilo vredno revitalizirati ter čezenj speljati poti v stilu tistih na Lovrenških jezerih. To bi bila posebna cona doživljanja narave, opazovanja in druženja. S takšno celovito revitalizacijo Stražunskega gozda bi ta pridobil na atraktivnosti za kreativno preživljanje prostega časa.

Trije ribniki zaradi dobrega ekološkega stanja ne potrebujejo večjih sprememb. Pomembno je, da se voda v ribnikih večkrat, tudi skozi zimo, prezrači z vklopom vodometa, kar jo obogati s kisikom. Ker je glavni izvor fosfatov predvsem hrana za ribe, je potrebno ponovno preučiti število rib v ribniku in temu primerno dozirati hrano. Mičić (2006) navaja, da je bila samočistilna sposobnost ribnika v času raziskav ocenjena bolje od tiste v tekočih vodah. To več ni tako, zato predlagamo odstranitev nakopičenega mulja, zasaditev raznih domorodnih vodnih rastlin in inštalacijo vodometa v vse tri ribnike, ki bi povečali količino kisika v vodi. Okolica ribnikov je že sedaj dobro urejena in temelji na načrtih arhitekta Toma Pirkmajerja (Mičić, 2006), ki se je odločil okolico urediti v prostor sprostitve. Za popestritev že 40 let stare

zasnove predlagamo postavitev mostička čez drugi ribnik in širitev parka na Mestni vrh z dodatnimi označenimi sprehajalnimi potmi ter razgledno točko na vrhu.

Tabela 9: Tabela z ERM-ukrepi in težavami, ki jih odpravljajo (Vir podatkov: Vovk Korže, 2015)

ERM-ukrep	Učinek
Prodne brzice	Tok vode se na mestu brzice pospeši in skoncentrira, voda se premeša in navzame kisika, poveča se njena samočistilna sposobnost.
Groblja	Za večjimi kamni se ustvarijo vrtinci in se izdolbejo manjši tolmini, ki nudijo zavetišče ribam ob nizkih pretokih. Voda se obogati s kisikom, spremeni se hitrost vodotoka.
Prag	Prag povzroči gorvodno zaježitev in ustvarjanje novega habitata. Poveča se vsebnost kisika in samočistilna sposobnost.
Tolmun	Poveča samočistilno sposobnost vodotoka, v vodo vnaša kisik in povečuje namočenost terena.
Rastlinske čistilne grede v stranskem rokavu	Čiščenje potokov, predvsem patogenih mikroorganizmov, hranil in pesticidov, s čimer se poveča samočistilna sposobnost.
Zvitek iz geotekstila	Zvitek priskrbi oporo rastlinam, da razvijejo močne korenine, s katerimi utrdijo brežino in izboljšajo kvaliteto vode.
Stranski rokav	Poveča samočistilno sposobnost vode, povečuje namočenost terena in ob visokih vodah nudi zatočišče večjim vodnim organizmom, ker ni povezan z glavno strugo.
Vegetacijski pas	Preprečuje erozijo in predstavlja habitat za rastline in živali.
Živa fašina	Povezan snop vej, ki požene korenine, te utrdijo brežino in izboljšajo kakovost vode.
Ekoremediacijski melioracijski jarek	Jarki omogočajo izsuševanje kmetijskih zemljišč in vodo, ki se vanje steka, sproti čistijo z različnimi ekoremediacijskimi ukrepi.

Ekoremediacije so ukrep za vzdrževanje ravnotežja v okolju oz. večanje samočistilnih sposobnosti. Narava jih nenehno izvaja, zato je za njihovo pravilno uporabo pomembno poznati naravne zakone in sisteme.

5 RAZPRAVA

V raziskavi smo ugotovili, da je vzrok za onesnaženost površinskih voda človekova dejavnost. Zaradi intenzivnega kmetijstva, prometnic in neurejene komunalne mreže v bližini površinskih voda te ne dosegajo vseh standardov kakovosti, predpisanih s strani EU in Republike Slovenije. Stanje ni enako v vseh vodnih telesih. Stražunski potok je daleč najbolj onesnaženo raziskano vodno telo v Mariboru, saj presega skoraj vse mejne vrednosti kemijskih parametrov. V primerjavi z njim sta Radvanjski in Pekrski potok v dobrem stanju, a še vedno ne dosegata vseh parametrov kakovosti vode. Iz navedenega lahko našo hipotezo, da so vrednosti izbranih kemijskih parametrov v površinskih vodah glede na predpisane mejne vrednosti neustrezne, delno potrdimo, saj pri nobenem vodnem telesu niso bili preseženi vsi parametri kakovosti vode.

