

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA VELENJE

DIPLOMSKO DELO

**VARIABILNOST VSEBNOSTI TEŽKIH KOVIN V TLEH
VRTOV MANJŠEGA RURALNEGA NASELJA – PRIMER
NASELJA LEGEN**

ANA STRMČNIK

VELENJE, 2024

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA VELENJE

DIPLOMSKO DELO

**VARIABILNOST VSEBNOSTI TEŽKIH KOVIN V TLEH
VRTOV MANJŠEGA RURALNEGA NASELJA – PRIMER
NASELJA LEGEN**

ANA STRMČNIK

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: izr. prof. dr. Borut Vrščaj

VELENJE, 2024

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Fakultete za varstvo okolja **Ana Strmčnik** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Variabilnost vsebnosti težkih kovin v tleh vrtov manjšega ruralnega naselja – primer naselja Legen

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Variability of heavy metals content in garden soil of a small rural village – example of a settlement Legen

Mentor: **izr. prof. dr. Borut Vrščaj**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom FVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat FVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan



Fakulteta za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | e: info@fvo.si

www.fvo.si



Izjava o avtorstvu

Podpisana **Ana Strmčnik**, z vpisno številko **34210027**, študentka dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela z naslovom **Variabilnost vsebnosti težkih kovin v tleh vrtov manjšega ruralnega naselja – primer naselja Legen**, ki sem ga izdelala pod mentorstvom **izr. prof. dr. Boruta Vrščaja**.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili FVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili FVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na FVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala **Sabina Pačnik**;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani FVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne _____

podpis avtorice

ZAHVALE

Zahvaljujem se družini in prijateljem za podporo in spodbudo pri študiju ter pisanju diplomskega dela.

Posebno se zahvaljujem izr. prof. dr. Borutu Vrščaju za strokovno vodenje in usmerjanje pri pisanju diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi viš. pred. dr. Anji Bubik za pomoč pri pripravi v laboratoriju in pošiljanju vzorcev v analizo.

Prav posebno se zahvaljujem Fakulteti za Varstvo okolja za sredstva za izvedbo analitike težkih kovin ter Kmetijskemu Inštitutu Slovenije za sredstva in analitiko drugih prametrov.

IZVLEČEK

Težke kovine so obstojna vrsta onesnaževal v naravi, ki ogrožajo zdravje ljudi in živali. Variabilnost težkih kovin v tleh pomeni, da se lahko vsebnost teh kovin v tleh na različnih mestih razlikuje. Ta variabilnost izhaja iz različnih naravnih in antropogenih dejavnikov, ki vplivajo na porazdelitev težkih kovin v okolju.

Zanimalo nas je predvsem, ali je v zaselkih majhnega ruralnega naselja Legen variabilnost težkih kovin v tleh vrtov velika ter ali so tla vrtov naselja onesnažena glede na zakonodajo (Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2)). V obravnavanih območjih smo raziskali navade lastnikov glede gnojenja vrtov ter primerjali, kolikšne so naravne vsebnosti težkih kovin v tleh na širšem območju obravnavanega naselja.

V Agrokemijskem laboratoriju Kmetijskega inštituta Slovenije smo analizirali dvajset vzorcev tal vrtov obravnavanega območja naselja Legen. V Bureau Veritas Commodities Canada pa so z metodo Agua Regia v tleh vrtov analizirali vsebnost 36 težkih kovin. S tem bodo lastniki vrtov dobili informacije, ali tla njihovih vrtov vsebujejo povišane vrednosti težkih kovin, kakšna je kislost tal, na katerih vrtnarijo, ter kolikšne so vsebnosti organskega ogljika in rastlinam dostopnega fosforja ter kalija.

Vrednosti svinca in cinka v štirih primerih presegajo opozorilne imisijske vrednosti po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2). V teh štirih vrtovih so torej tla glede na omenjeno uredbo onesnažena. Vsebnosti ostalih težkih kovin pa ne presegajo opozorilnih imisijskih vrednosti, ki jih navedena uredba določa. Vsebnosti težkih kovin obravnavanega območja niso pretirano odstopale od naravnih geokemičnih ozadij Vzhodnih Alp in Slovenije.

Ugotovili smo, da je večina vrtov prekomerno preskrbljena s kalijem in fosforjem. Tla vrtov so srednje humozna in imajo v povprečju vrednost pH 6,7, kar pomeni, da so nevtralna.

Ključne besede: naravna geokemična ozadja, rastlinam dostopna fosfor in kalij, organska snov, Aqua Regia, Mestna občina Slovenj Gradec

ABSTRACT

Heavy metals are the most complex and persistent type of pollutants in nature, as they not only deteriorate the quality of air, water bodies, and food crops but also pose a threat to the health of animals and humans. The variability of heavy metals in soils indicates the diversity or difference in concentrations of these metals among different soil samples or at different locations. This variability can result from various natural and anthropogenic factors influencing the distribution of heavy metals in the environment.

Our primary interest was whether there is significant variability of heavy metals in the garden soils of small rural settlements and whether the soils in these areas are contaminated according to regulations (Regulation on limit, warning, and critical emission values of hazardous substances in soils). We also explored the fertilization habits of garden owners in the study area and the natural concentrations of heavy metals in the broader region encompassing the studied settlement.

