

OSNOVNA ŠOLA MIŠKA KRANJCA VELIKA POLANA
VELIKA POLANA 215 B

RAZISKOVALNA NALOGA

POPLAVLJENO OBMOČJE OB REKI MURI PO POŠKODBI NASIPA NA DOLNJI BISTRICI

Geografija in geologija

Avtor:

Tiem Marton, 9. razred

Mentorica:

Suzana Kotnjek, prof. biologije in kemije

Somentorica:

mag. Nina Žuman

Velika Polana, marec 2024

Kazalo vsebine

Kazalo slik	3
Kazalo grafov	4
Kazalo tabel	4
POVZETEK	5
ABSTRACT	6
ZAHVALA.....	7
1 UVOD.....	8
1. 1 Opredelitev problema	8
1. 2 Namen raziskovalne naloge	9
1. 3 Hipoteze	9
2 TEORETIČNI DEL	10
2. 1 Reka Mura	10
2. 1. 1 Mura od izvira do izliva.....	10
2. 1. 2 Živalstvo in rastlinstvo	11
2. 1. 3 Pedološka podlaga.....	12
2. 2 Poplave avgusta 2023	14
2. 2. 1 Dolnja Bistrica	15
2. 3 Elementi	16
2. 3. 1 Elementi v prsti	16
2. 3. 2 Baker	16
2. 3. 3 Fosfor	17
2. 3. 4 Dušik	17
2. 3. 5 Železo.....	17
2. 3. 6 Kadmij	18
2. 3. 7 Vrednosti snovi v tleh	18
2. 4 Ostali parametri meritev	19
2. 4. 1 pH.....	19
2. 5 Organske snovi v prsti.....	20
2. 6 Rečni mulj.....	20
3 MATERIAL IN METODE.....	22
3. 1 Material.....	22
3. 2 Metode dela	23
3. 2. 1 Terensko delo	23
3. 2. 2 Laboratorijsko delo	33

4 REZULTATI	42
4.1 pH prsti	42
4.2 Vsebnost NH_4^+ ionov	42
4.3 Vsebnost Cu^{2+} ionov	43
4.4 Vsebnost Fe^{2+} ionov	44
4.5 Vsebnost Cd^{2+} ionov	44
4.6 Vsebnost PO_4^{3-} ionov	45
4.7 Vsebnost organskih snovi	45
5 RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK	47
6 LITERATURA	49

Kazalo slik

<i>Slika 1: Reka Mura</i>	10
<i>Slika 2: Rastlinstvo ob reki Muri</i>	12
<i>Slika 3: Sestava odeje prsti Pomurske ravnine v okolici Dolnje Bistrice</i>	14
<i>Slika 4: Poplavljanje Mure znotraj nasipa</i>	15
<i>Slika 5: Poplavljanje Mure izven poškodovanega nasipa</i>	15
<i>Slika 6: Satelitska slika mesta poškodovanega nasipa</i>	16
<i>Slika 7: Imisijske vrednosti nevarnih snovi v tleh</i>	19
<i>Slika 8: Priprava mesta za odvzem vzorca</i>	23
<i>Slika 9: Odvzem plasti vzorca</i>	23
<i>Slika 10: Legenda rabe tal</i>	24
<i>Slika 11: Točke odvzema prsti na poplavljenem območju</i>	25
<i>Slika 12: Raba tal na poplavljenem območju</i>	26
<i>Slika 13: Točke odvzema prsti na nepoplavljenem območju (v bližini poplave)</i>	27
<i>Slika 14: Raba tal na nepoplavljenem območju (v bližini poplave)</i>	28
<i>Slika 15: Raba tal na nepoplavljenem območju (v bližini poplave)</i>	28
<i>Slika 16: Točke odvzema prsti na nepoplavljenem območju (pred poplavljenim območjem)</i>	29
<i>Slika 17: Raba tal na nepoplavljenem območju (pred poplavljenim območjem)</i>	30
<i>Slika 18: Pedološka karta za območje Gornje, Srednje in Dolnje Bistrice</i>	31
<i>Slika 19: Vzorčenje prsti glede na področje odvzema in sloj</i>	33
<i>Slika 20: Vzorci prsti</i>	33
<i>Slika 21: Merjenje pH</i>	34
<i>Slika 22: Vzorci prsti v žarilnih lončkih</i>	35
<i>Slika 23: Tehtanje organskih snovi</i>	35
<i>Slika 24: Žarilna peč</i>	35
<i>Slika 25: Aparatura za filtriranje</i>	36
<i>Slika 26: Vzorci filtratov prsti</i>	36
<i>Slika 27: Določanje bakrovih ionov</i>	37
<i>Slika 28: Določanje železovih ionov</i>	38
<i>Slika 29: Določanje amonijevih ionov</i>	38
<i>Slika 30: Določanje fosfatnih ionov</i>	39
<i>Slika 31: Določanje kadmijevih ionov</i>	40
<i>Slika 32: Spektrometer in reagent za določanje kadmijevih ionov</i>	40
<i>Slika 33: Določanje kadmijevih ionov v filtratu prsti</i>	41

Kazalo grafov

<i>Graf 1: pH glede na odvzemno mesto in plasti</i>	<i>42</i>
<i>Graf 2: Vsebnost NH_4^+ ionov v mg/L glede na odvzemno mesto.....</i>	<i>43</i>
<i>Graf 3: Vsebnost Cu^{2+} ionov v mg/L glede na odvzemno mesto.....</i>	<i>43</i>
<i>Graf 4: Vsebnost Fe^{2+} ionov v mg/L glede na odvzemno mesto</i>	<i>44</i>
<i>Graf 5: Vsebnost PO_4^{3-} ionov v mg/L glede na odvzemno mesto</i>	<i>45</i>
<i>Graf 6: Vsebnost organske snovi glede na odvzemno mesto</i>	<i>46</i>

Kazalo tabel

<i>Tabela 1: Koordinate odzemnih mest na poplavljenem območju</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 2: Koordinate odvzema prsti na nepoplavljenem območju (v bližini poplave)</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 3: Koordinate odvzema prsti na nepoplavljenem območju (pred poplavljenim območjem)</i>	<i>29</i>

POVZETEK

V raziskovalni nalogi so predstavljeni rezultati analize prsti ob nasipu reke Mure na Dolnji Bistrici. Vzorci so bili odvzeti pet tednov po dogodku, ko je reka Mura avgusta 2023 prebila nasip in je voda poplavlila bližnja zemljišča.

V teoretičnem delu je predstavljena reka Mura ter njene osnovne karakteristike. Že daleč v zgodovino je reka za okoliške ljudi, na desnem bregu za Prleke in levem bregu za Prekmurce, predstavljala pomemben vir vode, hrane, energije (mlini) in tudi transportno pot. Predstavljene so tudi nekatere geografske značilnosti okolice in pedološke lastnosti tal. Teoretični del podaja tudi informacije o elementih, ki so bili vključeni v analizo prsti.

V empiričnem delu so predstavljene dejavnosti, ki so bile izvedene na terenu za namen odvzema vzorcev prsti na različnih lokacijah in iz treh plasti prsti. Prav tako so predstavljeni eksperimenti in analize, ki so potekali v kemijskem laboratoriju na Gimnaziji Franca Miklošiča Ljutomer, kjer smo določali vsebnost določenih elementov ter izbrane lastnosti vzorcev prsti. Ugotovili smo, da poplava, ki je avgusta 2023 nastala zaradi predrtja nasipa reke Mure na Dolnji Bistrici, na kakovost prsti ni bistveno vplivala. Mejne vrednosti težkih kovin (bakar, kadmij) so nizke. Vrednosti železa, bakra in fosforja v poplavljeni prsti pa so primerljive z vrednostmi teh elementov na nepoplavljenih območjih. Tudi pH prsti je na poplavljenem območju v normalnih mejah in je primerljiv z ostalimi območji.

Ključne besede: Mura, poplave, analiza, prst, bakrovi ioni, amonijevi ioni, železovi ioni, fosfatni ioni, kadmijevi ioni, pH, organske snovi.

ABSTRACT

The research paper presents the results of soil analysis at the Mura river embankment in Dolnja Bistrica. The samples were taken five weeks after the event in August 2023, when the Mura river breached an embankment and flooded nearby land.

The theoretical part presents the Mura river and its basic characteristics. Far into history, the river represented an important source of water, food, energy (mills) and also a transport route for the nearby people, on the right bank for people of Prlekija and on the left bank for people of Prekmurje. Some geographical features of the surroundings and pedological properties of the soil are also presented. The theoretical part also provides information about the elements that were included in the soil analysis.

The empirical part presents the activities that were carried out in the field for the purpose of taking soil samples at different locations and from three soil layers. Experiments and analyses that took place in the chemistry laboratory at the Franc Miklošič Ljutomer High School are also presented, where we determined the content of certain elements and selected properties of soil samples.

We found that the flood that occurred in August 2023, caused by the Mura river in Dolnja Bistrica, did not significantly affect the quality of the soil. Limit values of heavy metals (copper, cadmium) are not exceeded and are low. The values of iron, copper and phosphorus in the flooded soil are comparable to the values of these elements in non-flooded areas. The pH of the soil in the flooded area is also within normal limits and is comparable to other areas.

Key words: Mura, floods, analysis, soil, copper, nitrogen, iron, phosphorus, cadmium, pH, organic matter.

ZAHVALA

Zahvaljujem se učiteljici mentorici, Suzani Kotnjek, profesorici biologije in kemije, ki me je pri izdelavi in izvedbi naloge vseskozi spodbujala in usmerjala. Zahvaljujem se tudi profesorici kemije, mag. Nini Žuman, in laborantki Sonji Koroša z Gimnazije Franca Miklošiča Ljutomer, ki sta mi bili v veliko pomoč pri eksperimentalnem delu. Hvala tudi ravnatelju Gimnazije Franca Miklošiča Ljutomer, ki je omogočil, da sem eksperimentalni del lahko opravljal v prostorih gimnazije.

Zahvala gre tudi učiteljici Vesni Njenjić, profesorici angleščine in slovenščine, za strokovni prevod povzetka v angleški jezik in za lektoriranje raziskovalne naloge. Hvala tudi staršem za vso podporo.

Prihodnost pripada tistim, ki se naučijo, kar se morajo naučiti, zato da lahko storijo tisto, kar morajo storiti.
(Dennis Waitley)

1 UVOD

1. 1 Opredelitev problema

Reka Mura, ki izvira v Avstriji in na svoji poti prečka Slovenijo, se na Hrvaškem izlije v reko Dravo. Arheološke raziskave so pokazale, da so njeno obrežje začeli naseljevati pred približno šest tisoč leti. V takratni bronasti dobi je bil njen tok seveda nekoliko drugačen kot je danes. Vedno pa je ljudem nudila pomemben vir vode za poljedelstvo in živinorejo. Poleg tega je bila skozi zgodovino pomembna transportna pot ter obrambna bariera. Nenazadnje pa je bil njen tok pomemben poganjalec mnogih mlinov, ki so stali vzdolž njenega toka.

Zaradi bogate okoliške biodiverzitete, mnogih slepih rokavov in močvirnatih predelov je v njeni okolici malo industrije, zato je bil poseg človeka vanjo dokaj majhen.

Ker večji del svojega toka teče po ravninskem delu, je bila vedno znana kot mirna reka, ki je poplavljala znotraj svojih nasipov.

V mesecu avgustu leta 2023 pa je zaradi močno razmočene zemljine in velike količine padavin (v Avstriji in Sloveniji) njen pretok močno narasel ($1372 \text{ m}^3/\text{s}$, običajno $130 \text{ m}^3/\text{s}$). Zaradi velikega pritiska vode na nasip je le-ta v naselju Dolnja Bistrica popustil in voda iz reke Mure je začela iztekati po okoliških poljih.

Zaradi hitrega odziva ni bilo škode na bivalnih in gospodarskih poslopih. Je pa voda zalila večje površine obdelovalnih površin. Iz struge se je poleg vode izlil tudi mulj. Istočasno so bile poplave tudi drugod po Sloveniji. Analize so na mnogih mestih pokazale, da so izlite rečne vode s seboj prinesle nekatere snovi, ki so okoliško rodovitno prst onesnažile. Predvsem nevarne so težke kovine (kadmij, svinec, cink ...).

Z raziskavo želimo ugotoviti, ali so naplavine reke Mure naplavile tudi snovi, ki bi lahko škodovala rodovitni prsti in kmetijskim pridelkom, in s tem seznaniti javnost. V primeru odstopanj od normalnih vrednosti lahko pristojne službe ustrezno ukrepajo.

