

ONESNAŽENOST LJUBLJANICE

EKOLOGIJA Z VARSTVOM OKOLJA
raziskovalna naloga

Avtor: Anže Cencelj

9. RAZRED

Mentor: Rok Godec

APRIL, 2021

OSNOVNA ŠOLA KAŠELJ

KAZALO

1	POVZETEK	1
2	UVOD	2
3	TEORETIČNI DEL.....	3
3. 1	VODA.....	3
3. 2.	PITNA VODA.....	4
3. 3	PORABA VODE V SLOVENIJI.....	4
3. 4	VODNI ODTIS	5
3. 5	ONESNAŽEVANJE VODA.....	6
3. 6	LJUBLJANICA.....	7
3. 7	ODPADNE VODE	9
3. 8	VARČEVANJE Z VODO	10
4	EMPIRIČNO RAZISKOVALNI DEL	12
4. 1	CILJI RAZISKOVALNE NALOGE	12
4. 2	RAZISKOVALNA VPRAŠANJA IN HIPOTEZE.....	12
	RAZISKOVALNA VPRAŠANJA.....	12
	HIPOTEZE	12
4. 3	RAZISKOVALNA METODA	13
	EKSPERIMENTALNI DEL.....	14
	Podatki o količini padavin	14
	1. vaja: OPIS ODVZEMNIH MEST	15
	Tabela 9: Prikaz, kako se z naraščajočo temperaturo topnost plinov zmanjšuje.....	23
	2. vaja: BARVA VODE	23
	3. vaja: TRDOTA VODE	24
	4. vaja: PRISOTNOST AMONIJA V VODI.....	26
	5. vaja: NITRATI	29
	6. vaja: NITRITI.....	32
	7. vaja: KISIK V VODI	33
	8. vaja: ŽELEZO V VODI.....	36
	9. vaja: FOSFATI.....	38
	10. vaja: pH-VODE	41
5	ZAKLJUČEK.....	44
7	VIRI.....	46
7. 1.	PISNI VIRI.....	46

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz molekul vode	3
Slika 2: Prikaz podtalnice	4
Slika 3: Kako lahko zmanjšamo onesnaženje in vodni odtis	6
Slika 4: Reka Ljubljanica	9
Slika 5: Odpadne vode.....	10
Slika 6: Prikaz porabe vode	11
Slika 7: Prikaz puščanja vode.....	11
Slika 8: Kovček za vzorčenje vode	13
Slika 9: Po videzu ne moremo določiti, ali je voda pitna	14
Slika 10: Odvzemno mesto 1	15
Slika 11: Odvzemno mesto 2.....	17
Slika 12: Odvzem vode na Livadi.....	18
Slika 13: Odvzem vode v središču Ljubljane.....	19
Slika 14: Odvzem vode v parku Muste – Fužine	20
Slika 15: Območje šestega odvzemnega mesta.....	21
Slika 16: Barvna skala za določevanje barve vode	23
Slika 17: Rezultati analize trdote vode.	26
Slika 18: Posledica trde vode na električnih grelcih vode	26
Slika 19: Analiza v vzorcu	28
Slika 20: Rezultati analize koncentracije amonija v različnih vzorcih vode.	29
Slika 21: Rezultati analize koncentracije nitratov v različnih vzorcih vode.	31
Slika 22: Rezultati analize koncentracije nitritov v različnih vzorcih vode.	33
Slika 23: Rezultati analize koncentracije kisika v različnih vzorcih vode.	35
Slika 24: Reagenti in merilna skala za določanje vsebnosti kisika v vodi.....	36
Slika 25: Koncentracija železa pri analizi v različnih vzorcih vode.	38
Slika 26: Ekološki pralni prašek brez fosfatov.....	39
Slika 27: Rezultati analize koncentracije fosfatov v različnih vzorcih vode.	40
Slika 28: pH vrednosti pri analizi v različnih vzorcih vode.....	42
Slika 29: Naprava s katero lahko natančno določimo pH vrednost	42
Slika 30: pH lestvica - podrobna.....	43

KAZALO TABEL

Tabela 1: Količina vode v litrih, ki se porabi pri različnih opravilih	5
Tabela 2: Količina padavin na dan meritev in pred meritvami	14
Tabela 3: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 1	15
Tabela 4: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 2.....	16

Tabela 5: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 3.....	17
Tabela 6: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 4.....	19
Tabela 7: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 5.....	20
Tabela 8: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 6.....	21
Tabela 9: Prikaz, kako se z naraščajočo temperaturo topnost plinov zmanjšuje.	23
Tabela 10: Trdota vode.....	25
Tabela 11: Amonij v vodi	28
Tabela 12: Nitrati v vodi	30
Tabela 13: Nitriti v vodi	32
Tabela 14: Kisik v vodi	34
Tabela 15: Koncentracija kisika v vodi	35
Tabela 16: Železo v vodi	37
Tabela 17: Mejne vrednosti fosfatov	39
Tabela 18: Fosfati v vodi	40
Tabela 19: pH vode	41

KAZALO KART

Karta 1: Ugotovljene povezave sledenj v JZ Sloveniji	8
Karta 2: Območje prvega odvzemnega mesta.....	15
Karta 3: Območje drugega odvzemnega mesta	16
Karta 4: Območje tretjega odvzemnega mesta.....	18
Karta 5: Območje četrtega odvzemnega mesta	19
Karta 6: Območje petega odvzemnega mesta.....	20

1 POVZETEK

Dandanes o vodi govorimo zelo veliko, pa ne samo prebivalci ampak tudi mediji in svetovne organizacije, ki ugotavljajo, da je onesnaženja vse več in se ta ne ustavlja. V šoli se pri raznih dejavnostih in pri pouku učimo o onesnaževanju vode, vodnem odtisu, pitni in onesnaženi vodi ter kako lahko sami pripomoremo k čistoči le te. Zato sem si izbral to tematiko za svojo raziskovalno nalogo. Naloga predvsem preučuje, kakšna je kakovost vode v reki Ljubljanici, ki teče skozi glavno mesto Slovenije. Najbolj me je zanimalo, koliko bolj je voda onesnažena, ko priteče iz strogega središča Ljubljane. Zato sem se odločil, da bom poleg ostalih vzorcev vzel tudi dva vzorca, ki bosta na lokacijah pred in po strogem središču, da ju bom lahko primerjal. V Sloveniji imamo še to možnost, da nam je pitna voda dostopna praktično kjer koli, pa naj bo to doma, ko priteče iz pipe, v šoli, na avtobusni postaji, v hotelu, trgovini ... To se mi zdi zelo pomembno, saj večina prebivalcev sveta tega nima.

Ključne besede: Ljubljanica, analiza vzorcev vod, glavno mesto, kakovost vode.

2 UVOD

Najprej sem z branjem različne literature raziskoval Ljubljano, potem sem določil kraje odvzema voda, opravil terensko delo in kemijsko analizo vzorcev.

Verjetno vsi vemo, da je voda tekočina, brez katere ni življenja. Ne za ljudi ne za živali in tudi ostale organizme na svetu. Skozi leta smo v veliki meri pozabili, da smo v bistvu vsi odgovorni za kakovost pitne vode in za ohranjanje čistoče vodnih virov. Posledice nezavedanja in prelaganja krivde za posledice pa so položaj še bistveno poslabšale. V veliki meri je treba tukaj omeniti tovarne, ki so s svojo neodgovornostjo spuščale kemikalije v vodne vire in tako uničevale tamkajšnji ekosistem. Tovarne ne naredijo vedno škode s tem, da spuščajo nepravilno očiščene odplake v reko, ampak tako da vode po tehnoloških procesih ne ohladijo dovolj in s tem uničijo tamkajšnje živali. Problem pa so tudi kmetje, ki pri gnojenju velikokrat sploh ne preberejo navodil za uporabo. Ne vedo, ali je potrebno gnojilo uporabiti kot razredčeno snov ali koncentrat¹. Če se za trenutek ozremo na potoček, ki teče ob naši poti, lahko predvidevamo, ali je onesnažen ali je čist. Seveda tega ne moremo natančno določiti s prostim očesom. Ljudje vedo, kako pomembna je voda za nas in za naše okolje? Razumevanje problemov v okolju in občutljivost mladih nanje lahko povečamo le tako, da povezujemo družboslovna in naravoslovna spoznanja. Temeljna načela pri uresničevanju trajnostnega razvoja so informiranje, ozaveščanje in izobraževanje, ki omogočajo, da mlajše generacije ozavestimo, kako pomembno je ohranjati naravo. Ta proces je dolgotrajen. Cilji vzgoje za okolje morajo temeljiti na spoznavni, čustveni in akcijski ravni. S tem bomo lahko omogočili, da bi voda, za katero je v današnjem času običajno, da priteče čista iz pipe, še dolgo ostala taka.

V teoretičnem delu sem predstavil, kaj sploh voda je, kaj jo sestavlja in njene lastnosti v različnih agregatnih stanjih. Prikazal sem tudi, kaj je pomembno za pitno vodo in kaj v veliki večini vsebuje odpadna oz. onesnažena voda. Opisal sem, kje v Sloveniji porabimo največ vode, in zakaj je pomembno, da z njo ravnamo gospodarno. Najprej sem začel s prebiranjem literature o reki in njenem izvoru oz. izviri, kasneje pa sem se odpravil na teren, kjer sem si podrobno ogledal okolico odzemnih mest in iz reke odvzel vzorčno vodo. Le to sem pozneje s pomočjo kovčka za analizo vode analiziral

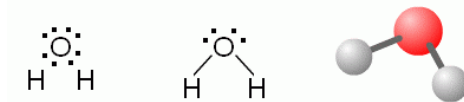
¹ www.program-podezelja.si

in dobil rezultate. Pri opisu odzemnih mest pa sem priložil še satelitsko sliko za lažjo predstavo in prikaz širše okolice s ptičje perspektive.

3 TEORETIČNI DEL

3.1 VODA

Voda (H_2O) je spojina. Sestavljena iz dveh atomov vodika (H) in enega atoma kisika (O). Trije atomi skupaj tvorijo molekulo vode, H_2O , ki jo s formulo poimenujemo divodikov monoksid. Oba vodikova atoma sta s kovalentno vezjo povezana s kisikom. Vodikove vezi so v primerjavi z vezjo med vodikom in kisikom v posamezni vodni molekuli šibke, a so tudi vzrok za številne posebnosti vode. Brez vodikovih vezi med molekulami življenja, kot ga poznamo danes, ne bi bilo².



Slika 1: Prikaz molekul vode³

Voda ima pri običajnih pogojih (20 °C) gostoto 1,000 kg/L ter največjo gostoto pri 4 °C. Tekoča voda ima za 4 % večjo gostoto od ledu in ima zaradi vodikove vezi razmeroma visoko vrelišče v primerjavi s sorodnimi snovmi⁴.

Voda je življenjsko pomembna spojina, osnovni gradnik živih bitij. V našem telesu je vode med 70 in 85 % celotne mase telesa. V podobno visokem deležu je zaznamovana tudi v drugih živalskih in rastlinskih organizmih. V celici ima voda veliko različnih vlog, prav tako vpliva na strukturo in lastnosti vseh bioloških molekul:

- kot reaktant ali kot produkt,
- kot transportno sredstvo, npr. za hormone, hranilne snovi, kisik,
- kot temperaturni in pH regulator,
- kot snov, ki absorbira velike količine energije v obliki toplote (visoka, specifična toplotna kapaciteta),
- kot življenjsko okolje,
- kot topilo za polarne topljence⁵.