Soil samples from the gardens in the study area (20 samples) were analysed at the Agrochemical Laboratory of the Agricultural Institute of Slovenia. This analysis provides garden owners with information about the soil acidity, as well as the concentrations of organic carbon and plant-available phosphorus and potassium. Additionally, Bureau Veritas Commodities Canada analysed the content of 36 heavy metals in garden soils using the Aqua Regia method. The results showed that lead and zinc values in some cases exceeded the warning values according to the Regulation on limit, warning, and critical emission values of hazardous substances in soils. However, the concentrations of other heavy metals did not surpass the limit values set by this regulation.

We found that most gardens were excessively supplied with potassium and phosphorus. The soils in the settlement are moderately humic, with an average pH of 6.7, indicating neutral soil. However, there were some deviations. The concentrations of heavy metals in the study area did not significantly differ from the natural geochemical backgrounds of the Eastern Alps and Slovenia.

Keywords: natural geochemical backgrounds, plant-available phosphorus and potassium, organic matter, Aqua Regia, Municipality of Slovenj Gradec

KAZALO

1	Uvod	1
1.1	Uvod	1
1.1.1	Opredelitve problema	1
1.1.2	Namen dela	1
1.1.3	Konkretni cilji dela	2
1.2	Hipoteze dela	2
2	Pregled literature	3
2.1	Zgradba tal	3
2.2	Težke kovine in viri težkih kovin v tleh	3
2.2.1	Matična podlaga	3
2.2.2	Antropogeni viri	4
2.2.3	Kadmij v tleh	4
2.2.4	Cink v tleh	4
2.2.5	Svinec v tleh	5
2.2.6	Arzen v tleh	5
2.2.7	Kobalt v tleh	5
2.2.8	Krom v tleh	5
2.2.9	Baker v tleh	6
2.2.10	Živo srebro v tleh	6
2.2.11	Molibden v tleh	6
2.2.12	Nikelj v tleh	6
2.3	Tla vrtov	6
2.4	Dostopnost težkih kovin in ukrepi za varnejšo pridelavo vrtnin	8
2.5	Glavne značilnosti proučevanega območja	8
2.6	Zakonodaja	10
3	Materiali in metode dela	11
3.1	Postopek vzorčenja vrtov	11
3.2	Analitske metode	13
3.2.1	Ekstrakcijska raztopina »zlatotopka«	16
3.2.2	Analize v Agrokemijskem laboratoriju KIS-a	16
3.3	Statistična obdelava	16
3.4	Vrednotenje rezultatov	16
4	Rezultati	19
4.1	Rezultati analize po metodi AQ251	19
4.1.1	Kadmij (Cd)	19
4.1.2	Cink (Zn)	21
4.1.3	Svinec (Pb)	22
4.1.4	Arzen (As)	23
4.1.5	Kobalt (Co)	24
4.1.6	Krom (Cr)	25
4.1.7	Baker (Cu)	26
4.1.8	Živo srebro (Hg)	27
4.1.9	Molibden (Mo)	28
4.1.10	Nikelj (Ni)	29
4.2	Standardna kmetijska analiza in rezultati	30
4.2.1	Kislost tal	30

4.2.2	Rastlinam dostopni kalij in fosfor	30
4.2.3	Skupni talni organski dušik	32
4.3	Rezultati anketnega vprašalnika	32
4.3.1	Rezultati anketnega vprašalnika za zaselek Legenska vas	32
4.3.2	Rezultati anketnega vprašalnika za zaselek Krnice	33
4.3.3	Rezultati anketnega vprašalnika za zaselek Krnice-Šmartno	34
4.3.4	Rezultati anketnega vprašalnika za zaselek Bellevue	34
5	Razprava in povzetek	37
5.1	Primerjava z drugimi študijami	37
5.1.1	Raziskava o geokemičnem ozadju tal v Sloveniji	37
5.1.2	Raziskava onesnaženosti tal Slovenije	41
5.2	Potrditev hipotez	42
5.2.1	Hipoteza 1	42
5.2.2	Hipoteza 2	42
5.2.3	Hipoteza 3	44
5.2.4	Hipoteza 4	45
6	Zaključki	47
7	Viri	49
Priloga 1: Anketni vprašalnik		53
Priloga 2: Protokol priprave talnih vzorcev		55
Priloga 3: Rezultati analize Aqua Regia		57
Priloga 4: Rezultati standardne kmetijske analize		61

KAZALO SLIK

Slika 1: Tla v MOSG.	9
Slika 2: Obris MOSG in talni tipi.	9
Slika 3: Globina vzorca	12
Slika 4: Homogenizacija vzorca	13
Slika 5: Sveži vzorci	13
Slika 6: Sušenje vzorcev	14
Slika 7: Suhi vzorci.....	15
Slika 8: Trenje vzorcev.....	15
Slika 9: Vsebnost kadmija v tleh vrtov naselja Legen	20
Slika 10: Vsebnost cinka v tleh vrtov naselja Legen	21
Slika 11: Vsebnost svinca v tleh vrtov naselja Legen	22
Slika 12: Vsebnost arzena v tleh vrtov naselja Legen	23
Slika 13: Vsebnost kobalta v tleh vrtov naselja Legen.....	24
Slika 14: Vsebnost kroma v tleh vrtov naselja Legen	25
Slika 15: Vsebnost bakra v tleh vrtov naselja Legen	26
Slika 16: Vsebnost živega srebra v tleh vrtov naselja Legen	27
Slika 17: Vsebnost molibdena v tleh vrtov naselja Legen	28
Slika 18: Vsebnost niklja v tleh vrtov naselja Legen	29
Slika 19: Kislost tal.....	30
Slika 20: Rastlinam dostopni fosfor	31
Slika 21: Rastlinam dostopni kalij.....	31
Slika 22: Celotni organski ogljik (%)	32
Slika 23: Uporaba gnojil na vrtovih zaselka Legen	33
Slika 24: Uporaba gnojil na vrtovih zaselka Krnice	33
Slika 25: Uporaba gnojil na vrtovih zaselka Krnice-Šmartno	34
Slika 26: Uporaba gnojil na vrtovih zaselka Bellevue	35
Slika 27: Vsebnost anorganskih onesnaževal po raziskavi ARSO.....	41
Slika 28: Pedosekvenca na zaselkih Legenska vas, Krnice in Krnice-Šmartno.	43
Slika 29: Pedosekvenca na zaselku Bellevue	44
Slika 30: Legenda.	44