Na tem mestu bi lahko našo raziskavo izboljšali tako, da bi meritve izvedli še vsaj enkrat v toplejši polovici leta, s čimer bi ugotovili tudi ostale vire in intenzivnost onesnaževanja. Njihov izvor bi lahko določili z meritvami na več mestih vzdolž vodotoka. Z namenom, da preprečimo različna onesnaževanja, bi bilo treba spremljati večji spekter onesnaževal, na primer težke kovine in motorna olja, ki se z meteornimi vodami spirajo s cest in lahko odteka v vodotoke. Uporaba metode fotometrije se je pri terenskem delu izkazala za zelo natančno, zanesljivo in hitro. To nam je omogočilo izvedbo terenskega dela na več lokacijah.

S preučevanjem kart obravnavanega območja smo prišli do ugotovitev, da je gostota vodne mreže v največji meri odvisna od kamninske podlage. Večina vodotokov je, zaradi prepustnih kamnin na ravnini, reguliranih. Njihovo stanje je v veliki meri odvisno od človekovega upravljanja, torej ukrepov, ki jih človek vpelje v vodotok, in izpustov vanj. Zato je pomembno, da se stanje vodotokov spremlja in temu primerno ukrepa. Hipotezo, da človekove dejavnosti negativno vplivajo na stanje površinskih voda, lahko potrdimo za vse preučevane tekoče vode. Najbolj izrazit je ta vpliv na Stražunski potok. Ta ima regulirano, z betonom kanalizirano strugo, v kateri zaradi neurejenih odtokov kanalizacije in meteornih voda s cest ni življenja. Potok ima prestrme brežine, ki lahko začnejo ob večjem deževju polzeti. Brežine so ob Radvanjskem in

Pekrskem potoku utrjene z nasajenimi drevesi, zato je tam manj bočne erozije. Regulacija teh dveh vodotokov je nujna, saj tečeta po gosto pozidanem območju. Umeščena sta v strugo, ki je le mestoma betonirana, zato ohranjata več samočistilnih sposobnosti. Struga je na določenih odsekih podaljšana v razbremenilne kanale, ki preprečujejo poplave ob močnem deževju. Na oba potoka negativno vplivajo iztoki meteornih voda s cest in pozidanih površin, kar se lahko z izgradnjo mariborske zahodne obvoznice še poslabša. Na Radvanjski potok ima negativen vpliv tudi okoliška kmetijska dejavnost. Na stanje voda v Treh ribnikih imajo človekove dejavnosti močan vpliv. Onesnaženje je posledica prekomernega hranjenja živali v ribniku, zato lahko zanje drugo hipotezo prav tako potrdimo.

Med raziskovanjem območja so se pokazale velike prednosti dela z informacijskimi sistemi GIS. Z izdelavo kart smo dobili boljšo prostorsko predstavbo, kar nam je omogočilo kakovostnejšo analizo podatkov.