1. 2 Namen raziskovalne naloge

Namen naše raziskovalne naloge je bil ugotoviti:

- ali so lastnosti prsti, ki jo je zalila voda po poškodbi nasipa reke Mure, drugačne od lastnosti prsti v neposredni bližini, ki ni bila v stiku z rečno vodo,
- ali so prekoračene vrednosti bakrovih, amonijevih, železovih, fosfatnih in kadmijevih ionov v prsti,
- ali se količina bakrovih, amonijevih, železovih, fosfatnih in kadmijevih ionov ter pH vrednost in količina organskih snovi spreminjajo po plasteh prsti.

1. 3 Hipoteze

H1: Na poplavljenem območju se izmerjeni parametri skozi plasti bistveno ne spreminjajo.

Voda je v šestih tednih že pronicala v plasti do globine 15 cm.

H2: Prst, ki je bila poplavljen, vsebuje več organskih snovi kot nepoplavljen.

Na poplavljen območje je voda s seboj prinesla organske snovi.

H3: pH vrednost je v poplavljeni prsti višja kot v prsti, ki je poplavna voda ni dosegla.

Tekoča voda ima zaradi večje vsebnosti ogljikovega dioksida in posledično hidrogenkarbonatnih ionov višji pH.

H4: V poplavljeni prsti bodo večje količine bakrovih in železovih ionov.

V poplavih je voda s seboj prinesla tudi mulj, ki vsebuje kovine.

H5: V poplavljeni prsti bodo manjše količine amonijevih in fosfatnih ionov.

Iz poplavljenih območij je voda odplavila dušik in fosfor, ki je bil prisoten kot posledica gnojenja z NPK gnojili.

H6: Kadmij bo prisoten v prsti z naplavinami.

Voda je z muljem prinesla tudi kadmij.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Reka Mura

Mura je bila stoletja mejna reka med deželami in regijami in v preteklosti težko prehodna. Tako naj bi bilo njeno ime izpeljanka iz latinske besede *murus*, kar pomeni zid, okop, obramba. Po nekaterih virih pa naj bi njeno ime izhajalo iz slovenske besede mur, kar pomeni temen – temna voda. Mura je tretja največja reka v Sloveniji, čeprav je na slovenskem ozemlju dolga le 28 kilometrov. (Proteus, Mura. 2016. Privzeto 28. 1. 2024 na spletni strani <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-I79SPQ98>).



Slika 1: Reka Mura

(Vir: lasten)

2.1.1 Mura od izvira do izliva

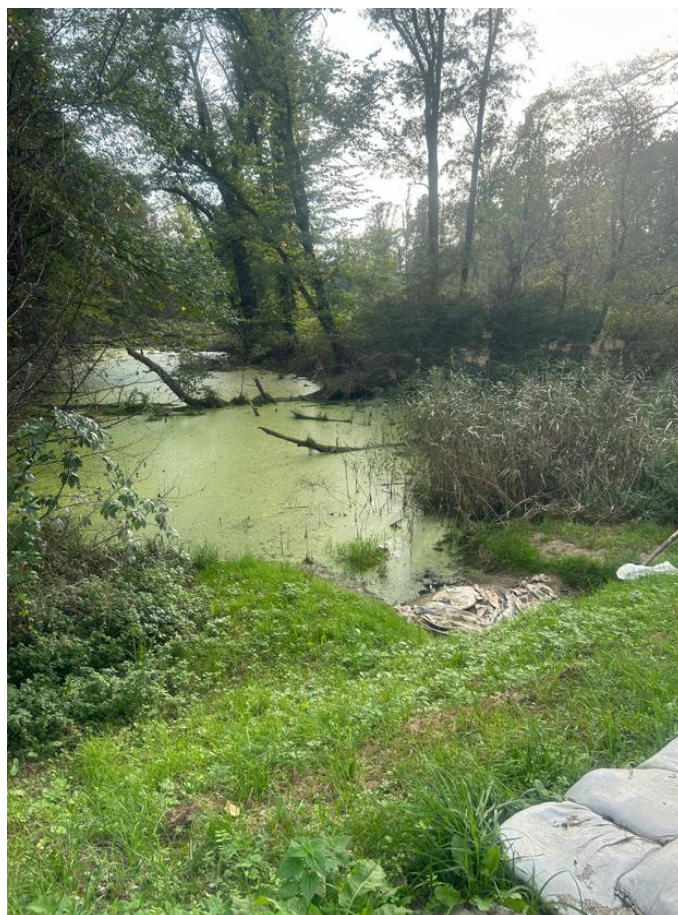
Mura izvira v Nizkih Turah v Avstriji, v deželi Solnograški, na nadmorski višini približno 1900 metrov. V Legradu, na hrvaško–madžarski meji, se po približno 465 kilometrih toka izliva v Dravo. V Slovenijo priteče pri Špilju (Ceršaku). Od tu in skoraj do Radencev je na približno 34 kilometrih toka mejna reka z Avstrijo, nato teče približno 28 kilometrov samo po ozemlju

Slovenije (ta del je tako imenovana »notranja Mura«), od Gibine navzdol pa teče na 33 kilometrov dolgem mejnem odseku med Slovenijo in Hrvaško. Od Dekanovca do izliva v Dravo vijuga med Hrvaško in Madžarsko, meja med obema državama le ponekod ujame današnji tok reke. (Firbas, 2005)

2. 1. 2 Živalstvo in rastlinstvo

Reka je tista, ki daje življenje celotni pokrajini. Brez nje ne bi bilo poplavnih gozdov, ne mrtvic, ne močvirij, ne prodišč in, upam si trditi, da niti ne Pomurcev. Prav presenetljivo pa je, da je sama reka za rastline in živali še najmanj zanimiva. Zaradi hitrega toka se rastline ne morejo ukoreniniti, zato naselijo le bregove. Od živali so za takšno reko še najbolj značilne ribe; v reki Muri, ali bolje povedano, v njenem porečju je bilo ugotovljenih kar 43 vrst rib. Pred kakšnimi sto leti so v Muri živele tudi ribe, o katerih dandanes obstajajo le še pisni viri. Mednje sodijo sulec (*Hucho hucho*), potočna postrv (*Salmo trutta m. fario*) in celo vrste iz družine jesetrovk, za katere je znano, da se v času drstitve selijo po reki navzgor. Med predstavnika te skupine sodi kečiga (*Acipenser ruthenus*); iz njenih iker pridobivajo kaviar. Dandanes v reki prevladujejo predvsem ciprinidne vrste, torej vrste iz reda krapovcev (Just, 2002).

Na vlažnih mestih, v depresijah, rečnih rokavih ali celo umetno nastalih izkopih (gramoznicah), ki so lahko precej oddaljeni od rečne struge in kjer se talna voda zadržuje večji del leta, se razvijejo jelševi gozdovi z bogato podrastjo migaličnega šaša (*Carex brizoides*). Najbolj znan sestoj črne jelše v Prekmurju je kompleks imenovan Črni log, ki je eden največjih strnjenih jelševij v Srednji Evropi, čeprav ga sedaj prekinja trasa pomurske hitre ceste. Tukaj najdemo izrazito vlagoljubne vrste in bolj močvirske vrste. Črni log je zaenkrat edino znano rastišče Fuchsove prstaste kukavice (*Dactylorhiza maculata ssp. fuchsii*) v Prekmurju. Blizu mrtvic, v ulekninah in ob vodotokih, kjer so tla zelo slabo prepustna, se strnjeni gozdni sestoji niso razvili. So pa to idealne razmere za nastanek mokrišč v obliki močvirij, prehodnih nizkih barij, sestojev ostričevk ter sestojev visokih obvodnih steblik. Takšna je bila zelo verjetno celotna podoba pokrajine ob Muri vse do prvih trajnih človeških naselbin. Odkar se je človek naselil ob tej mogočni reki, ki je del obsežnega podonavskega vodnega sistema, je spreminjal in sooblikoval naravna življenjska okolja, ki jih je reka ustvarila na svoji poti v Črno morje. Za svoje potrebe je izsekali širne poplavne gozdove, izsušil je zamočvirjena območja, utrdil in omejil je reko ter njene pritoke ter tako ustvaril idealne razmere za lastno bivanje ob reki. (Proteus, Mura. 2016. Privzeto 4. 2. 2024 na spletni strani <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-I79SPQ98>).



Slika 2: Rastlinstvo ob reki Muri

(Vir: lasten)

2. 1. 3 Pedološka podlaga

Območje reke Mure v Sloveniji ima svoje specifične značilnosti pedološke podlage, ki so posledica geoloških, hidroloških, klimatskih in antropogenih dejavnikov. Ob reki Muri v Sloveniji lahko najdemo različne tipe tal, vključno s tlemi, bogatimi s humusom na poplavnih območjih, in tlemi s peskom ali ilovico na drugih področjih. Razumevanje teh raznolikih značilnosti tal je ključno za trajnostno upravljanje tal in ohranjanje naravnega okolja ob reki Muri.

Kriteriji za razmejevanje posameznih pedogeografskih regij so razlike v naravnogeografskih dejavnikih Pomurske ravnine. Na osnovi razlik v sestavi odeje prsti Pomurske ravnine se po teh kriterijih dve pedogeografski regiji:

I. prsti na holocenski ravnini

II. prsti na pleistocenskih terasah

Prva regija ima šest podregij: 1. ravnina ob Muri, 2. ravnina med Muro in Ledavo, 3. ravnina ob Ledavi, 4. ravnina ob Ščavnici, 5. ravnice ob pritokih Ledave in Ščavnice iz Goriškega ter Slovenskih goric, 6. ravnina Genterovskega pretržja.

Prva podregija zajema vse obrečne prsti na recentnih rečnih nanosih na holocenski ravnini ob Muri. Po globini so plitve do globoke, po teksturi peščene, ilovnate do meljnato glinasto ilovnate. Sem sodijo tudi srednje globoke do globoke oglejene obrečne prsti, kjer pride že do močnejšega vlaženja spodnjega dela profila, po teksturi so meljnato ilovnate. Njive so na obrečnih plitvih in neoglejenih prsteh, travniki pa na ilovnato-meljnato ilovnatih, srednje globoko oglejenih prsteh.

V drugo podregijo spadajo prsti na holocenskem produ in pesku med Muro in Ledavo. Večinoma gre za distrične rjave prsti in distrični ranker. Prve so srednje globoke do globoke, večinoma ilovnate teksture. Distrični ranker je regolitichen, peščeno ilovnate teksture. V to podregijo spadajo tudi oglejene distrične rjave prsti ilovnate teksture. Prsti te podregije so dobre poljedelske prsti.

V tretjo in četrto podregijo so uvrščene oglejene prsti na holocenskih ilovicah in glinah ob Ledavi, Ščavnici ter delno ob njunih pritokih iz Goričkega in Slovenskih goric.

V posebno peto podregijo vključujemo prsti ob potokih tekočih iz Goričkega v Ledavo in pritokih Ščavnice ter potokih tekočih po Radgonski terasi. Sem sodijo srednje globoko in globoko oglejene obrečne prsti in mineralni hipoglej. Na njih se širijo mokrotni travniki.

Šesta prve podregije regije zavzema Genterovsko pretržje. Tu so peščene ilovice, ki bi bile lahko preložena puhlica alidegradirana eluvialna puhlica. Na tej matični osnovi je nastala evtrična rjava prst, ki jo obdajajo oglejene prsti. Sodi med dobre kmetijske prsti.

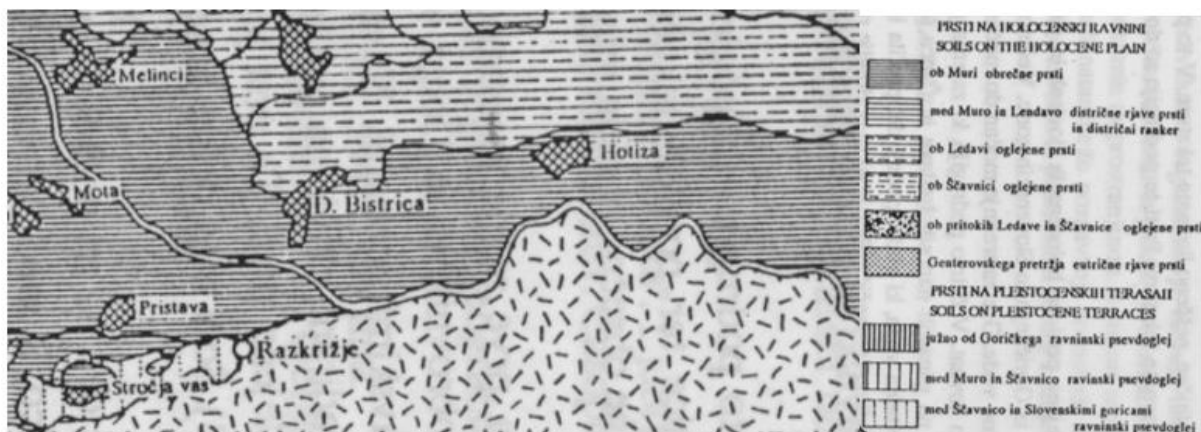
Druga regija se deli na tri podregije na pleistocenskih terasah: 1. južno od Goričkega, 2. med Muro in Ščavnico, 3. med Slovenskimi in Medžimurskimi goricami ter Ščavnico. V vseh treh prevladujejo ravninski pseudogleji, ki spadajo med slabše kmetijske prsti.