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razdelitev tal v razrede glede na njihovo kislost (pH).....	7
Preglednica 2: Razdelitev tal v razrede glede na delež organske snovi v %.....	7
Preglednica 3: Oskrbjenost tal z rastlinam dostopnimi hranili.	7
Preglednica 4: Meje, opozorilne in kritične imisijske vrednosti TK	10
Preglednica 5: Lokacije in oznake vzorčenih vrtov	11

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Primerjava rezultatov z drugo raziskavo za Ba, Mn in Zn	37
Graf 2: Primerjava rezultatov z drugo raziskavo za As, Co, La in Ni.....	38
Graf 3: Primerjava rezultatov z drugo raziskavo za Cr, Cu, Pb, Sr in V	38
Graf 4: Primerjava rezultatov z drugo raziskavo za Bi, Cd, Hg, Mo, Sb, Se in Tl	39
Graf 5: Primerjava rezultatov z drugo raziskavo za B, Ga, Sc, Th in U.....	40
Graf 6: Primerjava rezultatov z drugo raziskavo za Al, Ca, Fe in Mg	40

IZRAZI

Reprezentativen vzorec tal: sestavljen je iz večjega števila delnih vzorcev tal, ki jih odvajamo na isti vzorčni lokaciji na različnih odvajemnih mestih.

Vzorčna lokacija: je prostorsko določena s središčno koordinato okolice, v kateri so v različni prostorski razporeditvi razporejena odvajemna mesta delnih vzorcev tal. Vzorčna lokacija ima več odvajemnih mest.

Odvzemno mesto: je mesto odvajanja delnega vzorca tal v okviru razporeditve odvajemnih mest vzorčne lokacije.

Mejna imisijska vrednost (mejna vrednost – MV): je gostota posamezne nevarne snovi v tleh. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka in okolja še sprejemljivi (*Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh*, b. d.).

Opozorilna imisijska vrednost (opozorilna vrednost – OV): je gostota posamezne nevarne snovi v tleh (*Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh*, b. d.).

Kritična imisijska vrednost (kritična vrednost – KV): 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 (*Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh*, b. d.).

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

FVO - Fakulteta za varstvo okolja

MOSG - Mestna občina Slovenj Gradec

TK - težke kovine

KIS - Kmetijski inštitut Slovenije

O DOKUMENTU

Dokument je diplomsko delo, ki predstavlja variabilnost vsebnosti težkih kovin v tleh vrtov manjšega ruralnega naselja. Diplomsko delo vsebuje teoretični del, v katerem so opisane glavne značilnosti tal in zakonodaje na tem področju. V dokumentu so opisane metode in materiali dela ter potek raziskave. Na koncu so v dokumentu opisno, statistično in grafično predstavljeni rezultati analiz tal vrtov. Dokument vsebuje tudi priloge, in sicer anketni vprašalnik, protokol priprave vzorcev za analitiko ter rezultate analiz.

1 UVOD

1.1 Uvod

Tla so zgornji del zemeljske površine, ki tvori rodovitno plast. Nastajajo skozi kompleksen in dolgotrajen proces preperjevanja kamnin in razgradnje organskih snovi, in sicer pod vplivom različnih dejavnikov (vremena, podnebja, rastlin in mikroorganizmov). Tla so življenjskega pomena za ljudi in okolje. Z njimi je treba upravljati trajnostno in jih varovati, saj zagotavljajo pomembne ekosistemske storitve. Te predstavljajo preskrbo z dobrinami (hrana človeku in živalim, biomasa); uravnavanje kroženja in dostopnosti različnih snovi, klimatskih razmer ter naravnih procesov; kulturno izobraževalne storitve; zadrževanje in kroženje hranil; ohranjanje biotske pestrosti ter življenjski prostor ljudem, rastlinam in živalim (»Ekosistemske Storitve Tal«, b. d.).

Tla ogrožajo številni degradacijski procesi, ki so lahko naravni (vodna in vetrna erozija) ali pa jih povzroča človek z onesnaževanjem tal, s čimer se v njih povzroča izguba organske snovi. Degradacija tal ima lahko resne posledice, kot so manjša kakovost in količina pridelane hrane, izguba biotske raznovrstnosti, erozija tal, širjenje puščave in poslabšanje vodnih virov. Prav zato je bistvenega pomena, da se izvajajo trajnostne prakse rabe tal in kmetovanja, s čimer se prepreči nadaljnja degradacija tal ter tako ohrani njihovo zdravje tudi za prihodnje generacije (Tla|GOV.SI, b. d.).