² <http://www.primavoda.si/vse-o-vodi/struktura-vode>

³ <https://eucbeniki.sio.si/kemija8/941/h2o.gif>

⁴ http://projlab.fmf.uni-lj.si/arhiv/2010_11/naloge/izdelki/anomalija/teorija.html

⁵ <https://www.rvk.si/si/voda/voda-je-zivljenje/clovesko-telo-in-voda>, 24. 2. 2021

3. 2. PITNA VODA

V Sloveniji je skoraj 93 % prebivalcev vključenih v oskrbo s pitno vodo, za katero so znani podatki o njeni kakovosti. Kakovost je močno odvisna od velikosti oskrbovalnega območja oziroma vodovoda in okoliških pokrajin in zemljišč. Veliki in srednji vodovodi imajo praviloma kakovostno pitno vodo in ustrezno strokovno upravljanje. Mikrobiološka, zlasti fekalna onesnaženost je najbolj problematična pri malih vodovodih, še posebej pri najmanjših, ki oskrbujejo od 50 do 500 ljudi, saj vzorčenje tam poteka manjkrat kot pa na večjih črpališčih. Na nekaterih območjih Slovenije so zaradi kmetijstva in industrije v pitni vodi nekoliko presežene koncentracije nitratov in pesticidov⁶.



Slika 2: Prikaz podtalnice⁷

3. 3 PORABA VODE V SLOVENIJI

V Sloveniji je skupno okoli 30.210 kilometrov vodotokov, kar pomeni, da je Slovenija bogata z vodo glede na svoje potrebe. Iz podtalnice in izvirov podzemnih voda se oskrbuje kar 97 % vseh porabnikov, 3 % pa iz zajetij rečnih površinskih voda. Primerjal sem porabo vode med letoma 2016 in 2019. Število prebivalcev v Sloveniji se trenutno povečuje, širita se industrijska in obrtna dejavnost, ljudje ostajamo več časa doma. Še vedno pa veliko vode uporabimo za namakanje njiv, sadovnjakov in rastlinjakov zaradi vpliva letnih časov oziroma podnebja. Raziskovalci so mnenja, da le dobra polovica izčrpane vode pride do naših pip, v vodovodnem omrežju pa se izgubi tudi do 27 % načrpane vode. Po podatkih iz Statističnega urada republike Slovenije se največ vode v gospodinjstvih porabi za osebno higieno. Sem spada tuširanje prhanje oz. kopanje, umivanje zob pri odprti pipi itd. Vsak dan odrasel človek porabi za vse svoje potrebe

⁶ NIJZ, 2020

⁷ <http://www.primavoda.si/voda-v-ljubljani/stanje-vode-v-ljubljani>

kar 175 l čiste vode. Za pitje porabimo le majhen delež pitne vode. V letu 2019 smo na prebivalca v javnih vodovodnih sistemih načrpali kar 82 m³⁸.

NAMEN UPORABE:	KOLIČINA VODE (l)
Pitje in kuhanje	9
Telesna nega	13
Kopanje in prhanje	70
Pranje perila	19
Pomivanje posode	11
Izplakovanje straniščne školjke	43
Čiščenje stanovanja	9
Drugo (vrt, avto)	14
SKUPAJ	188

Tabela 1: Količina vode v litrih, ki se porabi pri različnih opravilih⁹

Moje mnenje pa je, da bodo podatki o porabi v gospodinjstvih za leto 2020 bistveno večji, saj je epidemija novega korona virusa privedla do šolanja in dela od doma, kar pomeni da je več ljudi ostalo doma. Tako, da so se potrebe po uporabi vode povečale.

3. 4 VODNI ODTIS

Vodni odtis je kazalnik uporabe vode, ki upošteva neposredno in tudi posredno količino vode, ki jo porabita posameznik ali podjetje. Vodni odtis posameznika, skupnosti ali podjetja je definiran kot celotna količina sladke vode, ki je uporabljena za proizvodnjo proizvodov in storitev, ki jih porabi posameznik, skupnost ali podjetje.

Tako, na primer za proizvodnjo ene skodelice kave porabimo 132 litrov, za eno bombažno majico 2.700 litrov, za en kilogram riža 3.000 litrov, za en kilogram svinjine 4.800 litrov, za en kilogram govedine kar 15.500 litrov, za izdelavo enega avtomobila 380.000 litrov vode. Vodni odtis, in sicer na reko Ljubljanico, pa je pomemben tudi v moji nalogi, saj večji, kot je vodni odtis oziroma poraba vode, večje onesnaženje lahko pričakujemo. Veliko prednost pa predstavljajo novejša in tehnološko dovršena čistilna naprava¹⁰.

⁸ <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/si/Data/-/H002S.px/table>

⁹ <https://www.nijz.si/sl/podrocja-dela/moje-okolje/pitna-voda>

¹⁰ <https://izobrazevanje.lutra.si/Vodni-odtis.html>



Slika 3: Kako lahko zmanjšamo onesnaženje in vodni odtis¹¹

3. 5 ONESNAŽEVANJE VODA

K onesnaženosti vode uvrščamo spojine, bolj ali manj topne soli težkih kovin (kadmij, živo srebro, svinec), pesticide, odpadke, nafto, nitrate, fosfate, škropiva in gnojevko. K največjim onesnaževalcem štejemo:

- **INDUSTRIJO** – onesnažuje zrak, tekoče in stoječe vode ter podtalnico z izpusti strupenih plinov, z odplakami, ki vsebujejo veliko težkih kovin in sintetičnih organskih spojin, in s segrevanjem rek in morij, kar je posledica uporabe vode za hlajenje energetskih objektov (termoelektrarne in nuklearna),
- **KMETIJSTVO** – onesnažuje vodo z gnojili, pesticidi in gnojevko,
- **ODPADKE** – neurejena odlagališča, strupeni odpadki uničujejo podtalnico in s tem onesnažujejo našo pitno vodo,
- **KANALIZACIJO** – vodo onesnažuje zaradi dotrajanosti in slabega tesnjenja¹².

¹¹ <https://www.infrastruktura-bled.si/sl/Dejavnosti/Vodovod/svetovni-dan-voda>

¹² <https://liveforheartwarming.com/blog/tezke-kovine-v-okolju-in-njihov-vpliv-na-zdravje-ljudi/>

3. 6 LJUBLJANICA

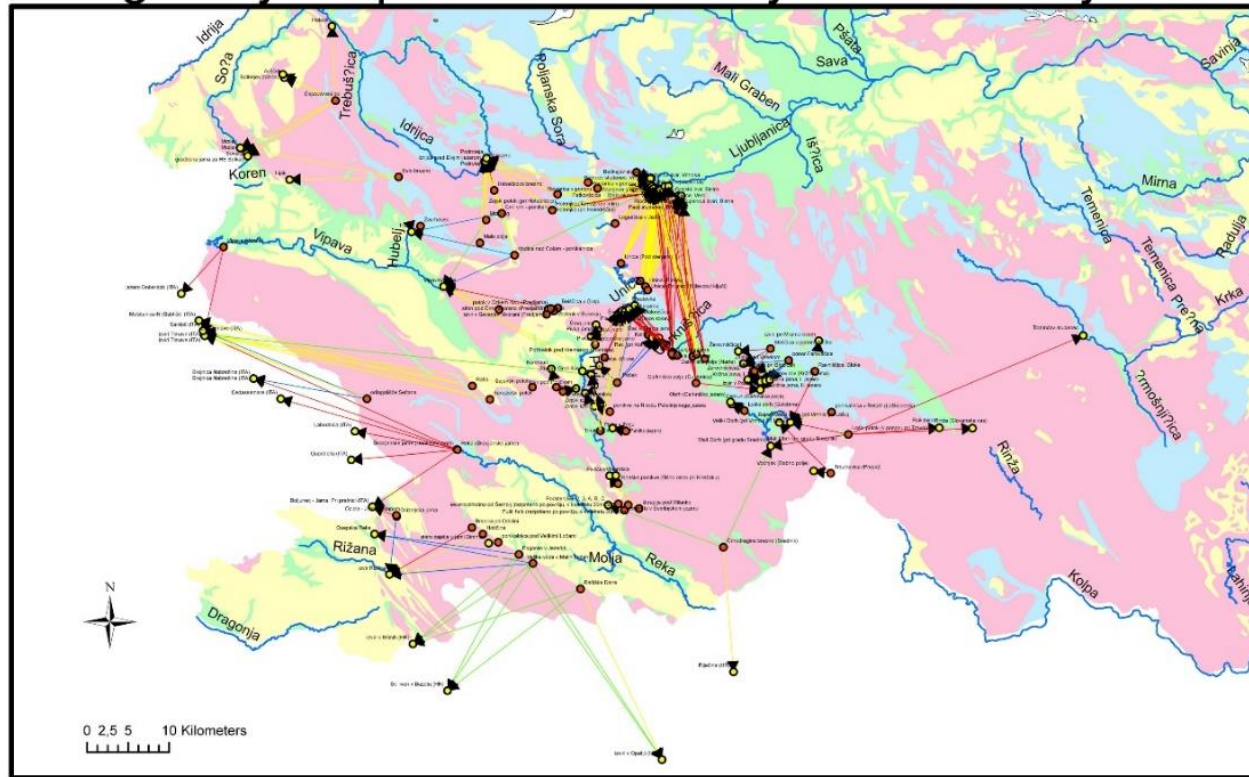
Reka Ljubljanica je reka s kraškimi izviri, njeno porečje se razteza na 1884 km², kar predstavlja skoraj 1/10 ozemlja Slovenije. Kraško porečje Ljubljanice spada v donavsko vodno območje. Prvi izvir je zaznan pri Prezidu na Hrvaškem, šele od Vrhniko naprej se imenuje Ljubljanica in teče po Ljubljanskem barju in skozi glavno mesto Slovenije. Njena pot je dolga 41 km¹³.

Na Ljubljanskem barju reka poplavlja vsako leto, nekoč pa so bile poplave pogoste tudi v Ljubljani. Zato so konec 18. stoletja v Ljubljani izkopali Gruberjev prekop in od tedaj Ljubljanica skozi mesto teče po dveh strugah. Pozneje so v mestnem središču poglobili rečno dno in utrdili bregove, tako da je nastalo nekakšno betonsko korito. S tem se je gladina Ljubljanice znižala za skoraj štiri metre. Nabrežje s Tromostovjem, Ljubljansko tržnico in tudi zapornice, s katerimi uravnava vodostaj reke, je uredil arhitekt Jože Plečnik¹⁴.

¹³ http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanicaconnects/slo/06_ljubljanica/default.htm

¹⁴ http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanicaconnects/slo/06_ljubljanica/default.htm

Ugotovljene povezave sledenj v JZ Sloveniji



Legenda	
● mesto injiciranja	■ kraški vodonosnik
○ odvzem vzorcev	■ razpoklinski vodonosnik
▶ povezave pred letom 1975	■ medzrnski vodonosnik
▶ glavne povezave (po letu 1975)	■ zelo slabo prepustne kamnine
▶ stranske povezave (po letu 1975)	□ slabo prepustne kamnine
▶ nezanesljive povezave (po letu 1975)	— reka
● Vertikalna povezava	

Vir: Inštitut za raziskovanje Krasa
Kartografija: R. Godec

Karta 1: Ugotovljene povezave sledenj v JZ Sloveniji¹⁵

¹⁵ arhiv R. Godca



Slika 4: Reka Ljubljanica¹⁶

3. 7 ODPADNE VODE

Kanalizacijski sistem je sestavni del komunalne infrastrukture, ki pomembno zmanjšuje vplive človeka na okolje, vpliva na varnost bivalnega prostora in zmanjšuje tveganja, ki bi lahko ogrozila naše zdravje. Gre za omrežje kanalskih vodov, kanalov in jarkov ter z njimi povezanih naprav, s pomočjo katerih se zagotavlja odvajanje odpadnih voda iz stavb.

Odpadne vode odvedemo po kanalizacijskem omrežju v skladu s predpisi, tako da v kar najmanjši meri vplivamo na okolje in bivanje v naseljih. Pred vrnitvijo odpadnih voda nazaj v okolje jih ustrezno očistimo v komunalni čistilni napravi. Krogotok vode, ki smo ga prekinili z njenim odvzemom iz naravnega okolja, se tako nadaljuje. Odvajanje odpadnih voda bo celovito urejeno šele takrat, ko bodo vse odpadne vode pred izpustom v okolje očiščene. Obenem pa moramo poskrbeti tudi za okolju prijazno ravnanje z blatom, ki je ostanek čiščenja odpadnih voda¹⁷.