V prvi podregiji s srednje globoki in globoki ravninski pseudogleji na ilovicah Cankovske in Sebeborske terase. Na vzhodnem delu Sebeborske terase so zastopani plitvi do srednje globoki ravninski pseudogleji. Obe varieteti pseudogleja sta meljnato ilovnate do ilovnate teksture. V drugo podregijo sodijo prsti na Radgonski terasi ob Kapelskih goricah, ki se konča pri Ključarovcih. Tudi tu sta zastopana plitvi in srednje globoki ravninski pseudoglej.

Druga varieteta se nahaja na jugovzhodnem delu terase med Dobravo in Ključarovci.

Tretji podregiji druge regije pripadajo prsti na zahodnem delu Šmartinske terase med Kamenščakom in Razkrižjem. Na tej terasi je nastal le srednje globoki do globoki ravninski pseudoglej, meljnato ilovnate do ilovnate teksture. Taka individulana regionalizacija vsebuje tudi subjektivne momente, zato je možno še na druge načine razčleniti ta predel severovzhodne Slovenije. Zlasti bi pomagala geološka karta, ki bi pokazala razprostranjenost in starost usedlin, ki so zelo pomemben pedogenetski dejavnik. Tudi natančnejše poznavanje podnebnih razmer bi prispevalo k objektivnejši razčlenitvi Pomurske ravnine in podrobnejši razlagi zastopanosti posameznih pedogeografskih enot.

(Lovrenčak, F. Pedogeografska regionalizacija Pomurske ravnine, Dela, št. 8 (1991), Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani. Privzeto 29. 2. 2024 na spletni strani [Vpogled v Pedogeografska regionalizacija Pomurske ravnine \(uni-lj.si\)](http://uni-lj.si))



Slika 3: Sestava odeje prsti Pomurske ravnine v okolici Dolnje Bistrice

(vir: Vpogled v Pedogeografska regionalizacija Pomurske ravnine (uni-lj.si))

2. 2 Poplave avgusta 2023

Poplave v severni in osrednji Sloveniji so se zgodile 4. avgusta 2023 po dolgotrajnejšem močnem nalivu, ki se je začel 3. avgusta. To je najhujša naravna nesreča v zgodovini Slovenije. Po poročanju Agencije Republike Slovenije za okolje je bilo najhuje v predgorjih Julijski Alp od Idrije preko Ljubljanske kotline do Koroške, kjer je padlo med 150 do 200 litrov na kvadratni meter. Bilo je izdano rdeče opozorilo za severovzhodno, severozahodno in osrednjo Slovenijo, ki je veljalo do 4. avgusta do polnoči. Prizadeti sta dve tretjini slovenskega ozemlja, pri čemer je največ škode je na cestni, energetski in bivalni infrastrukturi. (ARSO, Izjemne poplave v Sloveniji. 2023. Privzeto 28. 1. 2024 na spletni strani http://rte.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Porocilo_visoke_vode_in_poplave_avg2023.pdf).



Slika 4: Poplavljanje Mure znotraj nasipa

(Vir: lasten)



Slika 5: Poplavljanje Mure izven poškodovanega nasipa

(Vir: lasten)

2. 2. 1 Dolnja Bistrica

V soboto, 5. avgusta, popoldne je reka Mura v spodnjem toku pri Dolnji Bistrici predrila nasip in ogrožala tamkajšnje vasi na levem bregu. Pristojne službe so uspele sanirati poškodovani nasip z betonskimi bloki že v nedeljo, 6. avgusta, dopoldne, a so se poplavne razmere na tem območju pričele izboljševati šele v ponedeljek, 7. avgusta, popoldne. V zgornjem toku je reka Mura pričela občutneje upadati v ponedeljek dopoldne, v spodnjem toku pa v torek, 8. avgusta, popoldne. Visokovodne razmere v Pomurju so se ohranile do srede, 9. avgusta, dopoldne. (ARSO, Izjemne poplave v Sloveniji. 2023. Privzeto 28. 1. 2024 na spletni strani http://rte.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Porocilo_visoke_vode_in_poplave_avg2023.pdf)



Slika 6: Satelitska slika mesta poškodovanega nasipa

(Vir: Kartografska podlaga: Arso, kartografija: lasten)

2.3 Elementi

2.3.1 Elementi v prsti

Tla so glavni vir hranil, ki jih rastline potrebujejo za rast. Tri glavna hranila so dušik (N), fosfor (P) in kalij (K). Skupaj sestavljajo trio, znan kot NPK. Druga pomembna hranila so kalcij, magnezij in žveplo. Rastline potrebujejo tudi majhne količine železa, mangana, cinka, bakra, bora in molibdena, znanih kot elementi v sledovih, saj jih rastline potrebuje le zelo malo. Vloga teh hranil pri rasti rastlin je kompleksna. (NSW Department of Primary Industries, Plant nutrients in the soil. 2023. Privzeto 28. 1. 2024 na spletni strani <https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/soils/soil-testing-and-analysis/plant-nutrients>).

2.3.2 Baker

Baker je pomemben esencialni element za rastline in človeka. Kljub temu je v prevelikih koncentracijah toksičen za živa bitja. V modernem kmetijstvu se izvajajo najrazličnejše kmetijske prakse, s katerimi se v tla vnaša preveč bakrovih spojin. Baker se absorbira v rastline, saj je nujno potreben za normalen potek biokemijskih procesov. Ob nagnjenosti rastlin k pretirani absorpciji se v rastlinskih delih lahko začnejo akumulirati prevelike koncentracije bakra. Pomembno je nadzorovati koncentracije bakra v tleh in v užitnih delih rastlin, saj preko prehranjevalne verige prehaja tudi v človeka. Prevelike koncentracije bakra so lahko škodljive

za človekovo zdravje (Izpostavljenost ljudi bakru zaradi uživanja hrane pridelane na območjih s povečanimi vsebnostmi v tleh. 2019. Privzeto 3. 2. 2024 na spletni strani <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=110634>).

2. 3. 3 Fosfor

Fosfor igra pomembno vlogo pri razvoju cvetov, semen in plodov. Največ fosforja je rastlinam na voljo v vlažni in prezračeni zemlji s pH okrog 6,5. Pri nizkem pH se fosfor veže z železom in aluminijem in je tako rastlinam nedosegljiv. Pri višjem pH (nad 7) pa se tvori kalcijev fosfat, ki onemogoča rastlinam izkoristek fosforja (Trajnostno kmetijstvo – pomen organske snovi v tleh za boljšo rodovitnost tal v Slovenski Istri. 2020. Privzeto 2. 2. 2024 na spletni strani https://kmetijskizavod-ng.si/novice/2020120108174019/trajnostno_kmetijstvo_pomen_organiske_snovi_v_tleh_za_boljsa_rodovitnost_tal_v_slovenski_istri).

2. 3. 4 Dušik

Molekularni dušik (N_2) je pri normalnih temperaturah in tlakih brezbarven, brez vonja ter okusa. Približno 78 % Zemljine atmosfere sestavlja molekularni dušik (N_2). Visokotemperaturno zgorevanje v prisotnosti plinastega dušika, na primer v avtomobilskih motorjih, lahko ustvari dušikov oksid (NO) in dušikov dioksid (NO_2). Oba plina sta sama po sebi strupena. Dušikov plin se lahko uporablja za proizvodnjo amonijaka (NH_3), ki se v veliki meri uporablja za proizvodnjo kemičnih gnojil. Dušik je eden najpomembnejših elementov v kemiji živih bitij. Je del aminokislin, gradnikov beljakovin. Dušikov cikel sledi številnim različnim kemičnim oblikam skozi okolje in žive organizme. Nekateri mikrobi lahko vzamejo plinasti dušik iz zraka in ga pretvorijo v amonijak, s čimer postanejo na voljo rastlinam in drugim organizmom v procesu, imenovanem "fiksacija dušika". (Ucar, Nitrogen. 2024. Privzeto 28. 1. 2024 na spletni strani <https://scied.ucar.edu/learning-zone/air-quality/nitrogen>).

Dušik je najpomembnejši element v prehrani rastlin. Rastline sprejemajo dušik v obliki nitratnega (NO_3^-) ali amonijevega iona (NH_4^+). Zaradi intenzivne nitrifikacije v tleh, ob prisotnosti bakterij, je nitrat (NO_3^-) prevladujoča oblika dušika, ki jo sprejme rastlina. Nitrat je v zemlji zelo mobilni in se pri določenih klimatskih pogojih ter strukturi tal spira v podtalnico. Nevarnost onesnaženja podtalnice lahko zmanjšamo z usmerjanjem gnojenja, na osnovi poznavanja potreb kmetijskih rastlin po dušiku (Mineralne oblike dušika. Privzeto 3. 2. 2024 na spletni strani https://www.kis.si/Mineralne_oblike_dusika/).

2. 3. 5 Železo

Železo je mikrohranilo, ki ga rastline izkoristijo v največjih količinah. Rastline lahko izkoristijo le topne oblike železa. Železo pa je najbolj topno pri nizkih pH, zato v bazičnih tleh nastopijo težave, ker se z vsako stopnjo pH več, topnost železa 100-krat zmanjša (Trajnostno kmetijstvo – pomen organske snovi v tleh za boljšo rodovitnost tal v Slovenski Istri. 2020. Privzeto 3. 2.

2024 na spletni strani <https://kmetijskizavod-ng.si/novice/2020120108174019/> trajnostno kmetijstvo pomen organske snovi v tleh za boljšo rodovitnost tal v slovenski istri).

2. 3. 6 Kadmij

Kadmij in njegove spojine so zelo strupeni in znano je, da izpostavljenost tej kovini povzroča raka in vpliva na srčno-žilni, ledvični, prebavni, nevrološki, reproduktivni in dihalni sistem telesa. Do izpostavljenosti kadmiju lahko pride v mnogih industrijskih sektorjih, predvsem pa v metalurški proizvodnji in gradbeništvu. (Occupational Safety and Health Administration, Cadmium. 2024. Privzeto 28. 1. 2024 na spletni strani <https://www.osha.gov/cadmium>).

Kadmij nima pomembne metabolične vloge pri rastlinah in živalih. Živalim je toksičen že pri nizkih koncentracijah. Previsoka vsebnost pri rastlinah pa lahko škodi človeški prehrabi, saj se akumulira v ledvicah. Vzrok za povečanje kadmija v zemlji so fosfatna gnojila, ki vsebujejo kadmij. Najvišje koncentracije kadmija so v zgornjih plasteh zemlje. V kislih zemljah so koncentracije kadmija višje kot v bazičnih (Vpliv življenjskega okolja na koncentracijo kadmija v krvi pri otrocih. 2010. Privzeto 3. 2. 2024 na spletni strani https://www.ffa.uni-lj.si/fileadmin/datoteke/Knjiznica/diplome/2010/Barboric_Sabina_dipl_nal_2010.pdf).

2. 3. 7 Vrednosti snovi v tleh

Po definiciji je mejna imisijska vrednost gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali, in pri kateri se ne poslabšuje kakovost podtalnice ter rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še sprejemljivi. Opozorilna imisijska vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolje. Kritična imisijska vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali ter za zadrževanje ali filtriranje vode (Slovenska zakonodaja. 2002. Privzeto 5. 2. 2024 na spletni strani http://www.urboil.bf.uni-lj.si/nivo/4_zakonodaja/zakonodaja_slo.htm).