Težke kovine so v naravi obstojna vrsta onesnaževal. Treba jih je sanirati, saj lahko ogrožajo zdravje živali in ljudi. Težke kovine na živa bitja vplivajo tako, da se nalagajo in kopičijo v njihovih tkivih. Nekatere težke kovine pa predstavljajo nujna oziroma esencialna mikrohranila, ki jih rastline, živali in ljudje potrebujejo za normalno rast in razvoj (Zn, Cu, Ni, Mo, Cr in Co). Težke kovine Zn, Ni, Co in Cu so v povišanih količinah za rastline relativno bolj strupene. Za živali pa so relativno bolj strupene As, Cd, Pb, Cr in Hg (*Global Assessment of Soil Pollution*, b. d.).

Gosar: »Kemični elementi (prvine) so v okolju, torej tudi v tleh, naravno prisotni. Njihove povišane vsebnosti v okolju so lahko posledica naravnih danosti (pojavljanje mineralizacij oziroma orudenj in kamnin z naravno visokimi vsebnostmi nekaterih elementov, kot so na primer serpentinit, črni skrilavi glinavci itd.), ali pa jih povzročijo človekove dejavnosti (rudarstvo, metalurgija, industrija, promet, kmetijstvo itd.)« (Gosar idr., 2019).

1.1.1 Opredelitve problema

Eden izmed možnih vnosov prevelikih količin težkih kovin v človekovo telo predstavlja zaužitje rastlin, pridelanih na vrtovih, kjer so tla onesnažena s težkimi kovinami. Vrednosti težkih kovin v tleh so odvisne od same sestave tal oziroma matične podlage, od človeka, ki tla onesnažuje s prekomernim gnojenjem in prekomerno uporabo fitofarmacevtskih sredstev ter neprimerno odlaga odpadke, pomembno vlogo pa imata pri tem tudi industrija in promet.

1.1.2 Namen dela

Namen diplomskega dela je bil oceniti variabilnost vsebnosti težkih kovin v tleh vrtov manjšega ruralnega naselja Legen, ki je v Mestni občini Slovenj Gradec. Ugotovili smo onesnaženost tal vrtov v naselju ter variabilnost vsebnosti kovin v različnih, a prostorsko med seboj malo oddaljenih zelenjavnih vrtovih, ocenili pa smo tudi človekov prispevek k vsebnosti težkih kovin na zadevnih vrtovih. Prostorska obravnava podatkov tal vrtov je dodatno omogočila ugotavljanje morebitnih virov onesnaževal.

Z rezultati naloge smo pomagali občanom naselja Legen oziroma občanom celotne občine Slovenj Gradec, da pridobijo podatke o tem, na kakšnih tleh vrtnarijo in kakšna so lahko tveganja pridelave zdrave hrane.

1.1.3 Konkretni cilji dela

Cilj diplomskega dela je bil primerjati naravno vsebnost težkih kovin oziroma naravna geokemična ozadja tal z rezultati analiz vzetih vzorcev tal na vrtovih. S tem smo ocenili, kolikšen je človekov vnos težkih kovin v tla pri vrtnarjenju. Prav tako pa smo rezultate analize primerjali z Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2). Prav tako je bil cilj diplomskega dela določiti osnovne parametre rodovitnosti tal, kot so kislost, organsko snov ter vsebnost fosforja in kalija, kar smo storili z analizo vzorcev na KIS-u.

1.2 Hipoteze dela

Naše izhodiščno mnenje je, da so tla na vrtovih ruralnega naselja Legen neonesnažena glede na zakonodajo. Pričakujemo zgolj majhne vrednosti težkih kovin v okviru naravnih vsebnosti. Slednja pa se po zaselkih zaradi enakega naravnega ozadja tal (talnega tipa) naj ne bi razlikovala. Na podlagi opazovanj smo prepričani, da večina prebivalcev za gnojenje svojih vrtov uporablja hlevski gnoj okoliških kmetij ter mogoče v omejenih količinah tudi mineralna gnojila, lesni pepel ter kompost. Menimo, da so tla zaradi neonesnaženosti v naselju primerna tudi za biopridelavo vrtnin.

Pri pisanju diplomskega dela smo izhajali iz naslednjih hipotez:

1. Tla na vrtovih naselja Legen so neonesnažena glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2).
2. Vsebnosti težkih kovin v tleh se po zaselkih naselja ne razlikujejo zelo, saj je v celotnem naselju Legen talni tip enak.
3. Vsebnost težkih kovin v tleh naselja Legen je podobna, saj prebivalci približno enako gnojijo vrtove.
4. Variabilnost težkih kovin v tleh vrtov v naselju Legen je majhna.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 Zgradba tal

»Tla so relativno tanka plast na površini Zemlje, sestavljena iz preperine kamnin, kamninskega drobirja, humusa in živega sveta. So naravno telo, ki pokriva kamnito zemljino skorjo, in poseben porozni prostor, pedosfera, v kateri živi izjemno veliko število različnih vrst in velikosti organizmov« (Vrščaj, b. d.).