¹⁶ <https://www.ap-ljubljana.si/trgovina/vstopnice/ljubljana/voznja-po-ljubljani-barka-ljubljana/>

¹⁷ <https://www.komunala-radovljica.si/storitve/odpadne-vode/17>



Slika 5: Odpadne vode¹⁸

3. 8 VARČEVANJE Z VODO

Vsi se moramo zavedati, da čisti vodni viri niso neusahljivi. Zato moramo imeti odgovoren in varčen odnos do vode. Z zmanjšanjem porabe vode posredno zmanjšujemo tudi porabo električne energije, prispevamo k ohranjanju okolja in omilitvi podnebnih sprememb. Za varčevanje je potrebna sprememba vsakdanjega vedenja in pristopa do gospodinjstev. Vedeti pa moramo, da več kot bomo porabili pitne vode, večji bo delež odpadne in onesnažene vode, ki je lahko okolju nevarna¹⁹.

¹⁸ <https://www.komunala-radovljica.si/storitve/odvajanje-odpadnih-voda/18>

¹⁹ <https://www.jkp-log.si/aktualno/novice/75-kako-varcevati-z-vodo.html%20/3>



Slika 6: Prikaz porabe vode²⁰



Slika 7: Prikaz puščanja vode²¹

²⁰ <https://sl.cathedralcollege.org/detectar-fugas-de-agua-14603>

²¹ <http://www.primavoda.si/poraba-vode/nasveti-za-varcevanje>

4 EMPIRIČNO RAZISKOVALNI DEL

4.1 CILJI RAZISKOVALNE NALOGE

Moji cilji so:

- pregledati literaturo, ki predstavlja Ljubljano in onesnaževanje voda,
- z eksperimentalno metodo zbrati podatke o koncentraciji posameznih ionov v določenih delih reke,
- dopolniti ter poglobiti znanje o onesnaževanju rečnih voda ter varovanju.

4.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA IN HIPOTEZE

Na začetku raziskovalne naloge sem si zastavil naslednja vprašanja, ki sem jih pozneje raziskal in jih statistično ali eksperimentalno preveril.

RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

1. Ali je voda v Ljubljani bolj onesnažena, ko priteče iz mestnega središča, ali se vrednosti ne spremenijo kaj dosti?
2. Ali je voda pri izviru bolj čista kot v urbanem okolju?
3. Kaj najbolj onesnažuje reko Ljubljano in kje?

HIPOTEZE

H1: Pri vzorcih, ki so bili odvzeti ob obdelovalnih površinah (Livada in Podpeč) so največje koncentracije nitratov in amonijaka.

H2: Voda je na območju izvira čistejša kot v urbanem območju.

H3: Del reke, ki je bil bolj izpostavljen prometni infrastrukturi in gostemu naselju, je bolj onesnažen.

4. 3 RAZISKOVALNA METODA

Za preverjanje zastavljenih hipotez sem uporabljal eksperimentalni pristop, ki je bil razdeljen na dva dela. Prvi del sem opravljal na terenu, kjer sem odzemał vzorce vode in ugotavljal, kakšna je okolica odvzemnega mesta (odpadki, dno struge, bližina proizvodnih obratov itd.). Drugi del je obsegal analizo vzorcev. Zaradi večje natančnosti sem analizo prisotnosti kisika v vodi opravil kar na terenu. Do krajev, kjer sem odzemał vzorce, sem prišel z avtom in peš. Vzorčenje je potekalo na šestih vzorčnih mestih, ki sem jih prej določil s pomočjo zemljevida. Upošteval sem kriterij, da so mesta vzorčenja med seboj približno enako oddaljena. Vzorce sem zajel ter shranil v plastične pollitrške plastenke. Pred vzorčenjem sem steklenice temeljito spral z vzorčno vodo. Temperaturo vode sem izmeril pri vsakem odvzemnem mestu posebej, saj vem, da temperatura vpliva na prisotnost kisika v vodi. Poleg kisika, pa sem v vodi meril še vsebnost amonija, nitratov, nitritov in fosfatov ter pH vrednost in trdoto vode.



Slika 8: Kovček za vzorčenje vode²²

²² <https://www.ucila.eu/izdelek/kovcek-za-analizo-vode/>



Slika 9: Po videzu ne moremo določiti, ali je voda pitna²³

EKSPERIMENTALNI DEL

Podatki o količini padavin

Pregledal sem podatke o količini padavin za dneve jemanja vzorcev in za čas pred jemanjem vzorcev, saj padavine lahko povzročijo izpiranje snovi iz okolja v vodo, kar lahko vpliva na rezultate analize. Podatke sem vzel za 4 vremenske postaje, saj ima Ljubljana kraško zaledje in se napaja tudi s padavinami zahodno od Ljubljanske kotline. Zajel sem tudi podatke zadnjih 3 in 7 dni pred jemanjem meritev, saj vode iz zaledja potrebujejo nekaj dni, da podzemno pridejo do izvirov Ljubljance.

	Ljubljana Bežigrad	Vrhnika	Cerknica	Samotorica
21. 12. 2020	1,4 mm	0,9 mm	0 mm	0,9 mm
21. 12. 2020 – 3 dni	1,5 mm	1,5 mm	0 mm	1,4 mm
21. 12. 2020 – 7 dni	1,5 mm	1,6 mm	0 mm	1,8 mm
5. 1. 2021	2 mm	2 mm	2,7 mm	1,3 mm
5. 1. 2021 – 3 dni	35,3 mm	35 mm	33,4 mm	33,5 mm
5. 1. 2021 – 7 dni	85 mm	91,7 mm	81,2 mm	78,1 mm
24. 1. 2021	15,7 mm	10,4 mm	9 mm	14,9 mm
24. 1. 2021 – 3 dni	39,5 mm	41,8 mm	31 mm	60,9 mm
24. 1. 2021 – 7 dni	40,3 mm	44 mm	31,6 mm	62,2 mm

Tabela 2: Količina padavin na dan meritev in pred meritvami²⁴

²³ <https://deloindom.delo.si/skrbno-z-vodo/kakovost-voda-v-sloveniji>

²⁴ <http://meteo.arso.gov.si/>

1. vaja: OPIS ODVZEMNIH MEST

Opis prvega odvzemnega mesta

- **Kraj odvzema:** Vrhnika – Močilnik (izvir)
- **Opis odvzemnega mesta:** ob gozdni cesti, v bližini izvira, dovoz za gozdarje, bližina bivšega gostinskega obrata, bližina kmetijskih obdelovalnih površin.
- **Opis (gibanje vode, barva, plavajoči delci, globina vode na odvzemnem mestu, opis dna, opis vidnega živalstva):** tekoča; brezbarvna; dno: mivka, kamni (organski, anorganski odpadki); delci: listje, vejice, zemlja.

Dan in ura	Vreme	Temperatura zraka	Temperatura vode
21. 12. 2020 / 11.40	delno oblačno	10 °C	7,5 °C
5. 1. 2021 / 14.45	oblačno	6 °C	5 °C
24. 1. 2021 / 12.43	deževno	4 °C	3 °C

Tabela 3: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 1



Karta 2: Območje prvega odvzemnega mesta²⁵



Slika 10: Odvzemno mesto 1²⁶

²⁵ <https://gis.iobcina.si/>

²⁶ Foto: Anže Cencelj, 2021

Opis drugega odvzemnega mesta

- **Kraj odvzema:** Podpeč
- **Opis odvzemnega mesta:** ob vrtičkarskih hišicah, blizu ceste, pod mostom, ob strnjem naselju, bližina kmetijskih obdelovalnih površin.
- **Opis (gibanje vode, barva, plavajoči delci, globina vode na odvzemnem mestu, opis dna, opis vidnega živalstva):** tekoča voda; bistra, brezbarvna; dno: kamni, delci: listje, vejice.

Dan in ura	Vreme	Temperatura zraka	Temperatura vode
21. 12. 2020 / 12.05	delno oblačno	9 °C	8 °C
5. 1. 2021 / 15.20	oblačno	7 °C	6 °C
24. 1. 2021 / 13.09	deževno	3 °C	3 °C

Tabela 4: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 2



Karta 3: Območje drugega odvzemnega mesta²⁷

²⁷ <https://gis.iobcina.si/>



Slika 11: Odvzemno mesto 2²⁸

Opis tretjega opazovalnega mesta

- **Kraj odvzema:** Livada
- **Opis odveznega mesta:** majhno naselje ob travniku, blizu ceste, bližina gostinskega obrata in parkirišča avtomobov, bližina kmetijskih obdelovalnih površin.
- **Opis (gibanje vode, barva, plavajoči delci, globina vode na odveznem mestu, opis dna, opis vidnega živalstva):** tekoča voda; bistra, brezbarvna; dno: mivka, kamni (organski in anorganski odpadki), delci: listje, vejice, kamenčki.

Dan in ura	Vreme	Temperatura zraka	Temperatura vode
21. 12. 2020 / 12.15	delno oblačno	9 °C	8 °C
5. 1. 2021 / 15.20	oblačno	6 °C	7 °C
24. 1. 2021 / 13.22	deževno	4 °C	4 °C

Tabela 5: Razmere ob jemanju vzorcev na odveznem mestu 3

²⁸ Foto: Anže Cencelj, 2021



Slika 12: Odvzem vode na Livadi²⁹



Karta 4: Območje tretjega odvzemnega mesta³⁰

Opis četrtega opazovalnega mesta

- **Kraj odvzema:** Ljubljana – središče mesta
- **Opis odvzemnega mesta:** privez za turistično ladjico, blizu ceste, gostinskih lokalov in parkirišč.
- **Opis (gibanje vode, barva, plavajoči delci, globina vode na odvzemnem mestu, opis dna, opis vidnega živalstva):** tekoča voda; bistra, zelenorjava; dno: mivka, blato, kamni (organski in anorganski odpadki), delci: listje, vejice.

²⁹ Foto: Anže Cencelj, 2021

³⁰ <https://gis.iobcina.si/>

Dan in ura	Vreme	Temperatura zraka	Temperatura vode
21. 12. 2020 / 12.40	delno oblačno	9 °C	9 °C
5. 1. 2021 / 15.34	oblačno	6 °C	6 °C
24. 1. 2021 / 13.44	deževno	4 °C	3 °C

Tabela 6: Razmere ob jemanju vzorcev na odvzemnem mestu 4



Slika 13: Odvzem vode v središču Ljubljane³¹



Karta 5: Območje četrtega odvzemnega mesta³²

³¹ Foto: Anže Cencelj, 2021

³² <https://gis.iobcina.si/>

Opis petega opazovalnega mesta

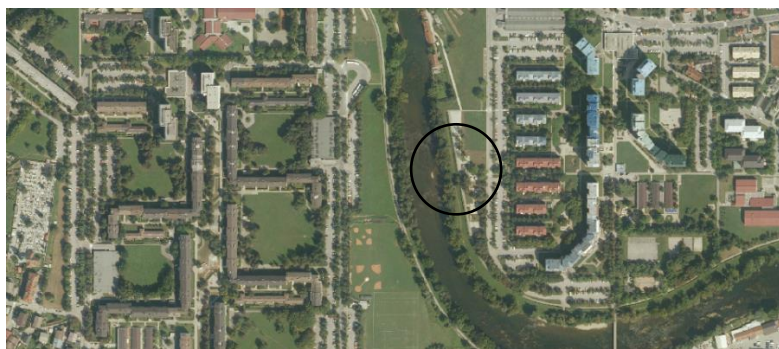
- **Kraj odvzema:** Fužine – park Muste
- **Opis odzemnega mesta:** ob cesti, mestni park, otroško igrišče, bližina stanovanjskih sosesk, mestna »plaža«.
- **Opis (gibanje vode, barva, plavajoči delci, globina vode na odzemnem mestu, opis dna, opis vidnega živalstva):** tekoča voda; malo motna, dno: mivka, blato, kamni, rastline, smeti (organski in anorganski odpadki), delci: listje, vejice.