Za hidromorfološke in fizikalno-kemične probleme vodnih teles smo v poglavju 4.2 predstavili revitalizacijske ukrepe. Pri izbiri ukrepov smo v ospredje postavili njihov učinek na samočistilno sposobnost, vizualni izgled vodnega telesa in stroške ukrepa. Ukrepi za Pekrski potok so s strani MOM sprejeti in zajemajo celostno revitalizacijo obvodnega prostora v mestnih četrtih Nova vas in Radvanje. Podobni ukrepi, kot so brzice, rastlinska čistilna greda, prag in urejene sprehajalne poti, so potrebni tudi na Radvanjskem potoku, ki bi mu tako izboljšali kvaliteto vode, samočistilno sposobnost in doživljajsko vrednost prostora. Večji zalogaj predstavlja Stražunski potok, ki je zaradi močnega onesnaženja potreben celostne revitalizacije skupaj s Stražunskim gozdom. Različna lastništva gozda trenutno onemogočajo parkovno ureditev tega. Oviro za sonaravno ureditev Stražunskega potoka in odsekov kanalizacije na območju Pobrežja in Tezna vidimo tudi v zagotovitvi dovolj visokih finančnih sredstev, saj je težava znana že dlje časa. Sprejeti ukrepi za Pekrski potok so dokaz, da je revitalizacijski projekt mogoče izvesti, a bi Stražunski potok glede na obseg in težavnost posega povzročil več stroškov. Na območju mestnega parka ni potrebnih večjih sanacij. Priporočljivo je čiščenje mulja iz ribnikov in namestitev vodomotov v vse tri ribnike, s katerimi bi izboljšali kvaliteto vode. Sedaj poteka sanacija promenade v parku, ki bo osvežila in polepšala podobo parka kot celote. Z navedenim lahko hipotezo, da je ekološko stanje voda moč izboljšati z ekološko in ekonomsko ustreznimi ukrepi, potrdimo.

6 ZAKLJUČEK

Gospodarski razvoj, urbanizacija in kmetijstvo čedalje bolj pritiskajo na okolje in povzročajo njegovo onesnaženje. Klimatske spremembe te učinke samo še povečujejo. Zato je treba analizirati in urediti naravne elemente pokrajine, ne le na mestih onesnaževanja, temveč na širšem območju, ki zajema tudi celotna porečja vodotokov. Sanacija teh omogoča obnovo življenjskih funkcij narave in s tem zagotavlja dolgotrajno varovanje in ohranjanje okolja. Zaradi kompleksnosti okoljskih problemov je potrebno celostno pristopati k njihovem reševanju, saj v nasprotnem primeru zmanjšamo ali celo izničimo naša prizadevanja. V naši raziskovalni nalogi smo zaradi tega izpostavili ERM-ukrepe na območju Maribora, s katerimi želimo zaščititi naravno okolje in ohraniti čiste vodne vire, ki bodo v prihodnosti imeli najpomembnejšo vlogo pri obstanku človeške družbe.

Predvidena ekoremediacijska sanacija Pekrskega potoka je začetek trajnostne zaščite vodnih virov na območju Maribora. Takšen pristop je nujno potreben tudi na Stražunskem potoku, saj prekomerne koncentracije škodljivih snovi v njem ogrožajo podtalnico in prostoživeče živali. S sanacijo potoka bi prispevali k ohranjanju življenja, biotski pestrosti, uravnavanju podtalnice in povečani samočistilni sposobnosti vodotoka ter s tem varovanju človekovega zdravja. Povečala bi se tudi doživljajska vrednost zaščenega območja Stražunskega gozda.

ERM-tehnologije prinašajo večplastne in ekonomsko sprejemljive koristi. Z njimi zmanjšujemo okoljsko škodo, izboljšujemo kvaliteto življenja in varujemo naravo, pri tem pa upoštevamo dolgoročnost učinka in njegov vpliv na okolje. Tudi naša izobraževalna vsebina v aplikaciji CŠOD Misija (Priloga 8) bo doprinesla k zavedanju o pomenu naravnih procesov in ohranjanju potokov v naravnem stanju. Prav izobraževanje o delovanju narave in ukrepih, ki ji vračajo samočistilno sposobnost, je ključ do trajnostnega razvoja in okoljske pravičnosti.

7 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Kot vsaka raziskovalna naloga, ima tudi naša vpliv na družbeno odgovornost. Gre predvsem za opozorilo, da je treba redno spremljati stanje voda in ukrepati tam, kjer so fizikalno-kemijski parametri preseženi. Voda ni samo ključna za človekovo preživetje. S svojimi površinami in spremljajočim rastjem v povirju pomembno prispeva k mikroklimi, zmanjšuje negativne podnebne vplive in povečuje doživljajsko ter rekreativno vrednost prostora. Kljub napredku znanosti in tehnologije je še zmeraj poglavitni vzrok onesnaženja voda neurejena kanalizacija, nesmotrno ravnanje s komunalnimi odpadki, gnojenje kmetijskih površin in dotok odpadnih meteoritnih voda. Za vse to je odgovoren človek. Vsebina raziskovalne naloge dokazuje, da so vode na območju Maribora še zmeraj kemično onesnažene, zlasti z amonijem, nitritom in s fosfatom. Vodam prav tako primanjkuje kisika. Najslabše stanje je na reguliranem Stražunskem potoku.