Tla vsebujejo različne mineralne in organske snovi, vodo, zrak, mikroorganizme in hranila. Zgrajena so iz talnih horizontov oziroma slojev, ki nastanejo zaradi različnih pedogenetskih dejavnikov, kot so matična podlaga, klima, relief in organizmi. Zgradbo tal definira zaporedje horizontov, ki se med seboj razlikujejo po različnih kemijskih, fizikalnih in morfoloških lastnostih, kot so struktura, tekstura, kislost, poroznost in barva. Horizonti največkrat potekajo vzporedno s površjem tal. Ugotavljamo jih z izkopom talnega profila. To je prečni prerez tal od površja do matične podlage, sestavljajo ga naslednji osnovni horizonti (Vrščaj, b. d.):

- organski horizont (O) – sestavlja ga predvsem organska snov;
- humusno akumulativni horizont (A) – sestavljajo ga mineralni delci, premešani z organsko snovjo;
- eluvialni horizont (E) – je izprani horizont;
- mineralni horizont (B) – je mineralni horizont preperevanja, v katerem se lahko kopičijo tudi izprane snovi horizontov A in E;
- mineralni horizont razdrobljene matične podlage (C) in
- horizont čvrste matične podlage (R).

2.2 Težke kovine in viri težkih kovin v tleh

Težke kovine so skupina kovin in metaloidov z relativno visoko atomsko maso ($>4,5 \text{ g/cm}^3$). To so Pb, Cd, Cu, Hg, Sn in Zn, ki so lahko toksični. Druge nekovine, ki jih pogosto obravnavamo skupaj s »težkimi kovinami«, vključujejo arzen (As), antimon (Sb) in selen (Se) (*Global Assessment of Soil Pollution*, b. d.).

Težke kovine so obstojna vrsta onesnaževal v naravi. Tla, onesnažena s težkimi kovinami, je treba sanirati. Težke kovine ne poslabšajo samo kakovosti ozračja, vodnih teles in živilskih pridelkov, temveč ogrožajo tudi zdravje in dobro počutje živali ter ljudi. Težke kovine se kopičijo v tkivih živih organizmov, ker za razliko od večine organskih spojin niso podvržene presnovni razgradnji. Med težkimi kovinami so za rastline relativno bolj strupeni Zn, Ni, Co in Cu, medtem ko so kovine As, Cd, Pb, Cr in Hg relativno bolj strupene za višje živali (*Global Assessment of Soil Pollution*, b. d.).

Težke kovine so zaradi svojih strupenih učinkov odgovorne za različne težave ljudi, vključno s srčnimi boleznimi, rakom, duševnimi težavami, kronično slabostjo, poškodbami ledvic, živčnega sistema in možganov, s kožnimi težavami in kostmi. Najpomembnejši vidik ekosistema so tla, ki so močno onesnažena s težkimi kovinami. Fizikalno-kemijske lastnosti tal vključno s kislostjo, ionsko prevodnostjo, kationsko izmenjalno kapaciteto, mikroorganizmi, biotskimi pogoji in mineralno sestavo močno vplivajo na vsebnost težkih kovin. V primerjavi z naravnimi onesnaževalci so težke kovine v tleh obstojne dlje časa, saj se vežejo na talne delce (Azhar idr., 2022).

2.2.1 Matična podlaga

Matična podlaga predstavlja v tleh naravni izvor težkih kovin. Te se v tleh naravno pojavljajo v nizkih koncentracijah, saj je njihova vsebnost odvisna od matične podlage, njen vpliv na vsebnost težkih kovin pa je s starostjo tal zaradi izpiranja manj izrazit (Markelc, 2008). Mnoge težke kovine so bistvena mikrohranila rastlinam, živalim in ljudem. V visokih koncentracijah

povzročijo fitotoksičnost in škodujejo zdravju ljudi, saj niso biološko razgradljiva in se posledično hitro kopičijo v tkivih živih organizmov (*Global Assessment of Soil Pollution*, b. d.).

2.2.2 Antropogeni viri

Glavni antropogeni viri težkih kovin so jalovina rudnikov, industrijska območja, odlagališča odpadkov z visoko vsebnostjo kovin in osvinčeni bencin, ki se je v preteklosti uporabljal za gorivo letal in avtomobilov. Z zgorevanjem osvinčenega bencina v motorju nastajajo strupene spojine svinca, ki prehajajo v atmosfero in tla ter se tam nalagajo. Tudi prekomerna uporaba organskih in mineralnih gnojil predstavlja v tleh vir težkih kovin. V živinskem gnoju predstavljata vir težkih kovin cink (Cu) in svinec (Zn), ki ju poleg mangana (Mn), železa (Fe), molibdena (Mo) in selena (Se) dodajamo k živalski krmi (Markelc, 2008). K virom težkih kovin v tleh prispevamo z raznimi barvami in pesticidi, namakanjem tal z odpadno vodo, z blatom iz čistilnih naprav, z razlitjem petrokemičnih snovi ter odlaganjem odpadkov. Vir so tudi ostanki izgorevanja premoga, ki se neprimerno odlagajo in uporabljajo pri različnih nasipih. Težke kovine pogosto pridejo v tla predvsem atmosfersko, preko izpustov iz različnih virov, kot so individualna kurišča, kjer se v okolje in s tem tudi v tla sproščajo kalcij (Ca), mangan (Mn) in stroncij (Sr) (*Global Assessment of Soil Pollution*, b. d.).