Dan in ura	Vreme	Temperatura zraka	Temperatura vode
21. 12. 2020 / 12.55	delno oblačno	9 °C	9 °C
5. 1. 2021 / 15.47	oblačno	6 °C	6 °C
24. 1. 2021 / 13.07	deževno	4 °C	3 °C

Tabela 7: Razmere ob jemanju vzorcev na odzemnem mestu 5



Slika 14: Odvzem vode v parku Muste – Fužine³³



Karta 6: Območje petega odzemnega mesta³⁴

³³ Foto: Anže Cencelj, 2021

³⁴ <https://gis.iobcina.si/>

Opis šestega opazovalnega mesta

- **Kraj odvzema:** Zalog – sotočje Save in Ljubljance
- **Opis odzemnega mesta:** ob cesti, zaraščeno območje, vidni anorganski in organski odpadki (plastika in papir), bližina kmetijskih obdelovalnih površin.
- **Opis (gibanje vode, barva, plavajoči delci, globina vode na odzemnem mestu, opis dna, opis vidnega živalstva):** tekoča voda; malo motna, dno: mivka, blato, kamni, rastline, smeti (organski in anorganski odpadki), delci: listje, vejice.

Dan in ura	Vreme	Temperatura zraka	Temperatura vode
21. 12. 2020 / 13.20	delno oblačno	9 °C	8 °C
5. 1. 2021 / 16.10	oblačno	5 °C	6 °C
24. 1. 2021 / 13.25	deževno	5 °C	4 °C

Tabela 8: Razmere ob jemanju vzorcev na odzemnem mestu 6



Slika 15: Območje šestega odzemnega mesta³⁵

³⁵ <https://gis.iobcina.si/>

Razlaga:

Voda, ki priteka iz zemeljske notranjosti, ima drugačno temperaturo kot površinske tekoče vode. Za pitno vodo navadno velja, da ima od 8 °C do 12 °C, mora biti bistra, brez vonja in strupenih snovi ter povzročiteljev bolezni, ampak po samem videzu tega ne moremo določiti, zato je potrebna strokovna analiza v laboratorijih.

Temperatura vode je odvisna od količine sončne energije (prisojna ali osojna stran), ki jo absorbirajo voda, prst v okolici in zrak ter kakšna tovarna oziroma industrija, ki v bližini svojo odpadno vodo spušča v vodotok. Močnejše sončno ogrevanje povzroča višjo temperaturo vode. Voda, ki izhlapeva s površine, lahko zniža temperaturo vode, a le v tankem sloju na površini. Temperatura vode je lahko različna zaradi zemljepisne širine, nadmorske višine, ure v dnevu, letnih časov, globine vode in prisojne in osojne strani, bližine naselij in kot že prej rečeno industrije³⁶.

Temperatura vode je pomembna, ker ima pomembno vlogo pri kemijskih, bioloških in fizikalnih interakcijah v vodnem telesu. Na primer: z zvišanjem temperature vode se zmanjša njena viskoznost, poveča se izparevanje in zato se suspendirane snovi lažje in hitreje usedajo, obenem pa se zmanjša vsebnost kisika, ki je lahko smrtna za nekatere občutljive vodne organizme. Zgodilo se je že, da je zaradi povišanja temperature vode izumrla kakšna vrsta vodne živali. Temperatura vode določa, katere rastline in živali so lahko prisotne, saj imajo vse vrste omejeno toleranco za zgornjo in spodnjo temperaturo. Vpliva tudi na število in pestrost vodnega življenja.

Z naraščajočo temperaturo se topnost plinov manjša, saj je izparevanje večje³⁷.

³⁶ <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713>

³⁷ https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Publikacije/3a758e646c/vodni_svet.pdf

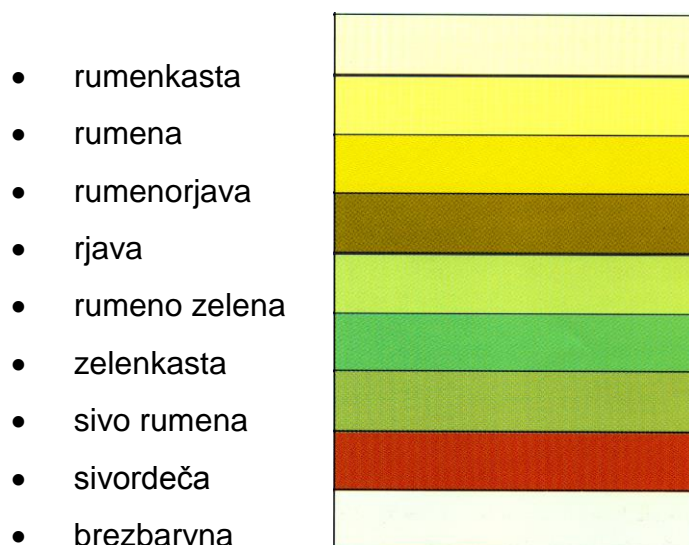
tlak (mbar)	temperatura	topnost kisika
1013	0 °C	14,6 mg O ₂ /l
1013	15 °C	10,06 mg O ₂ /l
1013	25 °C	8,2 mg O ₂ /l
1013	30 °C	7,55 mg O ₂ /l

Tabela 9: Prikaz, kako se z naraščajočo temperaturo topnost plinov zmanjšuje.

2. vaja: BARVA VODE

Postopek:

Prvo čašo sem napolnil z destilirano vodo, drugo pa z vzorčno vodo. Čaši sem postavil na bel papir in primerjal barvo vode v obeh.



Slika 16: Barvna skala za določevanje barve vode³⁸

Datum: 21. 12. 2020 ; 5. 1. 2021 ; 24. 1. 2021

³⁸ http://www.o-4os.ce.edus.si/gradiva/geo/terensko_delo

Rezultat: v vseh meritvah je prišlo do ENAKIH rezultatov.

- *voda iz VRHNIKE – MOČILNIK je bila brezbarvna,*
- *voda iz PODPEČI je bila brezbarvna,*
- *voda iz LIVADE je bila brezbarvna,*
- *voda iz LJUBLJANA - CENTER je bila rahlo rumena,*
- *voda iz FUŽINE – park MUSTE je bila rahlo rumena,*
- *voda iz ZALOGA – sotočje SAVE in LJUBLJANICE je bila rumena in motna.*

Razlaga:

Barva vode in njen odtenek ni nujen pokazatelj, da je voda onesnažena ali pa da vsebuje škodljive snovi. Je pa velikokrat pokazatelj, da voda lahko vsebuje kakšne snovi, ki so posledica človekove malomarnosti z odvrženimi odpadki in odplakami.

3. vaja: TRDOTA VODE

Površinska voda, ki vsebuje raztopljene soli, je trda. Mehka voda je deževnica, torej je kemijsko čista. Skupno trdoto vode tvorijo kalcijeve in magnezijeve soli.

Pripomočka:

- kovček za analizo vode (reagenti z oznako GH-),
- tabela podatkov o trdoti vode.

Postopek:

Določil sem trdoto vzorca vode.

1. Napolnil sem posodico z oznako GH-1 z vzorcem vode do oznake.
2. Med mešanjem sem dodal reagent GH-2 po kapljicah in jih štel, dokler se rožnata barva ni spremenila v zeleno.
3. Trdota vode v trdotnih stopinjah je enaka številu kapljic.

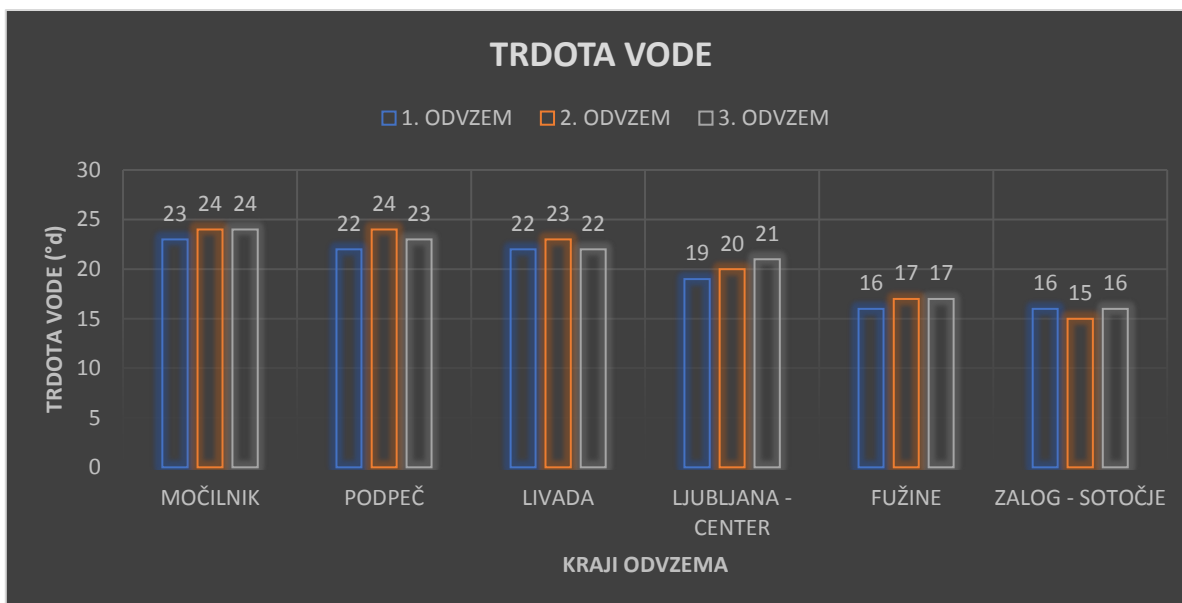
Rezultati:

Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA – MOČILNIK	23°d	24°d	24°d
PODPEČ	22°d	24°d	23°d
LIVADA	22°d	23°d	22°d
LJUBLJANA – CENTER	19°d	20°d	21°d
LJUBLJANA – FUŽINE	16°d	17°d	17°d
LJUBLJANA – ZALOG	16°d	15°d	16°d

Tabela 10: Trdota vode

Razlaga:

Voda je pri izviru dokaj trda, ker je matična kamnina apnenec in ker gre za kraški izvir. Pri analizi sem uporabljal nemško trdotno lestvico, kar pomeni, da trdotna stopinja ustreza 10 mg CaO v enem litru vode. Voda pa se od izvira do izliva vedno bolj mehča. Razlogov za manjšo trdoto je lahko več. Delno vplivajo pritoki, ki prihajajo iz nekraškega zaledja (npr. Gradaščica), delno vplivajo ostale snovi, ki prihajajo v vodo (prisotnost pralnih sredstev je kljub čistilnim napravam vedno večja). Obstaja pa tudi možnost, da je kakšna hiša priklopljena s svojo kanalizacijo.



Slika 17: Rezultati analize trdote vode.



Slika 18: Posledica trde vode na električnih grelcih vode³⁹

4. vaja: PRISOTNOST AMONIJA V VODI

Prisotnost amonija v vodi pove, da je bila ta voda pred kratkim v stiku z razpadajočim organskim materialom (npr. urin v WC-ju), kar je dokaz onesnaženosti vode.

Amonijevi ioni v vodi so posledica komunalnega, kmetijskega in industrijskega onesnaženja. V pitni vodi ga lahko najdemo tudi po dezinfekciji vode s kloramini, lahko pa v vodo preide iz cementnih cevi. Strupenost amonijevega iona ni natančno znana, vendar vemo, da vpliva predvsem na možgane. Velike koncentracije lahko povzročijo stanje globoke nezavesti, iz katere bolnika ni mogoče prebuditi (koma). Manjše količine

³⁹ <https://www.varcevanje-energije.si/filtri-za-vodo/trda-voda-problemi-in-resitve.html>

pa lahko vplivajo na živčne prenašalce (nevrottransmitterje), kar vodi v različna nevropsihološka stanja⁴⁰. Amonij je strupen tudi za ribe, saj jih lahko ubije že vrednost nad 0,5 mg/l.