Analiza različnih virov nam prikazuje, da se s stanjem voda ukvarjajo različne institucije in da se stanje voda postopoma izboljšuje. Tako je tudi (zahvaljujoč prizadevanjem in aktivnostim Delovne skupine krajanov mestnih četrti Radvanje in Nova vas) tik pred realizacijo celostna ureditev Pekrskega potoka. Počasneje se ureja območje Stražunskega gozda, čeprav je za ureditev tega nastalo nekaj konkretnih in zanimivih strokovnih predlogov. Z raznolikimi projekti želi MOM pritegniti različne skupine ljudi, predvsem mlade, da prispevajo svoje ideje k trajnostnim rešitvam za zdravje površinskih voda in predlagajo prilagoditve na podnebne spremembe. Rečemo lahko, da se družba pozitivno odziva na spremembe in postaja trajnostno naravnana.

8 LITERATURA IN VIRI

ARSO. (2022). Pridobljeno 12. 2. 2022 iz

http://gis.arso.gov.si/wfs_web/faces/WFSLayersList.jspx.

Brezigar, A. in Trajanova, M. (1994). *Well log responses in metamorphic rocks near Maribor*.

Geologija, 37(1), 459–481. <https://doi.org/10.5474/geologija.1995.018>.

Dobnikar Tehovnik, M., Gacin, M., Jesenovec, B., Plestenjak, E., Poje, M., Sodja, E., Velikonja, M. in Cvitanič, I. za ARSO (2021, November). *Kemijsko stanje površinskih voda v Sloveniji*. Agencija Republike Slovenije za okolje.

<https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/ARSO/Vode/Stanje-voda/Porocilo-o-kemijskem-stanju-povrsinskih-voda-2020.pdf>.

Gabrijelčič, E., Drivograd Klemenčič, A., Kuhar, U., Remec Rekar, Š., Štrupnikar, N. in Dolinar, N. za ARSO (2020, December). *Ekološko stanje površinskih voda v Sloveniji*. Agencija Republike Slovenije za okolje.

https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/ARSO/Vode/Stanje-voda/Ekolosko-stanje-voda-v-Sloveniji-letno-porocilo-2019_koncno.pdf.

Delovna skupina za Pekrski potok v samoorganiziranih mestnih četrtih Nova vas in Radvanje. (2021). *Pekrski potok*. Pekrski Potok. <https://sites.google.com/view/pekrskipotok>.

DOPPS. (2019, December). *Ekosistemske storitve in lepša prihodnost*. Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije. Pridobljeno 31. 1. 2022 iz

<https://www.ptice.si/publikacije/svet-ptic/spletni-prispevki-revije/012018-2/varstvo-narave/ekosistemske-storitve-in-lepsa-prihodnost/>.

Friš, A. (2007). *Problematika urejanja parkovnega gozda Stražun*. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=129823&lang=slv>.

GeoZS. (2016). Pridobljeno 12. 2. 2022 iz

<https://egeologija.si/geonetwork/srv/slv/catalog.search#/metadata/e9363b4b-4803-449f-bf0f-df76c322cc81>.

GURS. (2014). Pridobljeno 5. 2. 2022 iz <https://egp.gu.gov.si/egp/>.

GURS. (2022). Pridobljeno 12. 2. 2022 iz <https://egp.gu.gov.si/egp/>.