Antropogena kemična kontaminacija je tako eden najočitnejših znakov človekovega vpliva na okolje. Dolgoletno delovanje človekovih dejavnosti (industrije, prometa in kmetijstva) je povzročilo povišanje vsebnosti nekaterih težkih kovin v tleh in s tem spremembe naravnega kroženja elementov. Nekatere elemente in njihove izotope uporabljamo kot geokemične indikatorje človeškega vpliva. Poznamo pa tudi sekundarne učinke onesnaženja, kot je zakisanje tal, ki povzroča povečano geokemično mobilnost elementov v površinskih horizontih tal. Geokemiki za oceno obsega antropogenega vpliva na vsebnost težkih kovin v tleh uporabljajo metode, ki vključujejo opredelitev ravni geokemičnega ozadja in mej naravne variacije, izračune obogatitvenih razmerij ter geoakumulacijske indekse in indekse obogatitve. Za ločitev naravnega in antropogenega deleža onesnaženja tal je predvsem pomembna uporaba geokemičnih ravni ozadja, saj lahko s tem pri onesnaženju tal prepoznamo človeški vpliv (Gosar idr., 2019).

2.2.3 Kadmij v tleh

Glavni vir kadmija v tleh je bilo pred človekovim vplivom preperevanje matične podlage. Vsebnost kadmija je višja v sedimentnih kamninah. Njegov naravni vir so tudi usedline, ki nastanejo ob vulkanskih izbruhih, gorenje biomase, pršenje morja in biogeni aerosoli (Dvoršak, b. d.). Antropogeni izvori kadmija v tleh so rudniška in topilniška dejavnost, kovinska industrija, industrija plastike in mikroelektronike, mineralna gnojila, odlaganje odpadkov ter izgorevanje fosilnih goriv (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti kadmija (Cd) v tleh Slovenije je 20 mg/kg. Za Vzhodne Alpe je naravna vrednost kadmija v tleh 24 mg/kg (Gosar idr., 2019). Glede na zadevne podatke bi pričakovali, da naravna vsebnost kadmija v tleh vrtov naselja Legen od navedenih vrednosti ne odstopa veliko.

2.2.4 Cink v tleh

Cink je naravno prisoten v tleh in kamninah. Vendar vrednosti cinka v tleh naraščajo zaradi rudarjenja in taljenja cinkove rude, industrije mikroelektronike, metalurgije in tekstila, odlaganja odpadkov in blata čistilnih naprav itd. Človek cink v tla vnaša tudi s kmetijstvom, z mineralnimi in organskimi gnojili ter fitofarmacevtskimi sredstvi. Tudi cink se poleg kadmija in svinca v tleh pogosto pojavlja v povečanih količinah. Vendar je cink kot mikrohranilo v določenih koncentracijah nujno potreben tako pri rasti in razvoju rastlin kot tudi pri živalih in ljudeh. Po podatkih iz literature je v tleh naravna vsebnost Zn od 10 do 300 mg/kg, povprečno pa ga je med 50 in 70 mg/kg (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti cinka v tleh Slovenije je 72 mg/kg s. s (kratica mg/kg s.s. pomeni teža suhe snovi tal in velja za vse vsebnosti kovin v nadaljevanju), v tleh Vzhodnih Alp pa 84 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019).

2.2.5 Svinec v tleh

Svinec se v tleh pojavlja v organskih in anorganskih oblikah. Poleg kadmija in živega srebra je v tleh eden najpogostejših onesnažil. Njegovi antropogeni izvori so rudarjenje, taljenje rude, atmosferski depoziti, kot so emisije sežigalnic, fosilnih gorivih in prometa (v preteklosti uporaba osvinčenega bencina), ter odlaganje industrijskih odpadkov, v katerih uporabljajo svinec (ribištvo, gradnja in akumulatorske baterije). V preteklosti je na povišane vrednosti svinca v tleh v veliki meri prispevalo kmetijstvo z uporabo fitofarmacevtskih sredstev, pri katerih je bila osnova svinec (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti svinca v tleh Slovenije je 34 mg/kg s. s., v Vzhodnih Alpah pa 31 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019). Pričakujemo, da vsebnost svinca v tleh vzorčenih vrtov v naselju Legen ne bo bistveno odstopala od navedenih vrednosti.

2.2.6 Arzen v tleh

Arzen je v zemeljski skorji pogost element. Naravno nastaja v vulkanih in kot produkt delovanja mikroorganizmov, ki anorganski arzen pretvarjajo v hlapne organske oblike. Najdemo ga v kovinskih oziroma sulfidnih rudnih nahajališčih, kjer nastopa kot arzenid kadmija, niklja in železa. Antropogeni izvori arzena v tleh so v veliki meri rudniška in topilniška dejavnost, kovinska industrija in izgorevanje fosilnih goriv. V preteklosti so ga uporabljali v kmetijskih in gozdarskih dejavnostih, kjer so fitofarmacevtski pripravki, organska in mineralna gnojila ter dezinfekcijska sredstva vsebovala arzen kot aktivno snov. V neonesnaženih tleh so povprečne koncentracije As med 5 in 7 mg/kg s. s. (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti arzena v tleh Slovenije je 11 mg/kg s. s., v Vzhodnih Alpah pa 7,2 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019). Za tla vrtov v naselju Legen pričakujemo, da ne bodo onesnažena oziroma da vrednost arzena ne bo bistveno odstopala od mediane naravne vsebnosti As Vzhodnih Alp.