V čisti vodi je raztopljenega manj kot 0,1 mg/l amonijevega iona, medtem ko v onesnaženi vodi vrednosti lahko presežejo 10 mg/l. Posebno v luči higienskega vidika je potrebno biti pri vsebnosti amonija kritičen, saj lahko nastane z razgradnjo človeških ali živalskih iztrebkov. Urin se tako razgradi na amonij in ogljikov dioksid ali amonij in hidrogenkarbonatni ion⁴¹.

Za pitno vodo je mejna vrednost za NH_4^+ 0,50 mg/L⁴².

Če je vrednost amonija v vodi prekomerna oz. nad mejo tolerance, lahko po zaužitju pri ljudeh pride do slabšega zdravstvenega stanja, v nekaterih primerih lahko pride do zastrupitve ali celo smrtnega izida.

Pripomočki:

- kovček za analizo vode (reagente z oznako NH_4^+),
- barvna skala,
- ura,
- tabela podatkov o čistosti vode.

⁴⁰ http://sl.wikipedia.org/wiki/Amonijev_ion#Toksi.C4.8Dnost

⁴¹ Visocolor® School, Manual

⁴² kii3.ntf.uni-lj.si

Postopek:

Določil sem vsebnost amonija v vzorcih vode. To sem ugotovil z reagenti NH_4^+ .

1. Napolnil sem posodico z oznako NH_4^+ z vzorcem vode do oznake.
2. Dodal sem 10 kapljic reagenta 1, zaprl posodico s čepkom in jo dobro pretresel.
3. Dodal sem eno merilno žličko reagenta 2, zaprl posodico s čepkom in jo dobro pretresel. Nato sem pustil mirovati 5 minut.
4. Dodal sem 15 kapljic reagenta 3, zaprl posodico s čepkom in jo dobro pretresel.
5. Pustil sem mirovati 7 minut.
6. Primerjal sem barvo vzorca na barvni skali in zapisal rezultat v tabelo.



Slika 19: Analiza v vzorcu⁴³

Rezultati:

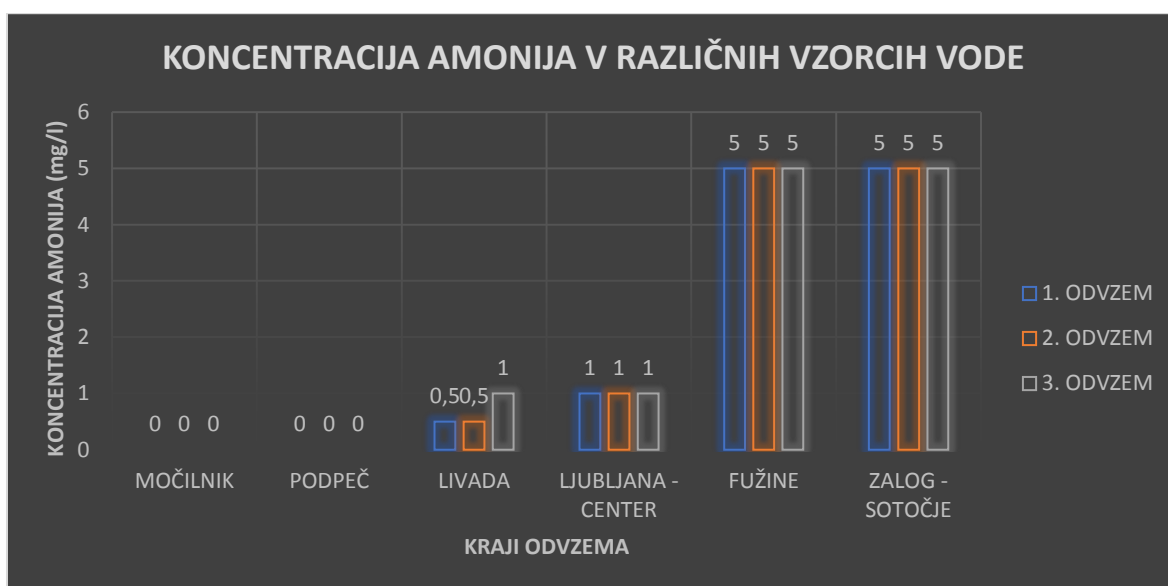
Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA - MOČILNIK	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
PODPEČ	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
LIVADA	0,5 mg/L	0,5 mg/L	1 mg/L
LJUBLJANA – CENTER	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
LJUBLJANA – FUŽINE	5 mg/L	5 mg/L	5 mg/L
LJUBLJANA - ZALOG	5 mg/L	5 mg/L	5 mg/L

Tabela 11: Amonij v vodi

⁴³ Foto: Anže Cencelj, 2020

Razlaga:

Pri rezultatih, ki so jih pokazale meritve in analize, mi je bilo všeč, da je bila količina amonija med Vrhniko in Livado tako majhna. Pozneje pa se je vrednost povečevala. Verjetno bi moral vzorčno vodo zajemati na sredini reke, ne pa na obrobju, a žal to ni bilo mogoče. V tistih dneh je bil pretok od Fužin naprej počasnejši. Vrednosti amonijevega iona v Ljubljanici od Livade dalje so zaskrbljujoče, saj močno presegajo dovoljene vrednosti.



Slika 20: Rezultati analize koncentracije amonija v različnih vzorcih vode.

5. vaja: NITRATI

Nitrate lahko zasledimo v vseh vrstah vod. So znak onesnaženja s kanalizacijskimi vodami, padavine pa jih spirajo tudi iz naravno ali umetno gnojnih tal. Nitratna oblika dušika lahko pride v vodo tudi z razpadanjem organskega materiala. V prevelikih količinah v vodi lahko pride do pogina rib in drugih vodnih organizmov. Nitrati so dušikove spojine, ki so v večjih količinah lahko strupene za naše zdravje. Prevelika vsebnost nitratov v našem telesu vpliva na oksidacijo hemoglobina, le ta pa se nahaja v rdečin krvničkah in ima nalogo pri transportu kisika. Pri zaužitju nitratov, se kot že prej rečeno hemoglobin oksidira in ni več možnosti za transport kisika, posledica tega pa je glavobol, utrujenosti, kar pa se lahko prevesti tudi v smrt. Mejna vrednost le teh je 50 mg/l.⁴⁴

⁴⁴ <http://babybook.si/novice/methemoglobinemija.html>

Pripomočki:

- kovček za analizo vode (reagente z oznako NO_3^-),
- barvna skala,
- ura,
- tabela podatkov o čistoči vode.

Postopek:

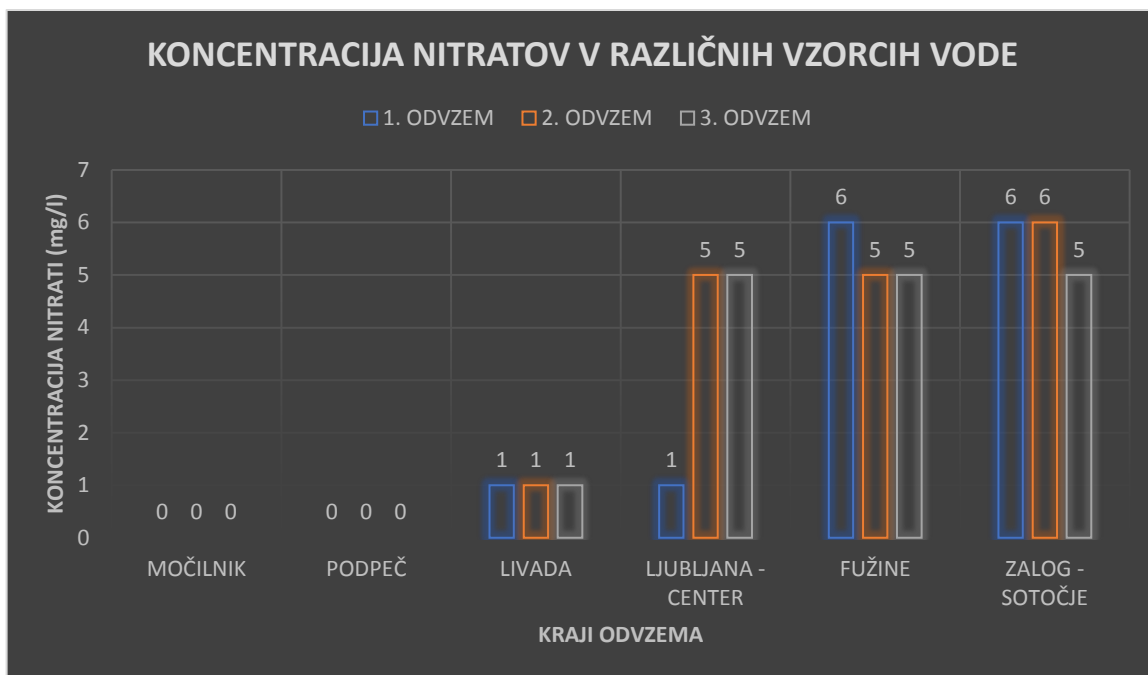
Določil sem vsebnost nitratov v vzorcu vode. To sem ugotovil z reagenti NO_3^- .

1. Z vzorcem vode sem do oznake napolnil posodico z oznako NO_3^- .
2. Dodal sem 2 merilni žlički reagenta 1, zaprl posodico s čepkom, stresal, da se je reagent 1 raztopil.
3. Dodal sem merilno žličko reagenta 2, zaprl posodico s čepkom in stresal posodico 1 minuto.
4. Pustil sem mirovati 5 minut.
5. Primerjal sem barvo vzorca na barvni skali in zapisal rezultat.

Rezultati:

Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA – MOČILNIK	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
PODPEČ	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
LIVADA	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
LJUBLJANA – CENTER	1 mg/L	5 mg/L	5 mg/L
LJUBLJANA – FUŽINE	6 mg/L	5 mg/L	5 mg/L
LJUBLJANA – ZALOG	6 mg/L	6 mg/L	5 mg/L

Tabela 12: Nitrati v vodi



Slika 21: Rezultati analize koncentracije nitratov v različnih vzorcih vode.

Razlaga:

Nitrati so nujno potrebni za rast rastlin, tako da se tudi po naravni poti odstranjujejo iz voda. Večina naravnih voda ima raven nitrata pod 1 mg/l dušikovega nitrata, na nekaterih področjih pa najdemo do 10 mg/l dušikovega nitrata. Sveže onesnažene vode vsebujejo zlasti organski dušik in amonij, večja vsebnost nitratov pa kaže na starejša onesnaženja. V takih primerih lahko pride do eutrofikacije (proces večanja količine biomase v vodi).

V vodi ob izviru pri meritvi nitratov skoraj ni bilo zaznati, enako je bilo tudi v Podpeči. Pri rezultatih analize, pa so bili le ti prisotni v vodi pri Livadi, središču mesta, na Fužinah in na sotočju Ljubljanice in Save.

Rezultati kažejo, da se koncentracija nitratov od Močilnika pa do sotočja Ljubljanice in reke Save stalno povečuje.

6. vaja: NITRITI

Nitriti so dušikove spojine, tako kot nitrati, ki so v večjih količinah lahko strupeni za naše zdravje. Prevelika vsebnost nitritov v našem telesu vpliva na oksidacijo hemoglobina, le ta pa se nahaja v rdečin krvničkah in ima nalogo pri transportu kisika. Pri zaužitju nitrata, se kot že prej rečeno hemoglobin oksidira in ni več možnosti za transport kisika, posledica tega pa je glavobol, utrujenosti, kar pa se lahko prevesti tudi v smrt. Nitriti se, tako kot nitrati, uporabljajo v prehranski industriji, kot konzervansi. Najdemo jih tudi v različnem sadju in zelenjavi, vendar pri uživanju sadja in zelenjave, ne moremo doživeti nevarnih stranskih učinkov, saj imajo le te zaščitne snovi, ki izničijo nevarne snovi. Mejna vrednost je 0,50 mg/L.