Slovenija			
	Mejna imisijska vrednost mg/kg	Opozorilna imisijska vrednost mg/kg	Kritična imisijska vrednost mg/kg
Cd	1	2	12
Cu	60	100	300
Ni	50	70	210
Pb	85	100	530
Zn	200	300	720
Cr	100	150	380
Cr ⁶⁺			25

Slika 7: Imisijske vrednosti nevarnih snovi v tleh

(Vir: http://www.urboil.bf.uni-lj.si/nivo/4_zakonodaja/zakonodaja_slo.htm)

2. 4 Ostali parametri meritev

2. 4. 1 pH

Vrednost pH je pravzaprav merilo koncentracije vodikovih ionov. Ker se koncentracija vodikovih ionov spreminja v širokem območju, se uporablja logaritemska lestvica (pH): pri znižanju pH za 1 se kislost poveča za faktor 10. Gre za „obratno“ lestvico, saj imajo zelo kislila tla nizek pH in visoko koncentracijo vodikovih ionov. Zato je pri visokih (alkalnih) pH vrednostih koncentracija vodikovih ionov nizka (USGS, pH scale. 2019. Privzeto 1. 2. 2024 na spletni strani <https://www.usgs.gov/media/images/ph-scale-0>).

2. 4. 1. 1 pH vode

pH je merilo koncentracije vodikovih ionov v vodi na lestvici od 1,0 do 14,0. Nižji kot je pH vode, bolj je kislila. Višji kot je pH vode, bolj bazična ali alkalna je. pH vpliva na številne kemične in biološke procese v vodi in različni organizmi imajo različna območja pH, znotraj katerih uspevajo. Največ vrst vodnih živali ima raje pH med 6,5 in 8,0. pH zunaj tega območja zmanjša raznolikost v toku, ker obremenjuje fiziološke sisteme večine organizmov in lahko zmanjša razmnoževanje. Nizek pH lahko tudi omogoči, da strupeni elementi in spojine, kot so težke kovine, postanejo mobilni in "na voljo" vodnim rastlinam in živalim. Tudi to lahko povzroči razmere, ki so strupene za vodno življenje, zlasti za občutljive vrste. Alkalne spojine v vodi, kot so bikarbonati (ena vrsta je soda bikarbona), karbonati in hidroksidi, odstranijo ione H⁺ in znižajo kislost vode (kar pomeni povečan pH). (UMass Amherst, pH and Alkalinity for rivers. 2016. Privzeto 1. 2. 2024 na spletni strani https://www.umass.edu/mwwp/protocols/rivers/ph_alkalinity_river.html).

2. 4. 1. 2 pH prsti

Tla so lahko naravno kislila ali alkalna, kar je mogoče izmeriti s testiranjem njihove pH vrednosti. Ustreden pH je pomemben za zdravo rast rastlin. Pomembno je tudi zavedanje dolgoročnih učinkov različnih praks upravljanja tal na pH tal. Večina tal ima pH med 3,5 in 10. Na območjih z večjo količino padavin se naravni pH tal običajno giblje od 5 do 7, medtem ko je na bolj suhih območjih razpon od 6,5 do 9.

Tla lahko razvrstimo glede na pH vrednost:

- 6,5 do 7,5 – nevtrarno
- nad 7,5 – alkalno
- manj kot 6,5 – kislila, tla s pH manj kot 5,5 pa veljajo za močno kislila.

Naravni pH tal je odvisen od kamnine, iz katere so bila tla oblikovana, in vremenskih procesov, ki so vplivali nanjo – na primer podnebje, vegetacija, topografija in čas. Ti procesi sčasoma povzročijo znižanje pH (Queensland government, Soil pH . 2022. Privzeto 1. 2. 2024 na spletni strani <https://www.qld.gov.au/environment/land/management/soil/soil-properties/ph-levels>).

2. 5 Organske snovi v prsti

Organska snov v tleh pomeni vse žive ali nekoč živeče materiale znotraj ali dodane prsti. To vključuje korenine, ki se razvijajo med rastno sezono, strnišča posevka ali dodana gnojila in gnojilke. Vse organske snovi vsebujejo ogljik. Vsebujejo pa tudi: dušik, fosfor, žveplo, kalij, magnezij, kalcij in različne vrste mikrohranil npr. baker in cink. Organska snov v tleh najdemo v številnih oblikah z različnimi starostmi. Če zelo natančno pogledamo atome C, bomo našli nekatere, ki so bili prejšnji teden fiksirani iz ogljikovega dioksida s fotosintezo, nekateri pa segajo več kot 10.000 let nazaj. (AHBD, What soil organic matter is and what it does. 2023. Privzeto 2. 2. 2024 na spletni strani <https://ahdb.org.uk/knowledge-library/what-soil-organic-matter-is-and-what-it-does>).

2. 6 Rečni mulj

Izraz mulj se uporablja v različnih pomenih. V pričujočem članku s tem izrazom opisujemo fine delce snovi anorganskega in organskega izvora, ki lebdijo v vodi in se v odsotnosti vodnega toka naberejo kot usedlina na dnu rečnega korita. Z drugim izrazom jih imenujemo tudi suspendirani sedimenti. Medtem ko jih reka nosi z vodnim tokom navzdol, se delci usedajo in nabirajo na mestih, kjer se vodni tok dovolj umiri. Mulj se zato nabira na notranji strani okljukov, v rečnih rokavih, v mrtvicah in v drugih zalednih vodah z majhnimi hitrostmi vodnega toka.

Če bi analizirali mulj v rekah, na katere človek nima velikega vpliva, bi ugotovili, da gre za mešanico povsem naravnih in neproblematičnih snovi. V takšnih vodotokih je mulj mešanica zemlje, drobnih delcev kamnine (mivke), odmrlih delcev rastlin in živali ter mikroorganizmov. Zemlja in mivka sta anorganski komponenti mulja, ki se v reki najdeta zaradi delovanja vode, ki spodjeda brežine, kotali kamnine in izpira okoliške površine. Organsko komponento mulja pa sestavljajo odmrle rastline, živali in mikroorganizmi, ki živijo ali rastejo v reki in ob njej in so bili razkrojeni do delcev nerazpoznavnih oblik. Prispevajo jo predvsem odpadlo listje, odmrli les in drugi odmrli deli rastlin, odmrli mikroorganizmi, živalski izločki, vključno z iztrebki rib, odmrli deli živali, delci poginulih živali in podobno. Razmerje med organsko in anorgansko komponento v mulju ni stalno, spreminja se glede na lokacijo, letni čas in obdobje analize (Kopičenje velikih količin problematičnega mulja. 2019. Privzeto 4. 2. 2024 na spletni strani <https://www.dprs.si/datoteke/1576237763-20191213SkodljivivplivihidroelektrarnKopicenjemuljaKONsFot.pdf>)

3 MATERIAL IN METODE

Najprej smo pridobili satelitske slike območja Dolnje Bistrice, kjer je 5. avgusta 2023 reka Mura podrla zaščitni nasip in se razlila po okolici.

Na osnovi teh podatkov smo določili tri območja za odvzem prsti za analizo. Prvo območje smo določili na mestu, kjer je rečna voda ob poškodovanem nasipu iztekala iz struge, drugo območje je bilo na mestu ob poplavljenem področju, ki ga voda ni dosegla, tretje območje pa je bilo pred izlivom rečne vode.

Določili smo tudi, da bomo na prvem območju odvzeli osem vzorcev prsti, na drugem območju štiri vzorce in na tretjem območju ravno tako štiri. Vsako vzorčno mesto bo iz treh plasti. Prva plast je bila odvzeta do globine 5 cm, druga plast na globini od 5 do 10 cm in tretja plast na globini od 10 do 15 cm.

3.1 Material

Za potrebe raziskovalne naloge smo uporabljali:

- satelitska slika Dolnje Bistrice pred poplavo in ob poplavi,
- fotoaparata,
- aplikacija za določitev koordinat,
- lopata in motika,
- meter,
- pripomoček za odvzem plasti prsti,
- kartončki za označevanje lokacije,
- vrečke za vzorce prsti,
- tehtnica,
- čaše,
- žličke,
- steklene palčke,
- liji,
- filtrirni papir,
- platenke,
- pH meter (elektronski),
- pufer,
- reagenti za določitev ionov PO_4^{3-} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , NH_4^+ ,
- spektrometer in reagent za določitev kadmijevih ionov Cd^{2+} (območje določevanja 0,05 – 2,00 mg/L),
- žarilni lončki,
- žarilna peč,
- pipete,
- destilirana voda.

3. 2 Metode dela

3. 2. 1 Terensko delo

S pomočjo satelitske karte smo določili tri večja območja za odvzem vzorcev.

Najprej smo se lotili poplavljenega območja ob pretrganem nasipu reke Mure. Naključno smo določili osem mest namenjenih odvzemu prsti.

Odvzem je potekal tako, da smo najprej s trakom zavarovali območje odvzema in odstranili rastlinje in listni odpad v površini 50 x 50 cm.



Slika 8: Priprava mesta za odvzem vzorca

(Vir: lasten)



Slika 9: Odvzem plasti vzorca

(Vir: lasten)

S posebej izdelanim pripomočkom v obliki valja smo izdolbili prvih 5 cm prsti in jo shranili v vrečke, ki so bile označene s podatki (lokacija, mesto odvzema, datum, plast). Tako smo poskrbeli, da je vsakega vzorca enaka količina. Vsakemu odvzemnemu mestu smo določili koordinate. Na enak način smo odvzeli še drugo plast (naslednjih 5 cm prsti) in tretjo plast (naslednjih 5 cm prsti).

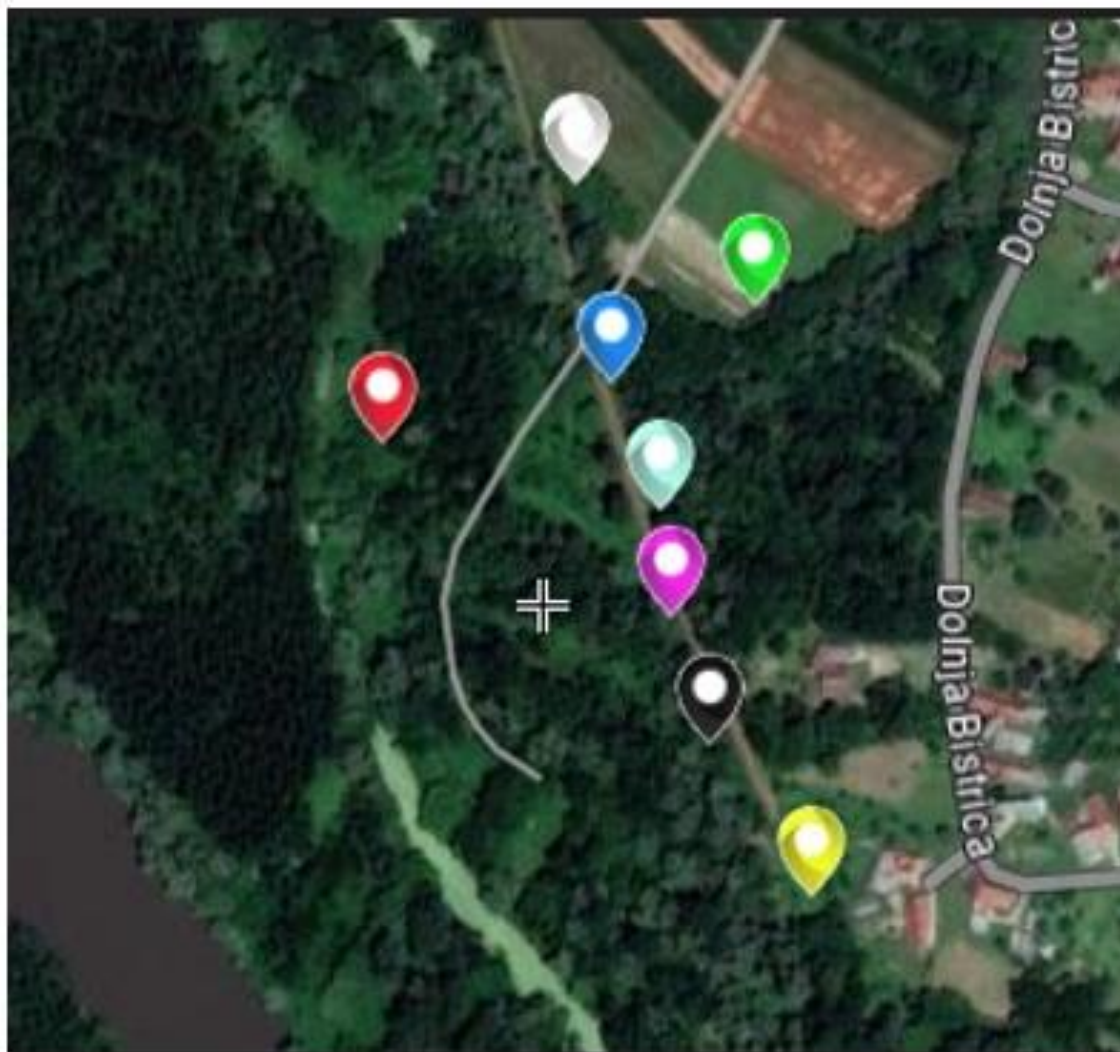
Enak postopek smo uporabili za drugo območje, ki ga poplavna voda ni zalila (a je bila blizu), kjer smo naključno določili štiri odvzemna mesta in na tretjem območju pred pretrganim nasipom in poplavami, kjer smo prav tako naključno določili štiri odvzemna mesta.