2.2.7 Kobalt v tleh

V naravi se kobalt najpogosteje pojavlja v obliki mineralov. Antropogeni izvor kobalta je predvsem industrija plastičnih mas, pojavlja pa se tudi pri kurjenju fosilnih goriv in v blatu čistilnih naprav. Po podatkih literature je v neonesnaženih tleh območje povprečnih koncentracij Co od 2 do 8 mg/kg s. s, vrednosti pa lahko dosežajo tudi do 70 mg/kg s. s. (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti kobalta v tleh Slovenije in Vzhodnih Alp je 14 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019).

2.2.8 Krom v tleh

Pri kromu so lahko visoke koncentracije v tleh posledica naravnih procesov preperevanja kamninske osnove. Antropogeni izvori kroma v tleh pa so železarne in jeklarne (proizvodnja in rezanje nerjavečega jekla) ter metalurgija, kjer se uporablja za zaščitne premaze kovin. Izvor kroma so tudi sredstva za zaščito lesa, odlaganje blata iz čistilnih naprav ter industrija plastike. V svetovnem merilu tla vsebujejo od 5 do 1000 mg/kg s. s. kroma, povprečno pa med 28 in 100 mg/kg s. s. (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti kroma v tleh Slovenije je 34 mg/kg s. s., za Vzhodne Alpe pa 33 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019).

2.2.9 Baker v tleh

Baker je tretja najpogostejše uporabljena kovina na svetu. Naravno je prisoten v tleh, saj je običajno povezan z organskimi snovmi, kjer je adsorbiran na glinence in okside aluminija, železa in mangana. Je esencialna kovina ljudem, živalim in rastlinam (Forstnerič, 2018). Človek ga v tla vnaša preko emisij železarn in jeklarn, metalurške dejavnosti, s sredstvi za zaščito lesa, s kmetijstvom in uporabo fitofarmaceutskih sredstev, ki jim je osnova baker. Tudi organska gnojila lahko vsebujejo večje količine bakra. V neonesnaženih tleh so povprečne koncentracije Cu med 5 in 30 mg/kg s. s., dosežajo pa tudi do 100 mg/kg s. s. (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti bakra v tleh Slovenije je 20 mg/kg, za Vzhodne Alpe pa 25 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019).

2.2.10 Živo srebro v tleh

Živo srebro je naravno prisotno v raznih mineralih. Antropogeni izvori živega srebra so rudarjenje in taljenje rude, kurjenje trdnega goriva (premoga, lignita, šote in lesa), industrija (papirna, kozmetična, cementna in industrija plastike), sežigalnice ter blato iz čistilnih naprav. V preteklosti so živo srebro vsebovali tudi nekateri fitofarmaceutski pripravki. V svetovnem merilu je živega srebra v neonesnaženih tleh od 0,02 do 1,1, povprečno pa od 0,03 do 0,07 mg/kg s. s. (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti živega srebra v tleh Slovenije je 0,11 mg/kg s. s., za Vzhodne Alpe pa 0,078 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019).

2.2.11 Molibden v tleh

Molibden se v tleh pojavlja predvsem zaradi naravnih procesov. Antropogeni izvor so industrija jekla, razne barve, ki so zato stabilnejše in manj občutljive na korozijo, avtomobilski izpusti in odvajanje odpadnih voda ter blata iz čistilnih naprav. V neonesnaženih tleh so koncentracije Mo med 0,01 do 17 mg/kg s. s., povprečno pa od 0,35 do 5,8 mg/kg s. s. (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti molibdena v tleh Slovenije je 0,72 mg/kg s. s., za Vzhodne Alpe pa 0,68 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019).

2.2.12 Nikelj v tleh

Nikelj se v tleh pojavlja kot posledica naravnih procesov preperevanja nekaterih magmatskih in metamorfnih kamnin. V Sloveniji teh kamnin ni veliko, bogati z nikljem pa so flišni skladi. Nikelj je pomemben element za rastline, živali in ljudi. Človek onesnažuje tla z nikljem preko emisij železarn, jeklarn, rafinerij in metalurgije ter z odlaganjem blat čistilnih naprav. V svetovnem merilu tla vsebujejo od 5 do 1000 mg/kg niklja, povprečno pa od 20 do 100 mg/kg s. s. (Zupan idr., 2008).

Mediana naravne vsebnosti niklja v tleh Slovenije je 31 mg/kg s. s., za Vzhodne Alpe pa 29 mg/kg s. s. (Gosar idr., 2019).

2.3 Tla vrtov

Tla vrtov uvrščamo med antropogena tla, kar pomeni, da jih je človek temeljito spremenil in se precej razlikujejo od zgradbe naravnih tal. Vrtna tla se razlikujejo od naravnih ali pa kmetijskih tal po tem, da so bolj založena s hranili in organsko snovjo ter da pogosto vsebujejo dodatke, kot sta pepel in kompost. Razlikujejo se tudi njihovi horizonti. Vrhni sloj tal vrtov je v globino večji in močno obogaten s hranili, v njem je bistveno več organske snovi kot v »naravnih« oziroma spremenjenih tleh, namenjenih drugi kmetijski rabi. Vrhni horizonti so torej globoki, zelo rahli ter porozni, kar je posledica pogostega prekopavanja. Obilno gnojenje z organskimi gnojili, med katerimi je najpogostejši hlevski gnoj, je prispevalo k večji količini organske snovi. Dodajanje mineralnih gnojil ter apnenje pa vpliva na manjšo kislost tal, ob prevelikih odmerkih

gnojil pa tudi na bistveno večjo količino hranil, kot jih rastline sploh potrebujejo (*Kmetijski inštitut Slovenije - Vrtničarstvo v Celju*, b. d.-a).