Pripomočki:

- kovček za analizo vode (reagenti z oznako NO_2^-),
- barvna skala,
- ura,
- tabela podatkov o čistoči vode.
-

Postopek:

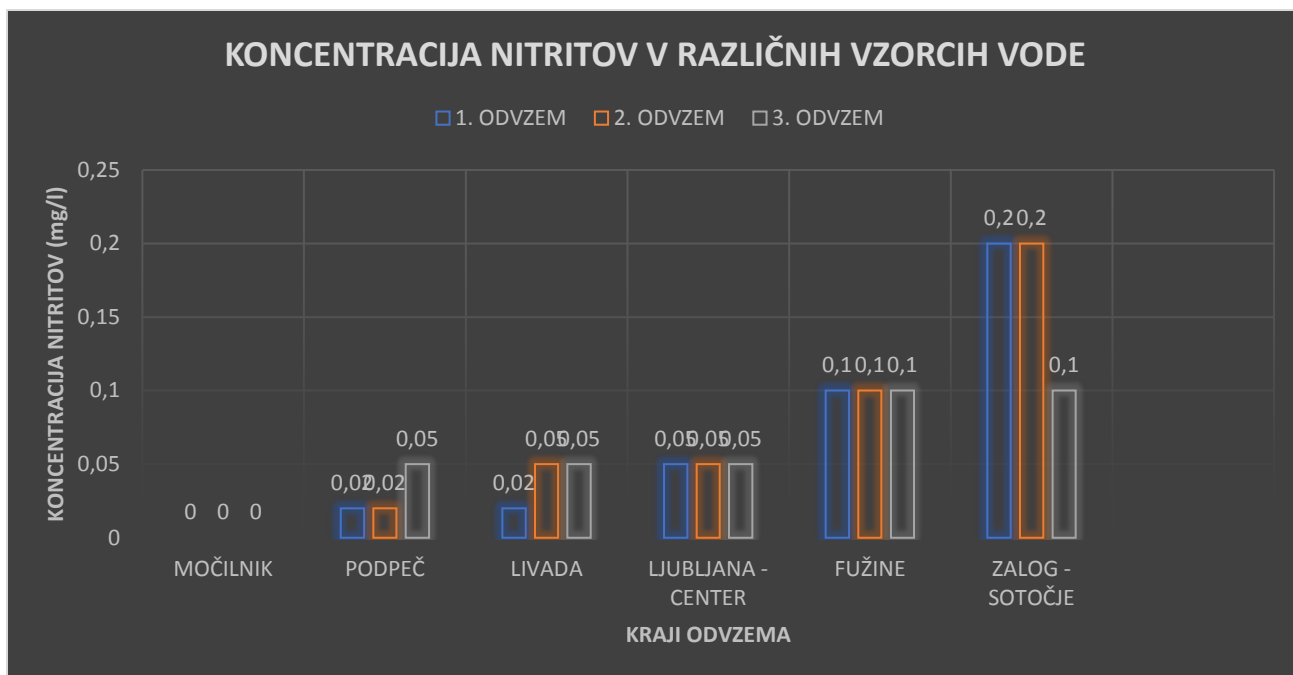
Določil sem vsebnost nitritov v vzorcu vode. To sem ugotovil z reagenti NO_2^- .

1. Napolnil sem posodico z oznako NO_2^- z vzorcem vode do oznake.
2. Dodal sem 4 kapljice reagenta NO_2^-1 , zaprl posodico s čepkom in jo dobro pretresel.
3. Dodal sem 1 merilno žličko reagenta NO_2^-2 , zaprl posodico s čepkom in jo dobro pretresel.
4. Pustil sem jo mirovati 10 minut.
5. Primerjal sem barvo vzorca na barvni skali in zapisal rezultat.

Rezultati:

Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA – MOČILNIK	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
PODPEČ	0,02 mg/L	0,02 mg/L	0,05 mg/L
LIVADA	0,02 mg/L	0,05 mg/L	0,05 mg/L
LJUBLJANA – CENTER	0,05 mg/L	0,05 mg/L	0,05 mg/L
LJUBLJANA – FUŽINE	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,1 mg/L
LJUBLJANA – ZALOG	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,1 mg/L

Tabela 13: Nitriti v vodi



Slika 22: Rezultati analize koncentracije nitritov v različnih vzorcih vode.

Razlaga:

Rezultati kažejo, da se koncentracija nitritov od izvira reke do sotočja stalno povečuje. Pri izviru jih ni bilo zaznati. V vseh ostalih vzorcih pa so bili prisotni. Ob reki Ljubljanici so do središča mesta in od Fužin do sotočja na obeh straneh velike kmetijske obdelovalne površine. Iz tega lahko sklepamo, da kmetje uporabljajo umetna gnojila ter gnoj za gnojenje, kar preko podtalnice in takrat, ko reka kje poplavlja, preidejo vanjo.

7. vaja: KISIK V VODI

Kisik je pokazatelj življenja v vodi, saj ga živali in rastline potrebujejo za dihanje. Npr. ribe dihajo kisik, raztopljen v vodi, sprejemajo ga skozi škrge. V primeru majhne vsebnosti kisika v vodi je problem, da bo živalski in rastlinski svet sčasoma vse manjši, saj ga živali potrebujejo za dihanje skozi škrge (ribe). V primeru razlitja tekočin, ki so lažje oz. redkejšje od vode, pa se količina kisika v vodi še manjša. Veliko nevarnost predstavlja možnost izliva nafte, saj nafta na vodni gladini ustvari kisiku neprepustno plast.

Pripomočki:

- kovček za analizo vode (reagent z oznako O₂),
- barvna skala,
- ura.

Postopek:

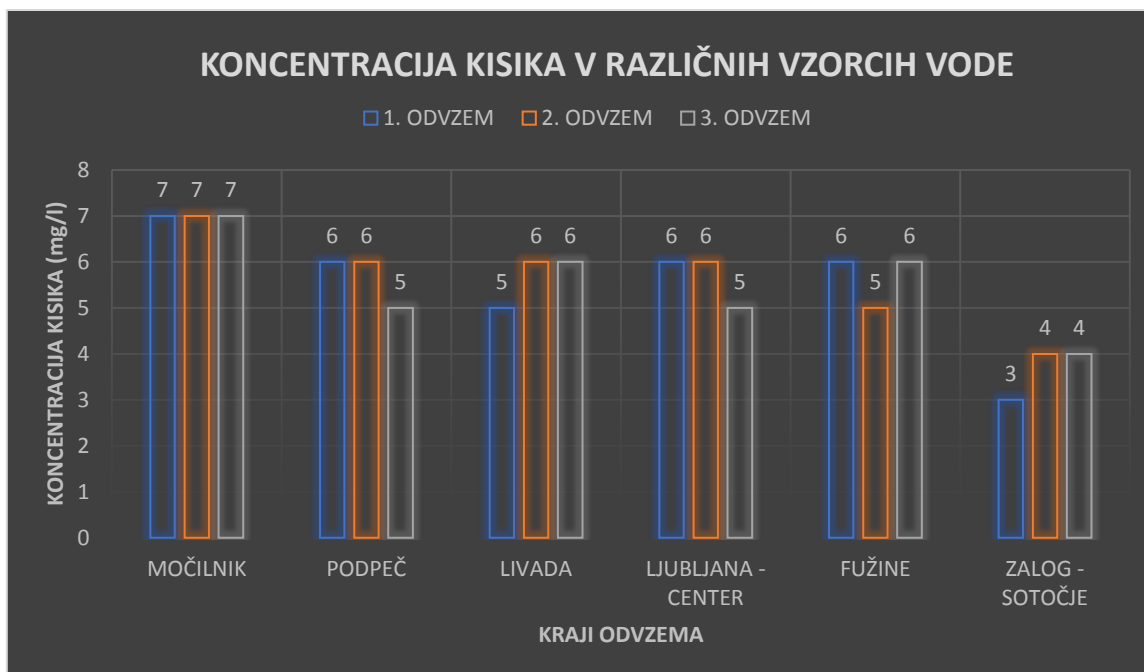
Določil sem vsebino kisika v vzorcu vode. To sem ugotovil z reagentom O₂.

1. Vzel sem brizgo.
2. Brizgo sem do oznake napolnil z vzorcem.
3. V brizgi ni smelo biti mehurčkov.
4. V lonček sem dodal 5 ml vode in 5 kapljic reagenta O₂-1 ter premešal.
5. Nato sem dodal 5 kapljic reagenta O₂-2, ponovno premešal in počakal 1 minuto.
6. Barvo sem določil na barvni skali.

Rezultati:

Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA – MOČILNIK	7 mg/L	7 mg/L	7 mg/L
PODPEČ	6 mg/L	6 mg/L	5 mg/L
LIVADA	5 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
LJUBLJANA – CENTER	6 mg/L	6 mg/L	5 mg/L
LJUBLJANA – FUŽINE	6 mg/L	5 mg/L	6 mg/L
LJUBLJANA – ZALOG	3 mg/L	4 mg/L	4 mg/L

Tabela 14: Kisik v vodi



Slika 23: Rezultati analize koncentracije kisika v različnih vzorcih vode.

Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA – MOČILNIK	59 %	55 %	53 %
PODPEČ	51 %	48 %	38 %
LIVADA	43 %	50 %	45 %
LJUBLJANA – CENTER	52 %	49 %	38 %
LJUBLJANA – FUŽINE	52 %	40 %	45 %
LJUBLJANA – ZALOG	26 %	32 %	31 %

Tabela 15: Koncentracija kisika v vodi⁴⁵

Razlaga:

Nasičenost vode s kisikom je razmerje med maksimalno topnostjo kisika (glede na temperaturo vode in zračni tlak) in dejansko raztopljenim kisikom. Upošteval sem temperaturo vode in normalni zračni tlak. Nizka nasičenost s kisikom je verjetno posledica visokih vrednosti ostalih onesnaževal v vodi, saj se s povečevanjem koncentracij onesnaževal znižuje koncentracija kisika v vodi.

⁴⁵ Preračunano s spletnim kalkulatorjem glede na vsebnost kisika, temperaturo vode in zračni tlak (<https://www.waterontheweb.org/under/waterquality/dosatcalc.html>).



Slika 24: Reagenti in merilna skala za določanje vsebnosti kisika v vodi⁴⁶

8. vaja: ŽELEZO V VODI

Za organizme, ki živijo v vodi, je vsebnost železa nujna. Ribe na primer potrebujejo železo za sintezo hemoglobina. Mejna vrednost je 200 $\mu\text{g/l}$. Navadno opazimo povečano vsebnost železa, kadar imamo v dovodnih ceveh rjo, kaj je posledica starih dotrajanih cevi. Železo do reke pride preko starih odtočnih cevi meteorne vode (deževnica s streh, cest). Železove spojine v vodah lahko povzročajo razvijanje železovih bakterij, ki povzročajo obloge, korozijo cevi in spreminjajo organoleptične lastnosti vode (videz, okus in vonj). Rja v sistemu nudi ugodne pogoje za legionele⁴⁷.

Pripomočki:

- kovček za analizo vode (reagent z oznako Fe),
- barvna skala,
- ura.