Z enakim postopkom smo nabrali na poplavljenem območju 24 vzorcev, na nepoplavljenem območju v bližini poplav 12 vzorcev in na nepoplavljenem območju pred poškodbo nasipa 12 vzorcev.

1100	Njiva
1160	Hmeljišče
1180	Trajne rastline na njivskih površinah
1190	Rastlinjak
1211	Vinograd
1212	Matičnjak
1221	Intenzivni sadovnjak
1222	Ekstenzivni oz. travniški sadovnjak
1230	Oljčnik
1240	Ostali trajni nasadi
1300	Trajni travnik
1321	Barjanski travnik
1410	Kmetijsko zemljišče v zaraščanju
1420	Plantaža gozdnega drevja
1500	Drevesa in grmičevje
1600	Neobdelano kmetijsko zemljišče
1800	Kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem
2000	Gozd
3000	Pozidano in sorodno zemljišče
4100	Barje
4210	Trstičje
4220	Ostalo zamočvirjeno zemljišče
5000	Suho odprto zemljišče s posebnim rastlinskim pokrovom
6000	Odprto zemljišče brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom
7000	Voda

Slika 10: Legenda rabe tal

(Vir: MKGP portal)



Slika 11: Točke odvzema prsti na poplavljenem območju

(Vir: Kartografska podlaga: Arso, kartografija: lastna)

Tabela 1: Koordinate odvzemnih mest na poplavljenem območju

	Odvzemno mesto št.	Koordinate	
	1	S 46° 32' 13"	J 16° 17' 07"
	2	S 46° 32' 13"	J 16° 17' 03"
	3	S 46° 32' 16"	J 16° 17' 09"
	4	S 46° 32' 11"	J 16° 17' 08"
	5	S 46° 32' 07"	J 16° 17' 11"
	6	S 46° 32' 05"	J 16° 17' 15"
	7	S 46° 32' 10"	J 16° 17' 08"
	8	S 46° 32' 17"	J 16° 17' 06"



Slika 12: Raba tal na poplavljenem območju

(Vir: kartografska podlaga: MKGP portal, kartografija: lastna)

Vzorci 1, 2, 5, 6, 7 in 8 so bili odvzeti v gozdu oz. pod drevesi in grmičevjem, vzorec 3 na trajnem travniku in vzorec 4 na njivi.



Slika 13: Točke odvzema prsti na nepoplavljenem območju (v bližini poplave)

(Vir: Kartografska podlaga: Arso, kartografija: lastna)

Tabela 2: Koordinate odvzema prsti na nepoplavljenem območju (v bližini poplave)

	Odvzemno mesto št.	Koordinate	
	9	S 46° 32' 56"	J 16° 17' 10"
	10	S 46° 32' 42"	J 16° 17' 56"
	11	S 46° 32' 55"	J 16° 18' 47"
	12	S 46° 32' 55"	J 16° 18' 52"



Slika 14: Raba tal na nepoplavljenem območju (v bližini poplave)

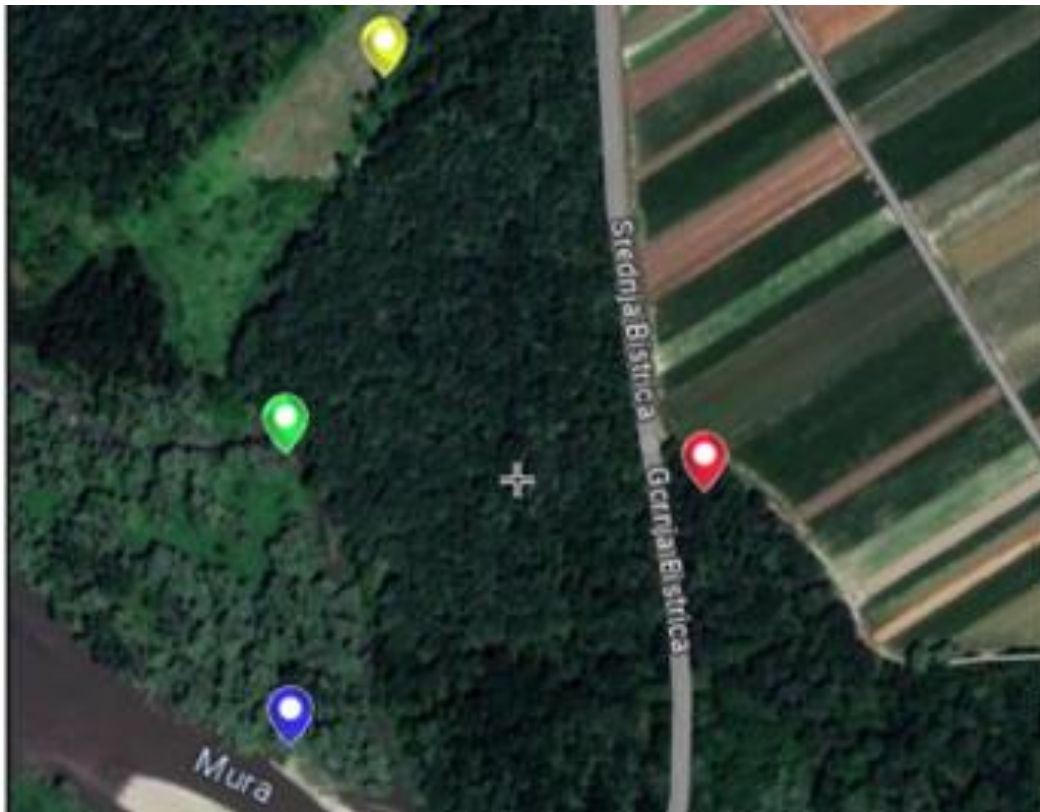
(Vir: kartografska podlaga: MKGP portal, kartografija: lastna)



Slika 15: Raba tal na nepoplavljenem območju (v bližini poplave)

(Vir: kartografska podlaga: MKGP portal, kartografija: lastna)

Vzorca 9 in 12 sta bila odvzeta na njivi, vzorca 10 in 11 pa na travniku.



Slika 16: Točke odvzema prsti na nepoplavljenem območju (pred poplavljenim območjem)

(Vir: Kartografska podlaga: Arso, kartografija: lastna)

Tabela 3: Koordinate odvzema prsti na nepoplavljenem območju (pred poplavljenim območjem)

	Odvzemno mesto št.	Koordinate	
	13	S 46° 32' 26"	J 16° 16' 16"
	14	S 46° 32' 31"	J 16° 16' 14"
	15	S 46° 32' 30"	J 16° 16' 26"
	16	S 46° 32' 44"	J 16° 16' 11"



Slika 17: Raba tal na nepoplavljenem območju (pred poplavljenim območjem)

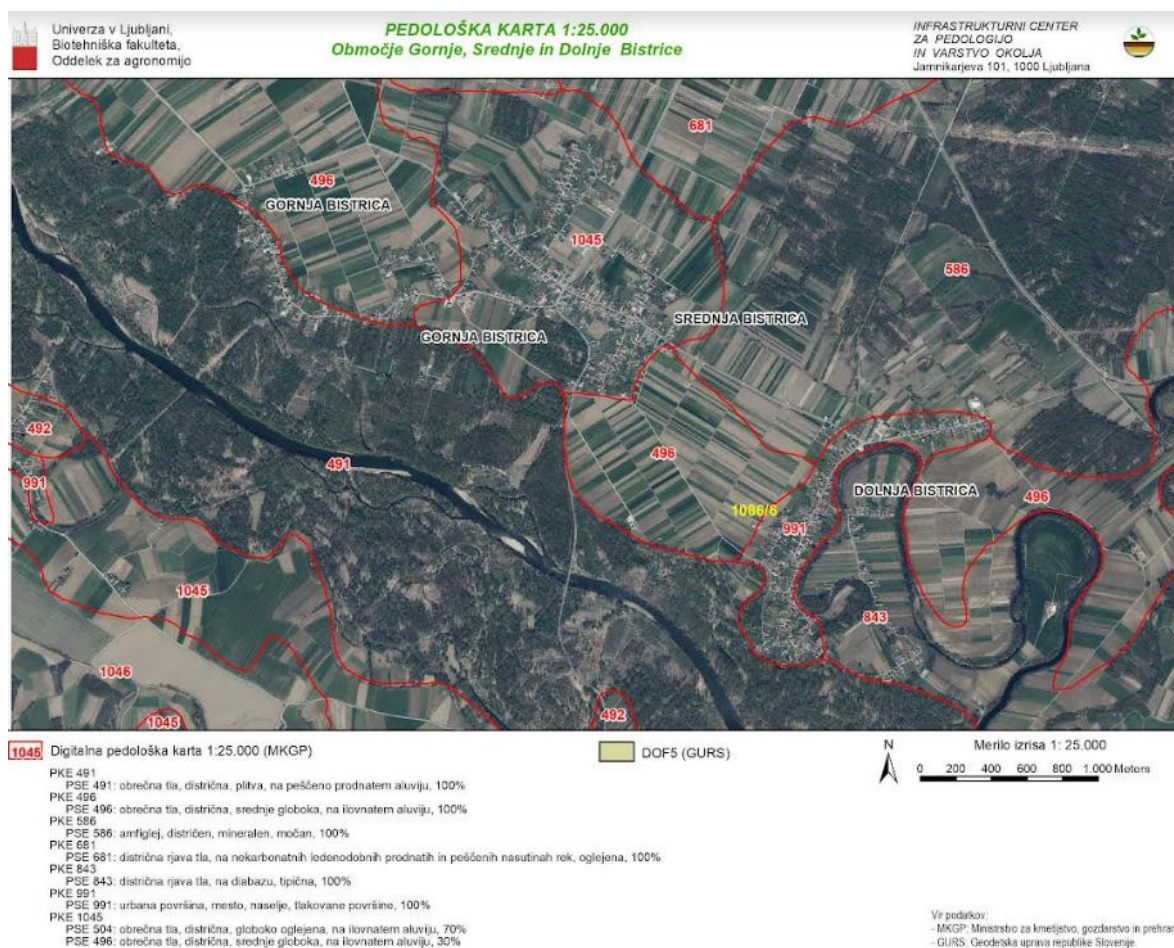
(Vir: kartografska podlaga: MKGP portal, kartografija: lastna)

Vzorci 13, 14, 15 in 16 so bili odvzeti v gozdu.

Skupaj smo imeli 48 vzorcev prve, druge in tretje plasti prsti, ki smo jih shranili v dobro zaprtih in označenih vrečkah na suhem mestu. Prve vzorce smo odvzeli 21.9. 2023 na poplavljenem območju (24 vzorcev), druge vzorce pa 22. 9. 2023 na obeh nepoplavljenih območjih (24 vzorcev). Vzorci so bili odvzeti 6 tednov po razlitju rečne vode (pretrganju nasipa).

Ker je od poplave in do odvzema vzorcev poteklo dobrih 6 tednov, smo pridobili tudi informacijo o padavinah v obdobju od 5. 8. do 21. 9. 2023 (merilna postaja Gornja Bistrica, nadmorska višina 171 m). Po navedbah ARSO (2023) je v času od 5. 8. do 31. 8. deževalo v osmih dneh in je v povprečju padlo 9,8 mm dežja na m². Glavnina te količine je padla 5., 6. in 7. 8. 2023 (14,9 mm/m²), ko je bilo poplavljenno območje še pod vodo. V času od 1. 9. do 22. 9. 2023 pa je deževalo tri dni, pri čemer je v povprečju padlo 1,8 mm/m².

Za namen pridobitve informacij, o prepustnosti tal in hitrosti pronicanja vode in v njej raztopljenih snovi v globlje plasti prsti, smo pridobili pedološko karto raziskovalnega območja.