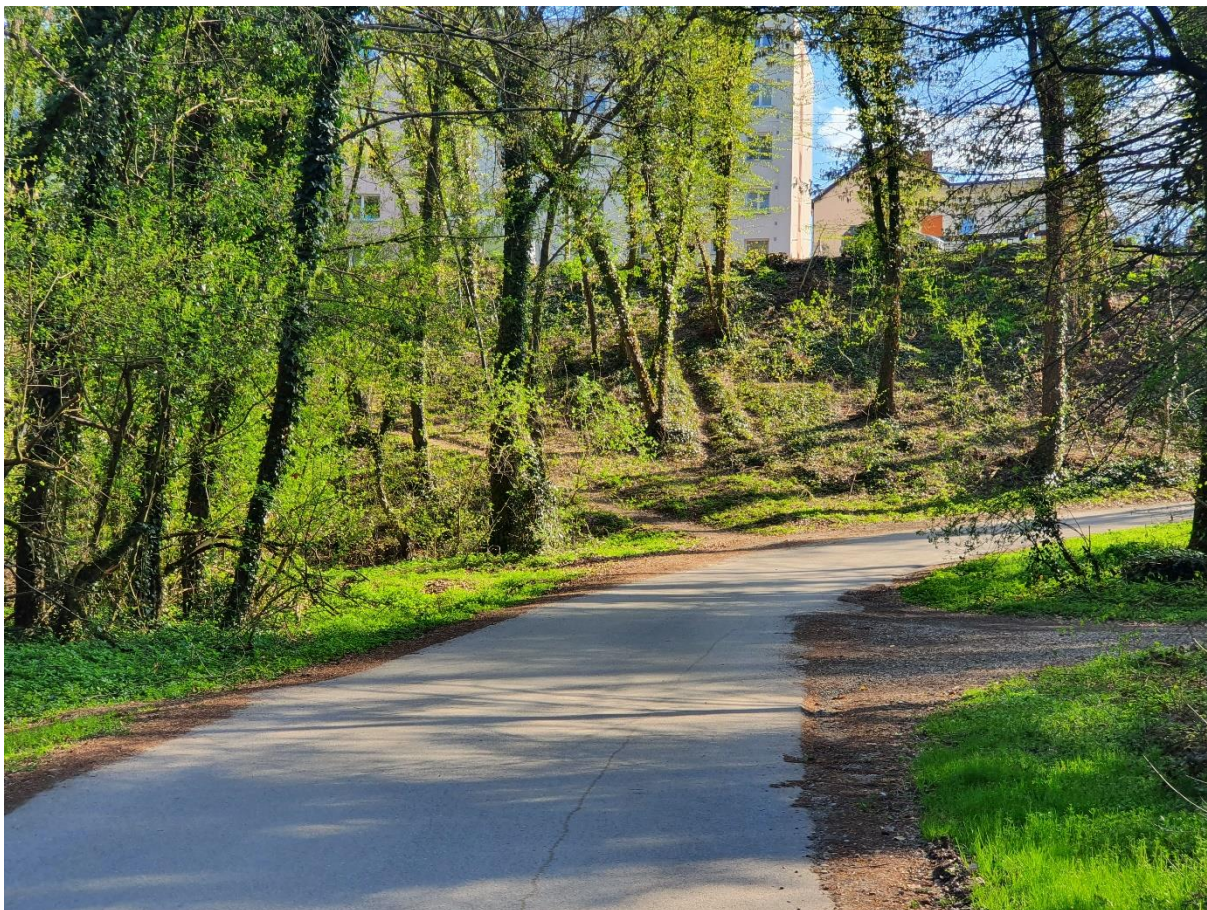
- Klimatski indeksi in padavinski faktorji. (2015). Vse o Geografiji. Pridobljeno 25. 2. 2022 iz <https://vseogeografiji.wordpress.com/2015/04/07/klimatskiinpadavinskifaktorji/%C5%BE>.
- Kranjc, U. (2020). Protipoplavna varnost mesta Maribor. *Slovenski Vodar*, 30, 18–30. <http://www.drustvo-vodarjev.si/wp-content/uploads/slovenski-vodar/SV30.pdf>.
- Križan, J. (2010). *Geografske vsebine za terensko raziskovanje na ekoremediacijskem poligonu v Modražah*. <https://dk.um.si/Dokument.php?id=14315&lang=slv>
- Letnik, V. (2009). *Ekosistemska vloga Treh ribnikov v mestnem parku Maribor*. <https://dk.um.si/Dokument.php?id=11101>.
- Mičić, T. (2006, Oktober). *Matematični model kakovosti treh ribnikov v mariborskem Mestnem parku*. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=84222&lang=slv>.
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. (2022). Pridobljeno 5. 2. 2022 iz <https://rkg.gov.si/vstop/>.
- Ministrstvo za okolje in prostor. (2022). *Stanje površinskih voda*. Portal GOV.SI. Pridobljeno 25. 2. 2022 iz <https://www.gov.si teme/stanje-povrsinskih-voda/>.
- Ministrstvo za okolje in prostor RS. (2020, Avgust). *Pomembne zadeve upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja*. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/NUV/NUV-III/PZUV_2020.pdf.
- NLZOH. (2021). *Stražunski potok na preizkušnji*. <https://www.nlzoh.si/objave/strazunski-potok-na-preizkusnji/>.
- Pravilnik o pitni vodi, (2004). <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713>.
- STAGE. (2022). GIS. <https://gis.stat.si/>.
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav, (2007). <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4442>.
- Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib, (2002). <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED2401>.
- Uredba o stanju površinskih voda, (2009). <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5010>.