⁴⁶ Foto: Anže Cencelj, 2021

⁴⁷ <https://www.kraski-vodovod.si/?stran=voda-indikatorski-parametri#%C5%BDležo>

Postopek:

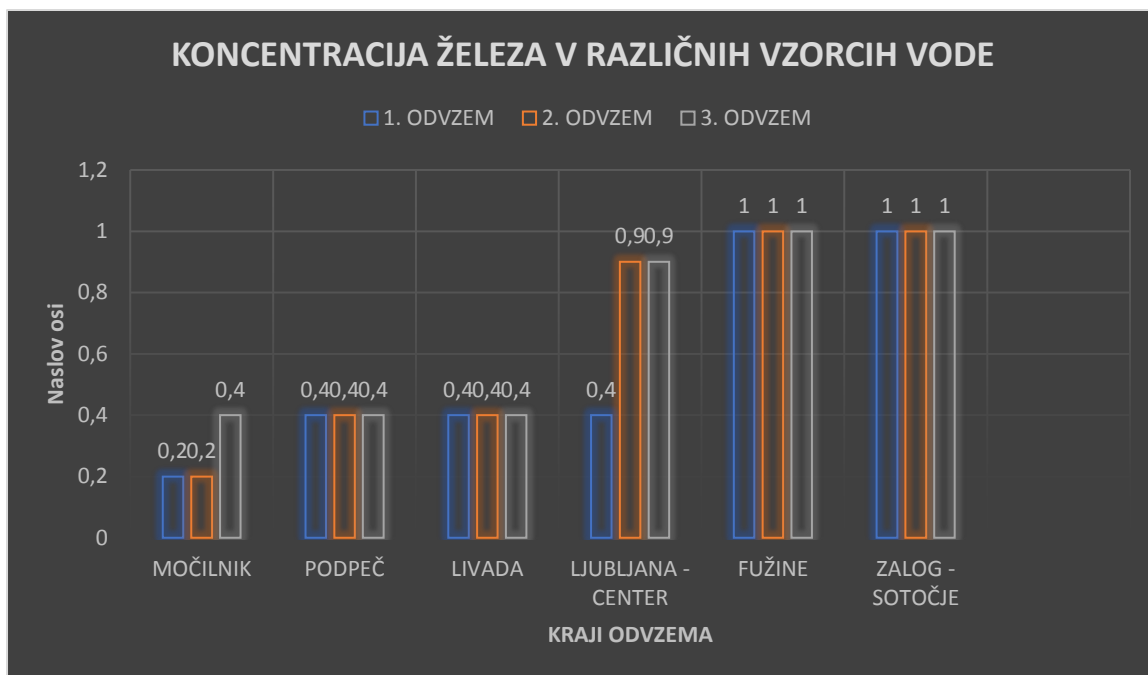
Določil sem vsebino železa v vzorcu vode. To sem ugotovil z reagentom Fe.

1. Napolnil sem posodico z vodo z oznako Fe z vzorcem.
2. Dodal sem 4 kapljice reagenta z oznako Fe-1, zaprl posodico s čepkom in jo premešal/stresal.
3. Dodal sem 1 žličko reagenta Fe-2.
4. Počakal sem 7 minut, nato pa primerjal barvo vzorca na barvni skali in zapisal rezultate.

Rezultati:

Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA – MOČILNIK	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,4 mg/L
PODPEČ	0,4 mg/L	0,4 mg/L	0,4 mg/L
LIVADA	0,4 mg/L	0,4 mg/L	0,4 mg/L
LJUBLJANA – CENTER	0,4 mg/L	0,9 mg/L	0,9 mg/L
LJUBLJANA – FUŽINE	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
LJUBLJANA – ZALOG	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L

Tabela 16: Železo v vodi



Slika 25: Koncentracija železa pri analizi v različnih vzorcih vode.

Razlaga:

Največja koncentracija je bila v vzorcu vode s Fužin ter iz Zaloga, najmanjša pa pri izviro reke. Če bi bila koncentracija železa prevelika, bi bilo lahko nevarno za ribje mladice in ostale vodne organizme.

9. vaja: FOSFATI

V vodi se zaradi uporabe detergentov in zaradi umetnih gnojil, ki jih padavine spirajo z obdelovalnih površin, pojavljajo prevelike količine fosfatov. Fosfati pridejo v vodo tudi s preperevanjem kamnin. Če so vodotoki onesnaženi s fosfati, lahko ti povzročijo pretirano rast rastlin, predvsem zelenih alg in modrozelenih cepljivk. Samo 3 g fosfatov so dovolj, da zraste 15 kg alg. Te ovirajo vodni tok in gibanje rib. Ko pa začnejo odmirati, se s tem materialom hranijo bakterije, ki porabijo veliko količino kisika v vodi. Kisika tako primanjkuje ribam in tudi nevretenčarjem. Ob zaužitju večjih količin, so možna rakava obolenja. Mejna vrednost fosfatov v vodi je 0,30 mg/L.

	Mejne (dopustne) vrednosti
Maksimalno v EU	6,95 mg/l
Priporočljivo v EU	0,56 mg/l
Maksimalno v Sloveniji ⁴⁸	0,30 mg/l

Tabela 17: Mejne vrednosti fosfatov⁴⁹



Slika 26: Ekološki pralni prašek brez fosfatov⁵⁰

Pripomočki:

- kovček za analizo vode (reagent z oznako PO_4^-),
- barvna skala,
- ura.

Postopek:

Določil sem vsebnost fosfatov v vzorcu vode. To sem ugotovil z reagenti PO_4^{3-} .

1. Z vzorcem vode sem do oznake napolnil posodice z oznako PO_4^- .
2. Dodal sem 10 kapljic reagenta 1, zaprl posodico s čepkom in jo pretresel.
3. Dodal sem 1 kapljico reagenta 2, zaprl posodico s čepkom in jo pretresel.
4. Pustil sem jo mirovati 5 minut.
5. Primerjal sem barvo vzorca na barvni skali in zapisal rezultate.

⁴⁸ Podatek je za kakovostni razred A1 površinske pitne vode. Za razreda A2 in A3 je priporočena vrednost 0,50 mg/l (http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/PVOPV_publicacija-01.pdf).

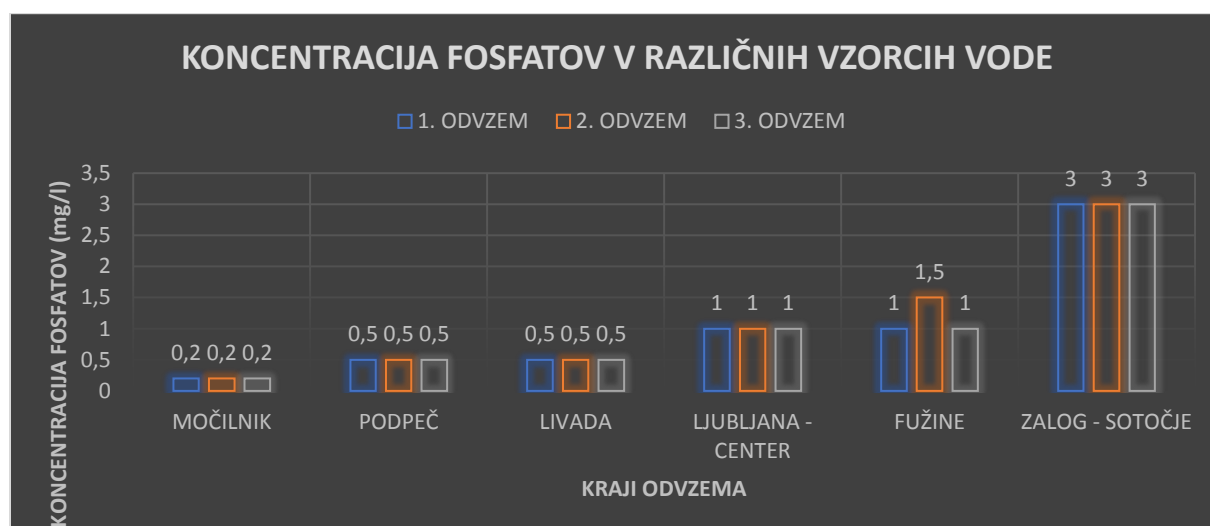
⁴⁹ http://www2.arnes.si/~breber1/zg/Analiza_voda/navodilo_za_delo_analiza_dopustne%20vrednosti07.pdf

⁵⁰ Odori.si

Rezultati:

Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA – MOČILNIK	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L
PODPEČ	0,5 mg/L	0,5 mg/L	0,5 mg/L
LIVADA	0,5 mg/L	0,5 mg/L	0,5 mg/L
LJUBLJANA – CENTER	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
LJUBLJANA – FUŽINE	1 mg/L	1,5 mg/L	1 mg/L
LJUBLJANA – ZALOG	3 mg/L	3 mg/L	3 mg/L

Tabela 18: Fosfati v vodi



Slika 27: Rezultati analize koncentracije fosfatov v različnih vzorcih vode.

Razlaga:

Koncentracija fosfatov glede na kraj odvzema ponovno narašča od izvira pa do sotočja Ljubljanice in Save.

Fosfati so za rastline pomembni, saj jih vgrajujejo v DNK. Če jih je premalo, lahko omejijo rast rastlin. V naravnem okolju ni veliko fosfatov, to lahko ugotovimo tudi na osnovi našega rezultata.

Zelo pomembno je, da se razvoj intenzivno usmerja v proizvodnjo brezfosfatnih pralnih praškov. V Sloveniji nam gre iz leta v leto boljše, saj se večina zaveda onesnaženosti okolja. Dober primer tega je brezfosfatni prašek Odori, ki je predstavljen na zgornji sliki.

10. vaja: pH-VODE

pH je merilo za kislost oziroma bazičnost. pH vrednost pitne vode mora imeti pri temperaturi 25 stopinj stopnjo 7, saj je le tako nevtralna. Če pa je pH vrednost manjša ali večja od 7, pomeni, da vsebuje kisline oz. bazne snovi, ki so za organizme lahko nevarne.

Pripomočki:

- kovček za analizo vode (pH-lističi),
- barvna skala.

Postopek:

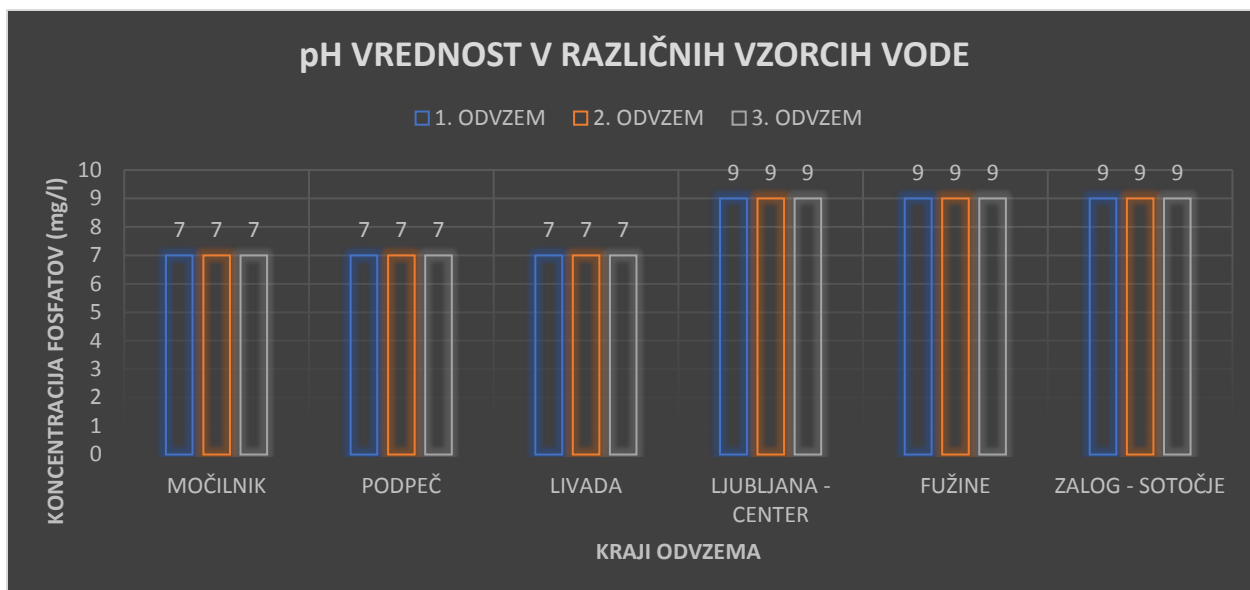
Določil sem vrednost pH-vzorca vode. To sem ugotovil s pH-lističi.

1. Pomočil sem pH-papirček v vzorec z vodo.
2. Držal sem ga v vzorcu toliko časa, da se barva ni več spreminjala (nekaj sekund).
3. Primerjal sem barvo lističa na barvni skali in zapisal rezultate.

Rezultati:

Odvzemno mesto:	21. 12. 2020	5. 1. 2021	24. 1. 2021
VRHNIKA – MOČILNIK	7	7	7
PODPEČ	7	7	7
LIVADA	7	7	7
LJUBLJANA – CENTER	9	9	9
LJUBLJANA – FUŽINE	9	9	9
LJUBLJANA – ZALOG	9	9	9

Tabela 19: pH vode



Slika 28: pH vrednosti pri analizi v različnih vzorcih vode.