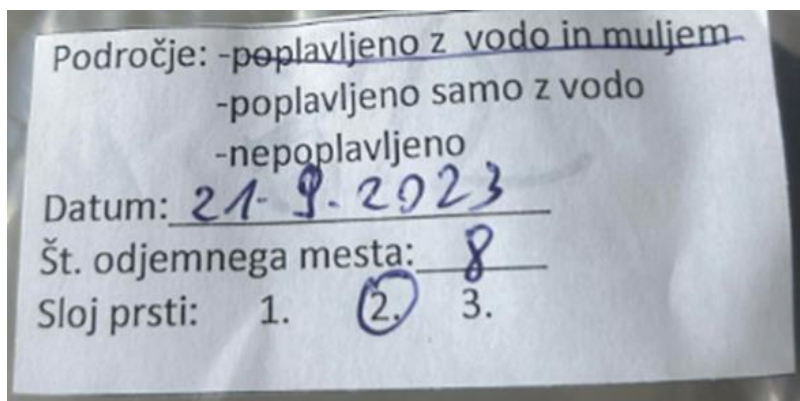
Slika 18: Pedološka karta za območje Gornje, Srednje in Dolnje Bistrice

(Vir: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddeleke za agronomijo)

Iz karte je razvidno, da se na območju odvzema vzorcev prsti nahajajo trije tipi prsti, in sicer obrečna tla, distrična, plitva na peščeno prodnatem aluviju (491), distrična rjava tla na diabazu, tipična (843) in obrečna tla, distrična, srednje globoka, na ilovnatem aluviju (496).

3. 2. 2 Laboratorijsko delo

Analiza vzorcev se je začela 6 tednov po odvzemu vzorcev oziroma 3 mesece po pretrganju nasipa. Material s terena smo hranili v laboratoriju. Vrečke z odvzetim materialom so bile označene glede na odvzemno mesto in glede na sloj plasti.



Slika 19: Vzorčenje prsti glede na področje odvzema in sloj

Določili smo elemente, katerih prisotnost ionov želimo določiti. Pripravili smo si ustrezen laboratorijski pribor, pripomočke in aparature.



Slika 20: Vzorci prsti

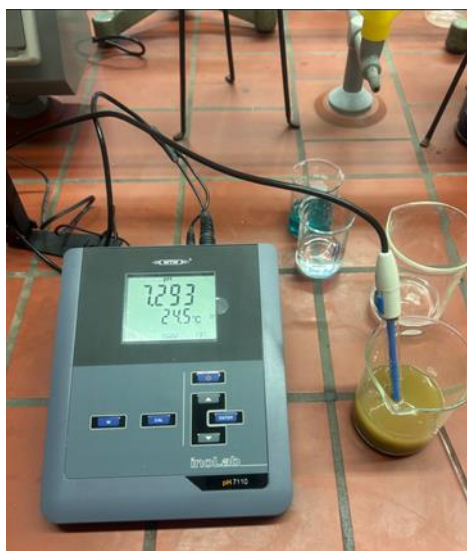
(Vir: lasten)

3. 2. 2. 1 pH vrednosti

Naključno smo izbrali 11 vzorcev prsti iz poplavljenega območja, 5 vzorcev prsti iz nepoplavljenega območja, kjer je bila poplavna voda blizu in 4 vzorce iz nepoplavljenega območja pred poškodovanim nasipom. Za analizo ostalih vzorcev pa bi se odločili le, če bi opazili, da so med rezultati večja odstopanja.

Iz posameznega vzorca smo stehtali 50 g vzorca prsti in ga v čaši prelili s 100 ml destilirane vode ter dobro premešali s stekleno palčko. V čašo s pripravljenimi vzorci smo, ko se je usedlina posedla, potopili pH-merilnik Vernier PH-BTA ter počakali, da se je vrednost na ekranu umirila. Vrednost smo odčitali in zabeležili.

Postopek smo ponovili za vseh 20 vzorcev. Po vsaki meritvi smo pH meter sprali z destilirano vodo in po potrebi ponovno umerili s pufrom.



Slika 21: Merjenje pH

(Vir: lasten)

3. 2. 2. 2 Določanje organske snovi

Med nabranimi vzorci prsti smo naključno izbrali 9 vzorcev (5 iz poplavljenega območja in po 2 vzorca iz nepoplavljenega območja – v bližini poplave in pred poškodovanim nasipom) ter dodali smo še tri rezervne vzorce. Zaradi dolgotrajnega postopka, se nismo odločili za večje število vzorcev, bi pa opravili še dodatno žarenje, če bi po rezultatih opazili, da so med njimi večja odstopanja.

V žarilnem lončku smo na analizni tehtnici stehtali 10 g prsti. Najprej smo jih en teden sušili na sobni temperaturi. Posušene in ponovno stehtane vzorce smo nato žarili pri 900 °C, čas zadrževanja na maksimalni temperaturi je bil 3 ure. Po končanem žarjenju smo preostanek ponovno stehtali na analizni tehtnici.



Slika 22: Vzorci prsti v žarilnih lončkih

(Vir: lasten)



Slika 23: Tehtanje organskih snovi

(Vir: lasten)



Slika 24: Žarilna peč

(Vir: lasten)

3. 2. 2. 3 Filtracija

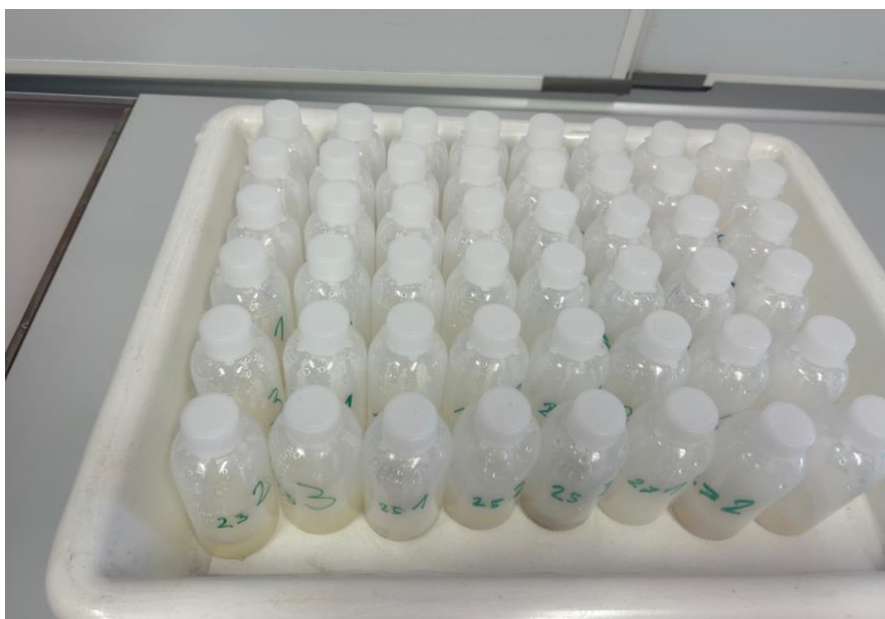
Pripravili smo aparaturo za filtracijo, na katero smo namestili steklen lij z nagubanim filter papirjem. Na filter papir smo ob stekleni palčki nalili raztopino, kateri smo pred tem merili pH vrednost. Filtrat je iztekal v čašo pod lijem.

Pripravili smo filtrate vseh vzorcev prsti, saj smo menili, da bodo na razpolago za vse nadaljnje analize in jih bomo lahko naključno izbirali. Na takšen način smo pridobili 48 filtratov, ki smo jih shranili v označenih plastičnih posodah (številka odvzemnega mesta in plast).



Slika 25: Aparatura za filtriranje

(Vir: lasten)



Slika 26: Vzorci filtratov prsti

(Vir: lasten)

3. 2. 2. 4 Določanje bakrovih ionov

Naključno smo iz poplavljenega odzemnega območja izbrali štiri filtrate, iz nepoplavljenega pa po en filtrat iz obpoplavnega in en filtrat iz območja pred poplavami.

Pripravili smo si reagent za določanje bakrovih ionov Cu^{2+} (mg/L). Po navodilih smo dodali reagente ter nastalo barvo (po točno določenem času) primerjali s priloženo barvno skalo. Rezultat smo odčitali in zapisali. Ker med pridobljenimi rezultati ni bilo večjih odstopanj, ni bilo smiselno, da opravimo analizo večjega števila vzorcev.



Slika 27: Določanje bakrovih ionov

(Vir: lasten)

3. 2. 2. 5 Določanje železovih ionov

Naključno smo izbrali štiri filtrate, ki smo jih pridobili iz prsti, ki je bila poplavljen, po en filtrat pa pridobljen iz nepoplavljen prsti pred poplavljenim in ob poplavljenem območju.

Pripravili smo si reagent za določanje železovih ionov Fe^{2+} (mg/L). Po navodilih smo dodali reagente ter nastalo barvo (po točno določenem času) primerjali s priloženo barvno skalo. Rezultat smo odčitali in zapisali.

Rezultati niso pokazali večjih odstopanj, zato železovih ionov nismo določali v večjem številu vzorcev.



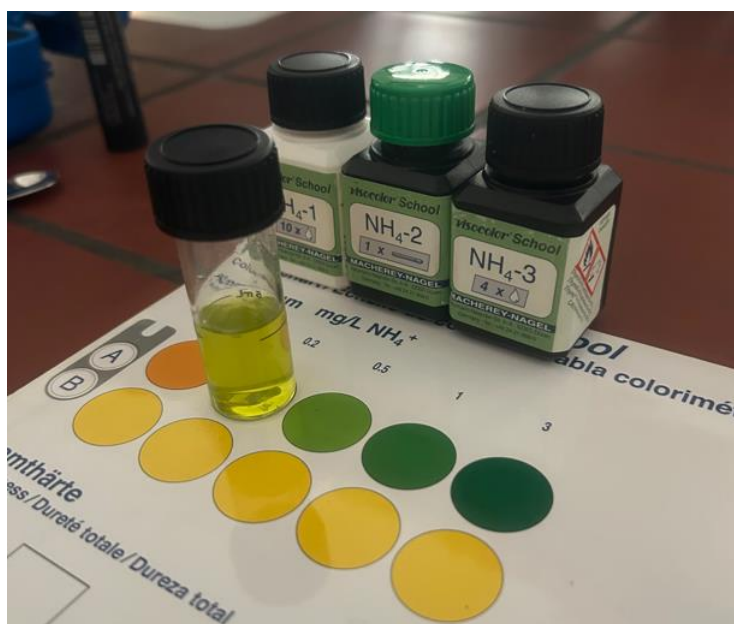
Slika 28: Določanje železovih ionov

(Vir: lasten)

3. 2. 2. 6 Določanje amonijevih ionov

Naključno smo izbrali štiri filtrate, ki smo jih pridobili iz prsti, ki je bila poplavljen, po en filtrat pa pridobljen iz nepoplavljene prsti pred poplavljenim in ob poplavljenem območju.

Pripravili smo si reagent za določanje amonijevih ionov NH_4^+ (mg/L). Po navodilih smo dodali reagente ter nastalo barvo (po točno določenem času) primerjali s priloženo barvno skalo. Rezultat smo odčitali in zapisali. Večjih razlik med izmerjenimi rezultati ni bilo, zato se nismo odločili za določanje amonijevih ionov v večjem številu vzorcev.



Slika 29: Določanje amonijevih ionov

(Vir: lasten)

3. 2. 2. 7 Določanje fosfatnih ionov

Naključno smo izbrali štiri filtrate, ki smo jih pridobili iz prsti, ki je bila poplavljenjena, po en filtrat pa pridobljen iz nepoplavljenjena prsti pred poplavljenjem in ob poplavljenem območju.

Pripravili smo si reagent za določanje fosfatnih ionov PO_4^{3-} (mg/L). Po navodilih smo dodali reagente ter nastalo barvo (po točno določenem času) primerjali s priloženo barvno skalo. Rezultat smo odčitali in zapisali. Ker med pridobljenimi rezultati ni bilo večjih odstopanj, ni bilo smiselno, da opravimo analizo večjega števila vzorcev.



Slika 30: Določanje fosfatnih ionov

(Vir: lasten)

3. 2. 2. 8 Določanje kadmijevih ionov

Naključno smo iz poplavljenega območja izbrali štiri filtrate, z nepoplavljenega območja ob poplavih tri filtrate in iz nepoplavljenega območja pred poplavo en filtrat.

Uporabili smo spektrometer in reagente za določanje kadmijevih ionov Cd^{2+} (mg/L). V epruveto z reagenti smo dodali določeno količino filtrata in po določenem časovnem obdobju le-to dali v pripravljeno aparaturo. Rezultat smo odčitali na ekranu in ga zapisali. Ker aparaturo ni zaznala prisotnosti kadmijevih ionov, dodatnih vzorcev nismo analizirali.