- Vovk Korže, A. (2015). *Ekoremediacije vodnih ekosistemov*.
https://issuu.com/koala4queen/docs/ekoremediacija_vodnih_ekosistemov.
- Vrednotenje ekološkega stanja površinskih voda s splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, (2009).
https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/Ekolosko_stanje/vredn_ekoloskega_stanja_splosnimi_fizikalno_kemijskimi_elementi.pdf.
- Vrhovšek, D. in Vovk Korže, A. (2009). *Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov*. Limnos, d. o. o., in Univerza v Mariboru. <http://www.eu-skladi.si/kohezija-do-2013/ostalo/gradiva3/knjiga-erm-vodotoki.pdf>.
- Vrhovšek, D. in Vovk Korže, A. (2008). *Ekoremediacije*. Univerza v Mariboru.
- WorldClim. (2020). Pridobljeno 12. 2. 2022 iz
<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>.
- Združeni narodi. (2014, November 24). *Integrated Water Resources Management (IWRM)*. United Nations. Pridobljeno 5. 2. 2022 iz
<https://www.un.org/waterforlifedecade/iwrm.shtml>.
- Žlebnik, Ljubo (1965). *Hidrogeološki problemi v zvezi z epigenetsko dolino Drave v Mariboru*. *Geologija*, letnik 8. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-ZKO2256Z>.