Slika 29: Naprava s katero lahko natančno določimo pH vrednost⁵¹

⁵¹ <https://www.filtri-za-vodo.si/analiza-vode/merilni-instrumenti/ph-meter-ph200>

Razlaga:

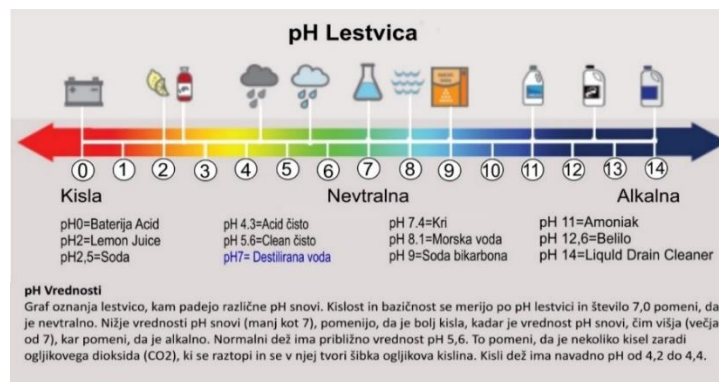
Od Močilnika do Livade je imela voda vrednost pH 7, kar pomeni, da je nevtralna. Pozneje pa se je do sotočja vrednost dvignila na pH 9, kar pomeni, da bi voda lahko vsebovala kakšna pralna sredstva oziroma čistila, belila oz. druge snovi, ki so bazične.

Večina jezer in vodotokov ima pH med 6,5 in 8,5. Naravna, neonesnažena deževnica ima pH med 5 in 6, torej ima deževnica na najmanj onesnaženih delih Zemlje nekaj naravne kislosti. To pa je posledica CO₂ v zraku, ki se raztopi v deževnih kapljicah. Najbolj kisel dež ima pH okrog 4, izmerili pa so tudi mestno meglo, ki je imela pH 2. Najdemo tudi vode, ki so naravno bolj kisle zaradi rudnin v tleh (npr. sulfidi). Zaradi rudarstva lahko v vodotok dotečejo minerali, ki povzročajo zakisanje. Naravno bazične vode najdemo tam, kjer tla vsebujejo minerale, kot sta kalcit in apnenec. Na pH vplivata tudi geologija tal in tip kamnin ter prsti. Poleg tega pa tudi ljudje s svojimi dejavnostmi (promet, zgradbe, asfaltirane površine, kisel dež) spreminjajo pH-vrednost v vodi.

Ko kmetje orjejo zemljo, dež lažje spira minerale in jih odnaša v potoke. V prst dodajajo umetna gnojila, s tem tudi spreminjajo pH-vrednost, dež pa to spira v potoke.

Večje spremembe pH-vode so lahko usodne za življenje v njej. Ličinke močeradov, žab in drugih dvoživk so zelo občutljive na nizek pH. Večina žuželk, dvoživk in rib v vodi, ki ima pH nižji od 4, ne more živeti.

Voda, ki teče po magmatskih kamninah, je navadno kislina. Kisle so tudi vode, ki tečejo po sedimentnih kamninah, kot so peščenjak, skrilavec in glinenec. Voda, ki teče po apnencu in dolomitu, je navadno bolj alkalna zaradi prisotnosti kalcijevega karbonata v trdi vodi.



Slika 30: pH lestvica - podrobna⁵²

⁵² eucbeniki.si

5 ZAKLJUČEK

Kakovost življenja ljudi je močno odvisna od okolja, v katerem živimo, in od družbenega in gospodarskega razvoja. Izboljšanja kakovosti življenja ljudi, pri čemer je hkrati treba varovati naravo in se soočiti z obstoječimi okoljskimi problemi, ni mogoče doseči brez učinkovitega načrtovanja in ukrepanja. To še posebej močno velja za kmetijstvo in industrijo. Zakon bi moral določati, kaj industrija sme in česa ne sme uporabljati.

Za pripravo rednih celovitih poročil o stanju okolja je treba vzpostavljati in nadgrajevati sistem rednega zbiranja analiz in obdelave podatkov o okolju. Stanje posameznih sestavin okolja se je v celotni Sloveniji glede na izredno slabo stanje v sedemdesetih in osemdesetih letih, v devetdesetih celo izboljšalo. Tedaj sta se izboljšala kakovost površinskih voda in stanje zimske onesnaženosti zraka, medtem ko se kakovost podtalnice slabša, kljub zelo zaostreni zakonodaji glede pitne vode. Problematično ostaja ravnanje s komunalnimi in nevarnimi odpadki. Velik problem ostajata tudi hrup in svetloba ponoči v mestnem okolju.

Z raziskovalno nalogo sem ugotovil, da je bila voda ob izvira najčistejša. Najbolj onesnažena pa voda ob sotočju Ljubljanice in Save. Koncentracija amonija, nitrata, nitrita in fosfata se je z vsakim nadaljnjim odvzemom vzorca vode zvišala. Mislim, da bo v vaseh, kjer je veliko kmetijskih dejavnosti, kakovost vode najslabša, a ni bilo tako.

- V hipotezi številka 1 trdim, da bodo vsebovali vzorci vod odvzeti ob obdelovalnih površinah (Livada in Podpeč) imeli največjo vsebnost nitratov in amonija (mg/L). Rezultati analiz vode so ovrgli hipotezo. Res so se koncentracije začele povečevati na območju obdelovalnih površin, a se je vsebnost nitratov in amonija povečevala po celotnem toku reke navzdol. Najvišje vsebnosti so bile na zadnjem mestu vzorčenja.

HIPOTEZA 1 JE OVRŽENA.

- V hipotezi številka 2 menim, da je voda v območju izvira čistejša kot v urbanem območju. Rezultati analize različnih vzorcev vode so mi pokazali, da je najbolj onesnažena voda ob sotočju Ljubljanice in Save. Ta je imela najvišje koncentracije amonijaka, nitratov, nitritov in fosfatov. Predvidevanje se je izkazalo za pravilno.

HIPOTEZA 2 JE POTRJENA.

- S hipotezo številka 3 sem želel preveriti, ali stanje okolice reke vpliva na prisotnost določenih snovi v vodi. Analize različnih vod so mojo hipotezo potrdile. Koncentracije onesnaževal so se začele povečevati zaradi vplivov okolja. Voda je v Ljubljani postala bistveno bolj onesnažena. Vsi raziskovani parametri so se dvignili.

HIPOTEZA 3 JE POTRJENA.

Z raziskovalno nalogo želim učence, starše, učitelje, krajane poučiti o pomembnosti vode za naše življenje. V nadaljevanju svojega raziskovanja bi si želel še večkrat analizirati vodo na določenih lokacijah, tudi pogosteje in v različnih vremenskih razmerah. Svoje raziskovanje pa bi lahko razširil tudi na širše območje, ne le na Ljubljano. Poleg tega bi bilo za natančnejšo analizo dobro analizirati vzorce celo leto, da bi lahko ugotovili, kako različne dejavnosti v okolju (npr. kmetijska dejavnost) vplivajo na kakovost vode.

7 VIRI

7. 1. PISNI VIRI

- Evropska komisija za okolje. (2010). Evropsko okolje. Stanje in napovedi. Kopenhagen
- Firbas, P. (2004). Kako zdrava je voda. Ljubljana: Založba ARA.
- Green, J. (2006). Varčevanje z vodo. Ljubljana: Grlica.
- Javoršek, L. (2013). Razišči skrivnosti živega. Podsmreka: Pipinova knjiga.
- Pavlišič, B. (2012). Kemijska analiza kraškega porečja Ljubljanice s hitrimi testi. Diplomsko delo. Ljubljana: Pedagoška fakulteta.
- Prohinar, M. (2008). Pitna voda. Ljubljana: Zveza potrošnikov Slovenije.
- Urbančič, G. , Toma, M. J. (2003). Varstvo celinskih vod. Ljubljana: Študentska založba.
- Tavčar, B. in Pavlin, B. (2013). Vodna politika naj postane inovativna. Pridobljeno na: <https://deloindom.delo.si/skrbno-z-vodo/vodna-politika-naj-postane-inovativna>.
- Vahtar, M. (2005). Kako se reka očisti? Domžale: ICRO.
- Visocolor® School, Reagent case for schools, Manual, Macherey-Nagel

7. 2 INTERNETNI VIRI

- <http://naravainvoda.blogspot.com/2013/04/zgradba-in-lastnosti-vode.html> citirano: 23. 1. 2021
- <http://www2.arnes.si/~ssplfabr/voda.htm> citirano: 2. 2. 2021
- <http://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201303624.pdf> citirano: 13. 1. 2021
- <https://izobrazevanje.lutra.si/Vodni-odtis.html> citirano: 25. 1. 2021
- <https://www.nijz.si/sl/podrocja-dela/moje-okolje/pitna-voda> citirano:13. 12. 2020
- http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/news 13. 12. 2020
- http://publications.europa.eu/resource/cellar/175918b0-3b0f-4515-b3d5-f4fc337c161a.0022.02/DOC_1 citirano: 17. 2. 2021
- <http://meteo.arso.gov.si/>, citirano: 26. 2. 2021
- <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/H002S.px> citirano: 15. 2. 2021
- <http://www.primavoda.si/vse-o-vodi/struktura-vode>, 3. 3. 2021

- http://projlab.fmf.uni-lj.si/arhiv/2010_11/naloge/izdelki/anomalija/teorija.html, 24. 2. 2021
- <https://www.rvk.si/si/voda/voda-je-zivljenje/clovesko-telo-in-voda>, 24. 2. 2021
- <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/si/Data/-/H002S.px/table>, 24. 2. 2021
- <https://www.nijz.si/sl/podrocja-dela/moje-okolje/pitna-voda>, 3. 3. 2021
- <https://izobrazevanje.lutra.si/Vodni-odtis.html>, 15. 2. 2021,
- <https://liveforheartwarming.com/blog/tezke-kovine-v-okolju-in-njihov-vpliv-na-zdravje-ljudi/>, 7. 2. 2021,
- http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/slo/06_ljubljana/default.htm, 4. 4. 2021,
- <https://www.komunala-radovljica.si/storitve/odpadne-vode/17>, 3. 1. 2021
- <https://www.jkp-log.si/aktualno/novice/75-kako-varcevati-z-vodo.html%20/3>, 4. 2. 2021
- <https://gis.iobcina.si/>, 12. 12. 2020
- <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713>, 24. 12. 2020
- https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Publikacije/3a758e646c/vodni_svet.pdf, 19. 1. 2021
- <https://www.kraski-vodovod.si/?stran=voda-indikatorski-parametri#%C5%BDelezo>, 5. 4. 2021
- <https://eucbeniki.sio.si/kemija8/941/h2o.gif>, 19. 1. 2020
- <https://www.ap-ljubljana.si/trgovina/vstopnice/ljubljana/voznja-po-ljubljani-barka-ljubljana/>), 3. 3. 2020
- <https://sl.cathedralcollege.org/detectar-fugas-de-agua-14603>, 24. 12. 2020
- <https://www.ucila.eu/izdelek/kovcek-za-analizo-vode/>), 3. 3. 2021
- <https://deloindom.delo.si/skrbno-z-vodo/kakovost-voda-v-sloveniji>, 3. 3. 2021
- <https://www.odori.si>, 24. 12. 2020
- <https://www.filtri-za-vodo.si/analiza-vode/merilni-instrumenti/ph-meter-ph200>, 24. 12. 2020
- <http://babybook.si/novice/methemoglobinemija.html>, 3. 3. 2021
- http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/PVOPV_publicacija-01.pdf, 3. 3. 2021
- http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/PVOPV_publicacija-01.pdf, 3. 3. 2021
- http://sl.wikipedia.org/wiki/Amonijev_ion#Toksi.C4.8Dnost, 3. 3. 2021