Slika 31: Določanje kadmijevih ionov

(Vir: lasten)



Slika 32: Spektrometer in reagent za določanje kadmijevih ionov

(Vir: lasten)



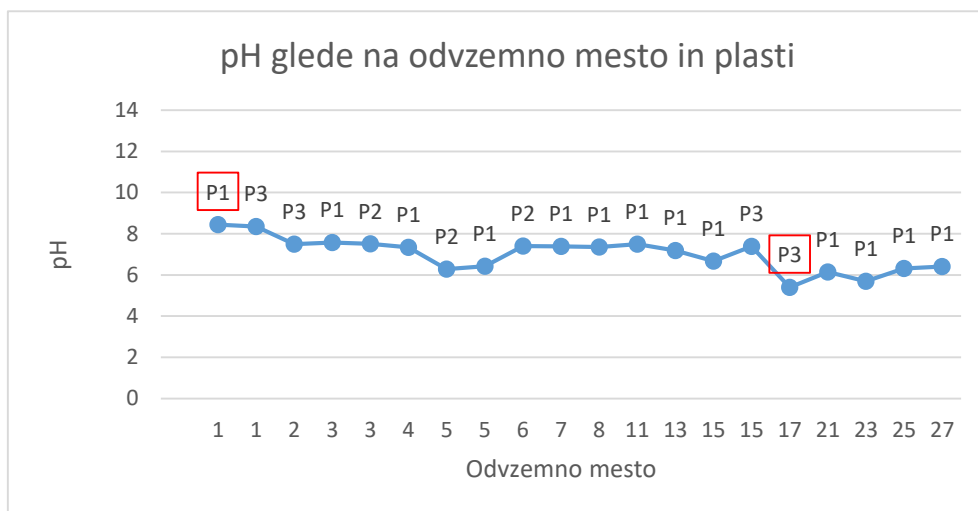
Slika 33: Določanje kadmijevih ionov v filtratu prsti

(Vir: lasten)

4 REZULTATI

4. 1 pH prsti

pH prsti glede na odjemno mesto in plasti. Vrednost smo izmerili na 16 mestih. Na odzemnem mestu 1, 3, 5 in 15 so bile meritve opravljene v dveh plasteh, na ostalih mestih samo v eni plasti.

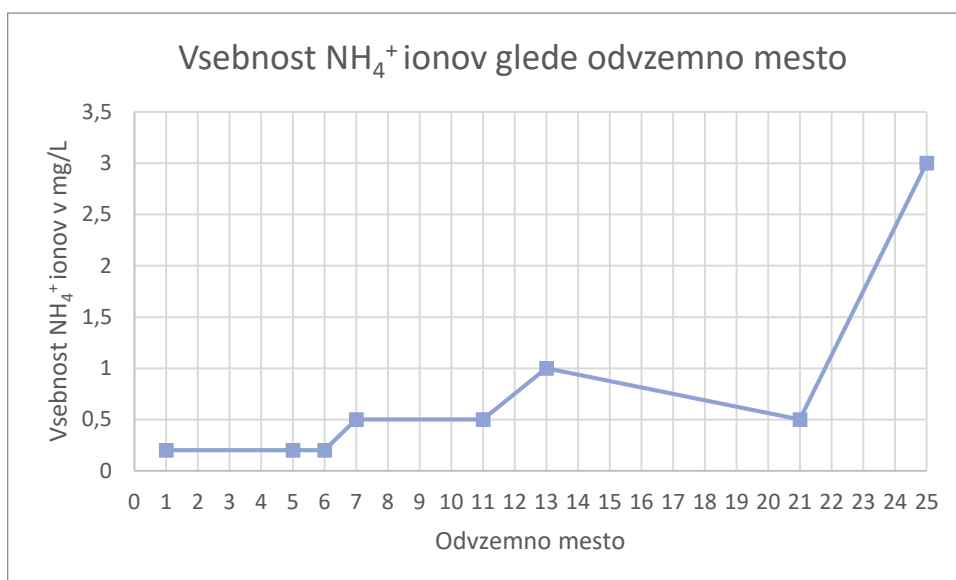


Graf 1: pH glede na odzemno mesto in plasti

Iz grafa je razvidno, da se pH prsti giblje od 5,40 do 8,44. V povprečju so najnižje vrednosti (pod 7) na nepoplavljenem območju, najvišje pa na območju, ki je bilo poplavljeno (v povprečju je vrednost višja od 7). Če pa primerjamo pH vrednosti glede na plasti, pa ni posebnih odstopanj. Meritve so pokazale, da je nekoliko izrazitejše bazična prst na prvem odzemnem mestu (poplavljeno območje). Ker so ostala odzemna mesta dokaj blizu in pri njih ni opaziti podobne vrednosti pH, ne moremo sklepati, da je nekoliko povišan pH posledica poplave. pH destilirane vode je bil 6,8.

4. 2 Vsebnost NH_4^+ ionov

Vsebnost amonijevih ionov glede na odjemno mesto. Pri odjemnih mestih 5 in 6 se je opravila analiza dveh plasti, pri vseh ostalih analiza ene plasti.

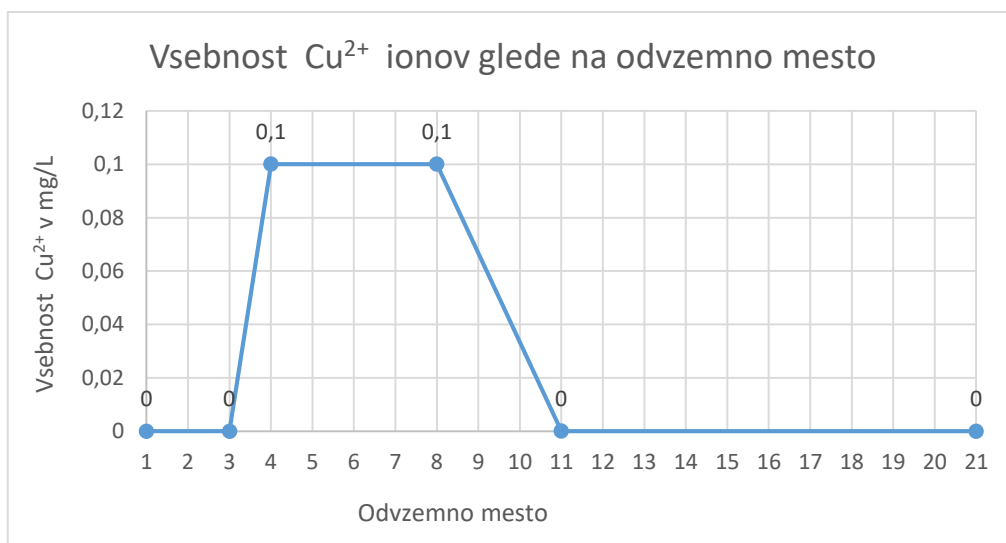


Graf 2: Vsebnost NH_4^+ ionov v mg/L glede na odvzemno mesto

Količina amonijevih ionov, izmerjena v naključnih vzorcih, se giblje od 0,2 do 3 mg/L. Najnižja je na poplavljenem območju in je povsod približno enaka. Nekoliko višja je na območju ob poplavi in še nekoliko višja na nepoplavljenem območju. Ker gre za kmetijske površine in travnike sklepamo, da je vsebnost amonijevih ionov na nepoplavljenih območjih višja zaradi posledic gnojenja z dušikovimi gnojili. Poplavna voda pa bi lahko odplaknila vrhnje, z dušikovimi gnojili bolj bogate plasti.

4.3 Vsebnost Cu^{2+} ionov

Vsebnost Cu^{2+} ionov glede na odvzemno mesto. Analize so bile opravljene na šestih vzorcih prve plasti.

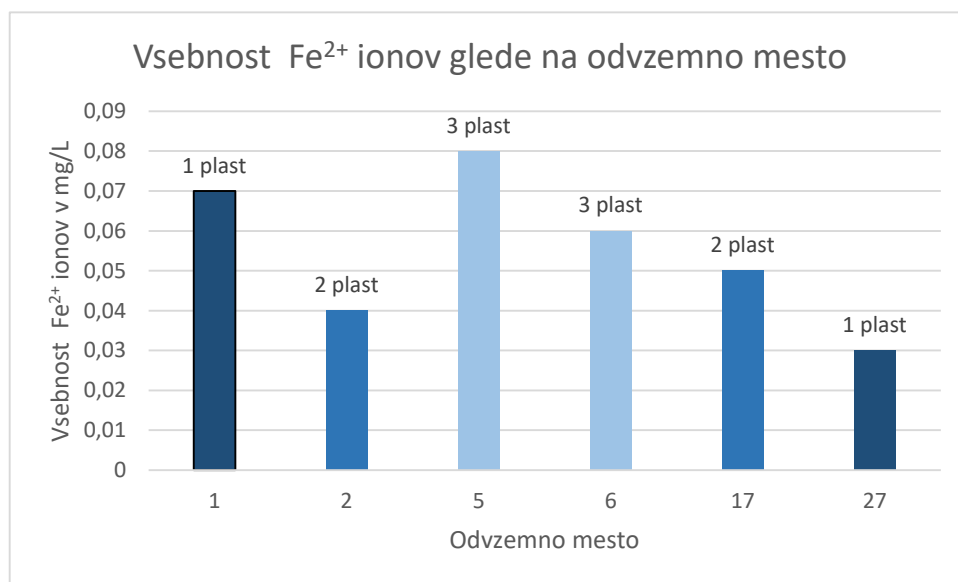


Graf 3: Vsebnost Cu^{2+} ionov v mg/L glede na odvzemno mesto

Raziskava je pokazala, da v večini vzorcev ni bilo zaznati vsebnosti bakrovih ionov. Baker je sicer v prsti potreben, saj vpliva na odpornost rastlin. V večjih količinah pa je toksičen. Da bakrovih ionov v nekaterih vzorcih ni bilo, pa je verjetno posledica tega, da je količina tako majhna, da jih reagent ne zazna (potrebna bi bila profesionalna aparatura). Ker je mejna imisijska vrednost bakrovih ionov v prsti 60 mg/kg, je največja izmerjena vrednost 0,1 mg/L filtrata oz. 0,2 mg/kg prsti zelo pod to vrednostjo.

4. 4 Vsebnost Fe^{2+} ionov

Vsebnost Fe^{2+} ionov glede na odjemno mesto. Pri tej analizi smo uporabili vzorce iz vseh treh plasti na različnih odjemnih mestih.



Graf 4: Vsebnost Fe^{2+} ionov v mg/L glede na odzemno mesto

Količina železovih ionov je v izbranih vzorcih 0,03 do 0,08 mg/L. Železo je nujno za zdravo rast rastlin, zato je njegova prisotnost nujna. So pa vrednosti zelo nizke. Nekoliko višje so na poplavljenem območju, vendar so razlike v primerjavi z ostalimi območji neznatne. Železo je mikrohranilo, ki ga rastline izkoristijo v največjih količinah. Rastline lahko izkoristijo le topne oblike železa. Za mnoge rastline se pogosto priporoča koncentracija železa v območju 20 mg/l do 40 mg/l. Iz dobljenih podatkov sklepamo, da so rastline v času rasti železo že izkoristile, zato ga ni bilo v večjih količinah v vzorcih.

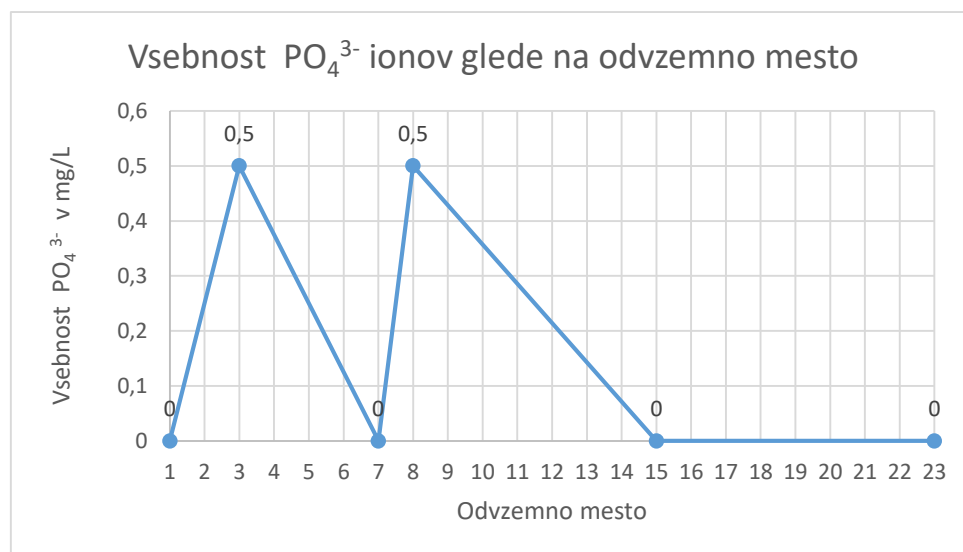
4. 5 Vsebnost Cd^{2+} ionov

Kadmijevih ionov nismo našli v nobenem vzorcu. Sklepamo, da območje ob reki Muri ne vsebuje kadmija, ker kmetje ne gnojijo z gnojili, ki vsebujejo sledi te težke kovine. Prav tako ni

v bližini metalurške ali druge težke industrije. Enako velja za zgornji in srednji tok reke, saj voda, ki se je razlila, ni onesnažila prsti s kadmijem.