9 Priloge



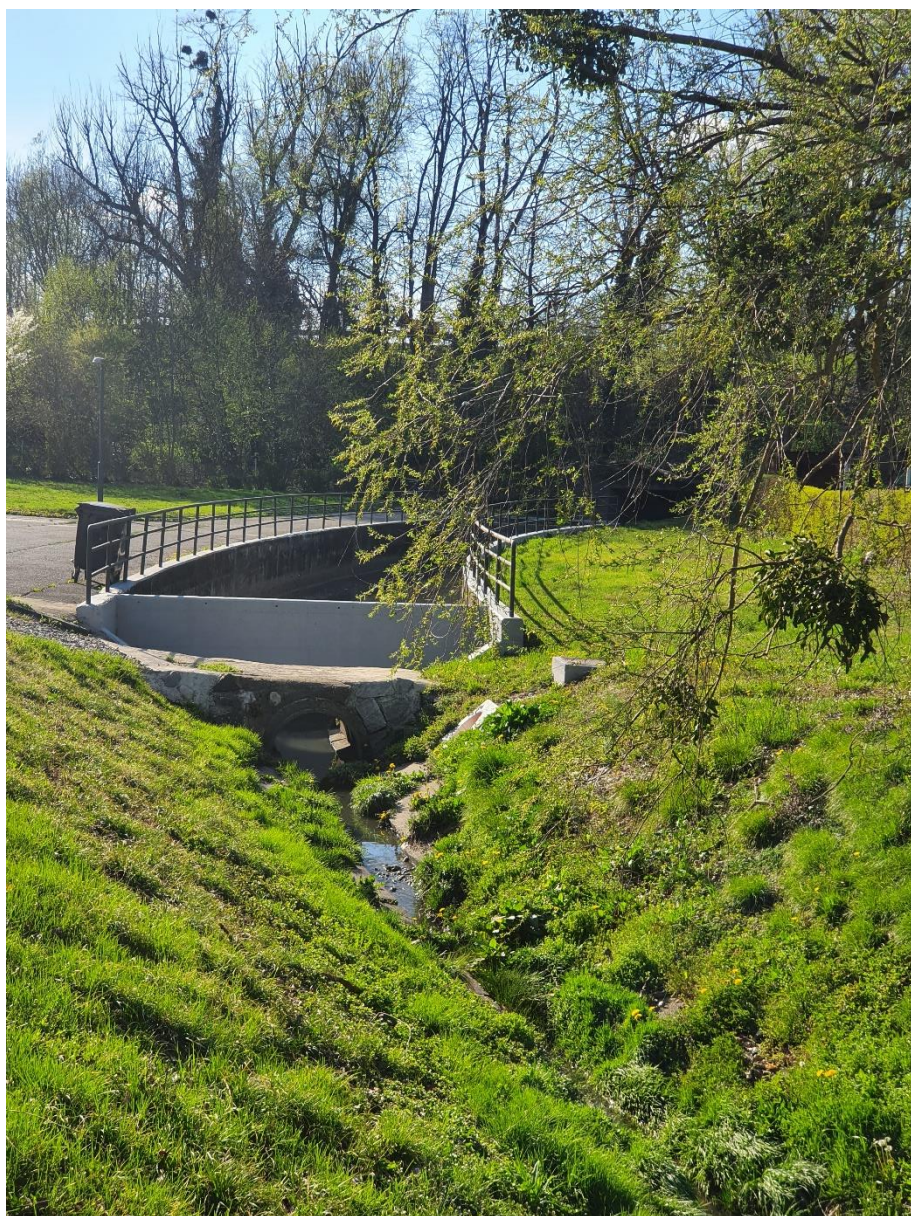
Priloga 1: Sotočje Pekrskega in Radvanjskega potoka (Vir: Urban Županič)



Priloga 2: Dravska terasa na Teznu, na obrobju Stražunskega gozda (Vir: Urban Županič)



Priloga 3: Mlaka pod dravsko teraso v Stražunskem gozdu (Vir: Urban Županič)



Priloga 4: Kolektor Tezno I na Stražunskem potoku pod hitro cesto (Vir: Urban Županič)



Priloga 5: Kanalizacijski iztok s Tezna v Stražunski potok (Vir: Urban Županič)



Priloga 6: Povezovalni kanal med prvim in drugim ribnikom v Mestnem parku (Vir: Urban Županič)



Priloga 7: Japonski paviljon ob prvem ribniku v Mestnem parku (Vir: Urban Županič)



Radvanjski potok

Radvanjski potok izvira na Mariborskem Pohorju na 490 m nadmorske višine. Pri Mariborski vzpenjači preide na ravnino, od koder teče do Spodnjega Radvanja, kjer se po sotočju s Pekrskim potokom izliva v Betnavski ribnik, in se nadalje pojavi kot Novi Hočki potok. V preteklosti sta oba potoka poniknila, ko sta pritekla iz neprepustnih kamnin na ravnino, ki jo sestavlja pretežno prepustni dravski prod. Vznosje Pohorja gradijo predvsem trde silikatne kamnine kot so gnajsi, eklogiti in amfiboliti. Zaradi neprepustnih kamnin je rečna mreža na ravnini, ki pritečejo na ravnino, odlaščajo, kar stvarjajo neprepustne glinaste mase, ki podaljšajo površinski tok potokom, ki ob prehodu na

 PRIJAVA

Priloga 8: Posnetek zaslona aplikacije CŠOD Misija (Vir: Urban Županič)

[Aplikacija CŠOD Misija je dostopna v Google Play Store in v App Store. Do izobraževalne vsebine je mogoče dostopati z naslednjimi koraki:

1. Prijava v aplikacijo
2. Klik na gumb *MISIJA*
3. Klik na gumb *DODAJ MISIJO*
4. Vnos imena misije **Raziskovanje mariborskih voda** v polje *Najdi misijo...*
5. Izbira lokacije na zemljevidu
6. Klik na gumb *PRIJAVA* za reševanje nalog]