4. 6 Vsebnost PO_4^{3-} ionov

Vsebnost PO_4^{3-} ionov glede na odvzemno mesto. Analizirano je bilo šest vzorcev prve plasti.



Graf 5: Vsebnost PO_4^{3-} ionov v mg/L glede na odvzemno mesto

Raziskave so pokazale, da je količina fosfatnih ionov v odvzetih vzorcih zelo majhna ali pa sploh ni bila zaznana. Ker je fosfor predvsem sestavina umetnih gnojil in je v okolica reke Mure veliko kmetijskih površin, menimo, da je količina tega elementa presenetljivo nizka. Vzrok bi lahko bil v manjši količini uporabe gnojil, spiranju v nižje plasti ali pa so rastline le-tega že porabile.

4. 7 Vsebnost organskih snovi

Vsebnost organskih snovi glede na odjemno mesto. Pri tej analizi smo uporabili vzorce predvsem iz prve plasti, vzorec 2 je bil odvzet iz 3 plasti in vzorec 6 iz 2 plasti.



Graf 6: Vsebnost organske snovi glede na odvzemno mesto

Iz grafa je razvidno, da smo količino organskih snovi izmerili v devetih vzorcih. Rezultati se gibljejo med 0,6016 in 2,403 g v 10 g prsti. Najvišjo vsebnost organskih snovi ima poplavljenno območje (12,5 %), sledi nepoplavljenno območje (12,1 %) in območje ob poplavih, kjer je vsebnost organskih snovi 6,9 %. Sklepamo, da poplavna voda ni bistveno vplivala na odnašanje organskih snovi.

5 RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

H1: Na poplavljenem območju se izmerjeni parametri skozi plasti bistveno ne spreminjajo.

HIPOTEZA JE POTRJENA.

Odvzem vzorcev smo opravili šest tednov po poplavi. Snovi, ki jih je prinesla poplavna voda, bi v tem času že lahko prešle v nižje plasti zemlje, ker gre za obrečna peščeno prodnata tla, ki so dobro prepustna. Ko smo naključno analizirali posamezne plasti, bistvenih razlik v rezultatih nismo zaznali. Sklepamo, da poplavna voda ni vplivala na merjene parametre in s seboj ni prinesla snovi, ki bi spremenile obstoječo sestavo prsti na tem območju.

H2: Prst, ki je bila poplavljen, vsebuje več organskih snovi kot nepoplavljen.

HIPOTEZA JE POTRJENA.

Organske snovi sestavljajo delci odmrlih rastlin in živali in jih vsebuje tudi mulj. Glede na to, da je največja vsebnost teh snovi na poplavljenem območju, v neposredni bližini poplav pa je vsebnost organskih snovi za skoraj 6 % manjša, lahko sklepamo, da je nekaj teh snovi s poplavami in muljem prinesla poplavna voda.

H3: pH vrednost je v poplavljeni prsti višja kot v prsti, ki je poplavna voda ni dosegla.

HIPOTEZA JE POTRJENA.

Zaradi raztapljanja CO₂ v vodi nastajajo hidrogenkarbonatni ioni. Več jih je, bolj trda je voda in višji je njen pH. Sklepamo, da je zato pH na poplavljenem delu prsti nekoliko višji kot na nepoplavljenih območjih, ki jih rečna voda ni dosegla. Predvsem izstopa odjemno mesto 1 s pH nad 8. To je odjemno mesto, ki je najbližje poškodovanemu nasipu. V neposredni bližini sta tudi odjemni mesti 2 in 3, kjer je pH nad 7,50. Na nobenem drugem odjemnem mestu pH ni bil višji od 7,50.

H4: V poplavljeni prsti bodo večje količine bakrovih in železovih ionov.

HIPOTEZA JE OVRŽENA.

Baker je v manjši količini naravni element v prsti, človek pa ga vnaša iz metalurške industrije, s kmetijskimi pripravki na osnovi bakra (tudi v vinogradništvu). Ker z našimi analizami bakra nismo zaznali ali pa ga je bilo v prsti zelo malo, sklepamo, da poplavna voda le-tega ni prinesla s seboj. Področja ob reki Muri namreč niso izpostavljena večji industriji, sploh pa ne metalurški. Menimo, da je to tudi dokaz, da se v kmetijstvu, ki je ob reki Muri bolj zastopano kot industrija, ne poslužuje bakrovih pripravkov v večjih količinah. Železove ione človek vnaša v prst z mineralnimi gnojili. Kako pa jih bodo izkoristile rastline, pa je odvisno od pH prsti, na katerega vplivajo tudi nitratni ioni, ki zvišujejo pH in zavirajo sprejemanje železovih ionov ter amonijeve ioni, ki znižujejo pH in tako pospešujejo sprejemanje železovih ionov. Ker povišanja amonijevih ionov nismo zaznali, lahko sklepamo, da je tudi količina nitratnih ionov, ki jih sicer

nismo merili, nizka in zato ne pride do nalaganja mikrohranila železa v prsti. Menimo, da gnojenje z dušikovimi gnojili na območju ob toku reke Mure, ni pretirano, saj voda ni prinesla s seboj večjih količin železovih ionov.

H5: V poplavljeni prsti bodo manjše količine amonijevih in fosfatnih ionov.

HIPOTEZA JE OVRŽENA.

Dušik je naravno prisoten v prsti, saj je nujno potreben za rast in razvoj rastlin. Človek ga v prst vnaša z umetnimi in naravnimi gnojili ter tudi z onesnaženo vodo. Zaradi poškodbe nasipa je poleg rečne vode verjetno iztekal tudi mulj, ki se nahaja na rečnem dnu. Menimo, da to ni vplivalo na količino dušika, ker je bilo mulja zelo malo ali pa se je razporedil po večji poplavni površini. Če je pa bil mulj nanešen, pa je njegova sestava vsebovala malo organskih snovi in več anorganskih. Na nepoplavljenih območjih fosforja nismo zaznali, na poplavljenem pa je bila njegova količina zelo majhna. Ker je ob reki Muri veliko kmetijskih površin, smo sklepali, da bo fosforja zaradi uporabe umetnih gnojil več. Menimo, da uporaba umetnih gnojil ni prekomerna, zato v prsti ni njegovega prebitka. Poplavne vode pa na njegovo nalaganje oz. spiranje niso vplivale.

H6: Kadmij bo prisoten v prsti z naplavinami.

HIPOTEZA JE OVRŽENA.

V vseh izbranih vzorcih nismo dokazali vsebnost kadmijevih ionov. Kadmij je v zelo majhnih količinah naravno prisoten v zemeljski skorji, kjer je vezan v različne spojine. Človek pa ga dodatno vnaša v prst z industrijo, predvsem s predelavo rud, uporabo nekaterih umetnih gnojil in z odpadnimi vodami. Ob reki Muri ni metalurške industrije in druge težke industrije. To dokazujejo tudi enake vrednosti na različnih območjih ob reki Muri. Menimo, da poplavna voda ni onesnažila prsti s to težko kovino.

Ugotovili smo, da:

- poplave, ki so avgusta 2023 nastale zaradi pretrganja nasipa na Dolnji Bistrici, niso onesnažile ali kakorkoli škodile prsti.

V nadaljnjih raziskavah:

- bi bilo treba opraviti podrobnejše analize z natančnejšimi aparaturami.
- bi bilo predvsem potrebno bolj podrobno analizirati pridobljene vzorce prsti, saj je bila opravljena predvsem analiza filtratov in ne same prsti. Smiselno bi bilo odvzete vzorce ponuditi raziskovalni ustanovi, ki se ukvarja z analizami prsti, da podrobno preučijo vplive po poplavih avgusta 2023.

6 LITERATURA

Firbas, P. 2005. Slovenija na dlani: Mura od avstrijske do hrvaške meje. Ljubljana. Mladinska knjiga

Gray, T. 2012. Elementi: slikovni pregled vseh znanih atomov v vesolju. Ljubljana. Tehniška založba Slovenije

Just, F. 2002. Vse o: Reka Mura. Murska Sobota. Franc-Franc

Parsons, P. 2013. Periodni sistem: terenski vodnik po elementih. Ljubljana. Modrijan

ARSO. 2023. Privzeto 1. 10. 2023 na spletni strani <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>

Cadmium. 2024. Privzeto 29. 1. 2024 na spletni strani <https://www.osha.gov/cadmium>

Copper: Definition, Composition, Types, Properties and Applications. 2023. Privzeto 29. 1. 2024 na spletni strani <https://www.xometry.com/resources/materials/what-is-copper/>

Lovrenčak, F. Pedogeografska regionalizacija Pomurske ravnine, Dela, Št. 8 (1991), Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani. Privzeto 29.2.2024 na spletni strani [Vpogled v Pedogeografska regionalizacija Pomurske ravnine \(uni-lj.si\)](http://uni-lj.si/vpogled-v-pedogeografska-regionalizacija-pomurske-ravnine)

Izjemne poplave v Sloveniji. 2023. Privzeto 28. 1. 2024 na spletni strani http://rte.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Porocilo_visoke_vode_in_poplave_avg2023.pdf

Izpostavljenost ljudi bakru zaradi uživanja hrane pridelane na območjih s povečanimi vsebnostmi v tleh. 2019. Privzeto 3. 2. 2024 na spletni strani <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=110634>

Kopičenje velikih količin problematičnega mulja. 2019. Privzeto 4. 2. 2024 na spletni strani <https://www.dprs.si/datoteke/1576237763-20191213SkodljivivplivihidroelektrarnKopicenjemuljaKONsFot.pdf>

Mineralne oblike dušika. Privzeto 3. 2. 2024 na spletni strani https://www.kis.si/Mineralne_oblike_dusika/

Mura. 2016. Privzeto 28. 1. 2024 na spletni strani <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-I79SPQ98>

Nitrogen. 2024. Privzeto 29. 1. 2024 na spletni strani <https://scied.ucar.edu/learning-zone/air-quality/nitrogen>

pH and Alkalinity for rivers. 2016. Privzeto 1. 2. 2024 na spletni strani https://www.umass.edu/mwwp/protocols/rivers/ph_alkalinity_river.html

Plant nutrients in the soil. 2023. Privzeto 29. 1. 2024 na spletni strani <https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/soils/soil-testing-and-analysis/plant-nutrients>

Solil pH . 2022. Privzeto 1. 2. 2024 na spletni strani <https://www.qld.gov.au/environment/land/management/soil/soil-properties/ph-levels>

Trajnostno kmetijstvo – pomen organske snovi v tleh za boljšo rodovitnost tal v Slovenski Istri. 2020. Privzeto 2. 2. 2024 na spletni strani https://kmetijskizavod-ng.si/novice/2020120108174019/trajnostno_kmetijstvo_pomen_organske_snovi_v_tleh_za_boljso_rodovitnost_tal_v_slovenski_istri

Vpliv življenjskega okolja na koncentracijo kadmija v krvi pri otrocih. 2010. Privzeto 3. 2. 2024 na spletni strani https://www.ffa.uni-lj.si/fileadmin/datoteke/Knjiznica/diplome/2010/Barboric_Sabina_dipl_nal_2010.pdf

What soil organic matter is and what it does. 2023. Privzeto 2. 2. 2024 na spletni strani <https://ahdb.org.uk/knowledge-library/what-soil-organic-matter-is-and-what-it-does>

Lovrenčak F., Pedogeografska regionalizacija Pomurske ravnine, Dela, Št. 8 (1991), Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani. Privzeto 29.2.2024 na spletni strani [Vpogled v Pedogeografska regionalizacija Pomurske ravnine \(uni-lj.si\)](#)