Najboljša tla vrtov so humozna, rahla in drobljiva z grudičasto strukturo ter kisla in primerno založena s hranili. Za dobra vrtna tla naj bi veljalo, da vsebujejo okoli 20 mg fosforja, med 20 in 25 mg kalija na 100 g tal, da imajo pH med 6 in 7 (blago kisla), vsebujejo okoli štiri do osem odstotkov humusa ter seveda niso onesnažena. Če je hranil v tleh premalo, jih je treba dodati, kar storimo z gnojenjem (*Kmetijski inštitut Slovenije - Vrtničarstvo v Celju*, b. d.-a).

Preglednica 1: Razdelitev tal v razrede glede na njihovo kislost (pH). Vir: [smernice09_ovitek_v1 \(gov.si\)](#)

Razred	kislost (pH)
zelo kisla tla	pod 4,5
kisla tla	od 4,5 do 5,5
zmerno kisla tla	od 5,6 do 6,7
nevtralna tla	od 6,8 do 7,2
alkalna (bazična) tla	nad 7,2

Pri ohranjanju rodovitnosti tal ima pomembno vlogo organska snov, ki predstavlja v tleh zalogo hranil in vir hrane mikroorganizmom, ugodno vpliva na fizikalne in kemijske lastnosti tal, izboljšuje njihovo zračnost ter poroznost, zadržuje v tleh vlago ter ima sposobnost, da nase veže hranila, kar preprečuje njihovo izpiranje (Jamnik idr., b. d.).

Preglednica 2: Razdelitev tal v razrede glede na delež organske snovi v %. Vir: [smernice09_ovitek_v1 \(gov.si\)](#)

Razred	delež organske snovi (%)
mineralna tla	pod 1
slabo humozna tla	od 1 do 2
srednje humozna tla	od 2 do 4
humozna tla	od 4 do 10
zelo humozna tla	nad 10

Oskrbljenost tal z rastlinam dostopnimi hranili vrednotimo na podlagi eksperimentalno opredeljenih razredov (pet razredov, prikazanih v preglednici na sliki 3). Optimalna oskrbljenost tal s hranili, ko je teh povsem dovolj in ne preveč, je v razredu C. Za razreda A in B je značilno pomanjkanje hranil. Razred A pomeni hudo pomanjkanje, razred B pa zmerno pomanjkanje hranil v tleh. Kadar je hranil v tleh preveč, pa govorimo o čezmerni (razred D) ali ekstremni (razred E) oskrbljenosti tal. V obeh primerih je treba gnojenje zmanjšati (razred D) ali v celoti prekiniti (razred E) (Jamnik idr., b. d.).

Preglednica 3: Oskrbljenost tal z rastlinam dostopnimi hranili. Vir: [smernice09_ovitek_v1 \(gov.si\)](#)

razred – oskrbljenost tal	količina fosforja (P ₂ O ₅) (mg/100 g)	količina kalija (K ₂ O) (mg/100 g)	količina magnezija (Mg) (mg/100 g)
razred A – siromašna oskrbljenost	manj kot 6	manj kot 10	manj kot 5
razred B – srednja oskrbljenost	od 6 do 12	od 10 do 19	od 5 do 9
razred C – optimalna oskrbljenost	od 13 do 25	od 20 do 30	od 10 do 20
razred D – čezmerna oskrbljenost	od 26 do 40	od 31 do 40	od 21 do 40
razred E – ekstremna oskrbljenost	več kot 40	več kot 40	več kot 40

2.4 Dostopnost težkih kovin in ukrepi za varnejšo pridelavo vrtnin

Na dostopnost težkih kovin vplivata vsebnost gline in humusa ter kislost tal. Če so tla kisla ($\text{pH} < 5,5$), se težke kovine v talno raztopino lažje sprostijo in s tem postanejo dostopne koreninam. Zato moramo poskrbeti, da vzdržujemo kislost tal nad 6,5. To lahko storimo z apnom. Okvirna količina vzdrževalnega apnenja je 0,17 kg CaO na 10 m² na tri leta. Delci gline in humus močno vežejo težke kovine, ki jih nato imobilizirajo in s tem zmanjšajo njihovo dostopnost. Dobra založenost s fosforjem pripomore k zadrževanju nekaterih oblik težkih kovin v tleh (*Kmetijski inštitut Slovenije - Vrtničarstvo v Celju*, b. d.-a).

Vse rastline niso enako sposobne odvzema težkih kovin iz tal. Prav tako se težke kovine različno razporejajo po rastlinskih delih. Več težkih kovin se kopiči v koreninah, korenih in listih kot pa v plodovih ali semenih. Tako smo z uživanjem listnate zelenjave (špinače, solate in kreše) in korenovk (korenja, krompirja, čebule in repe), ki so pridelane na onesnaženih tleh, bolj izpostavljeni težkim kovinam kot pri plodovkah (paradižniku, papriki, fižolu in bučkah) (*Kmetijski inštitut Slovenije - Vrtničarstvo v Celju*, b. d.-a).

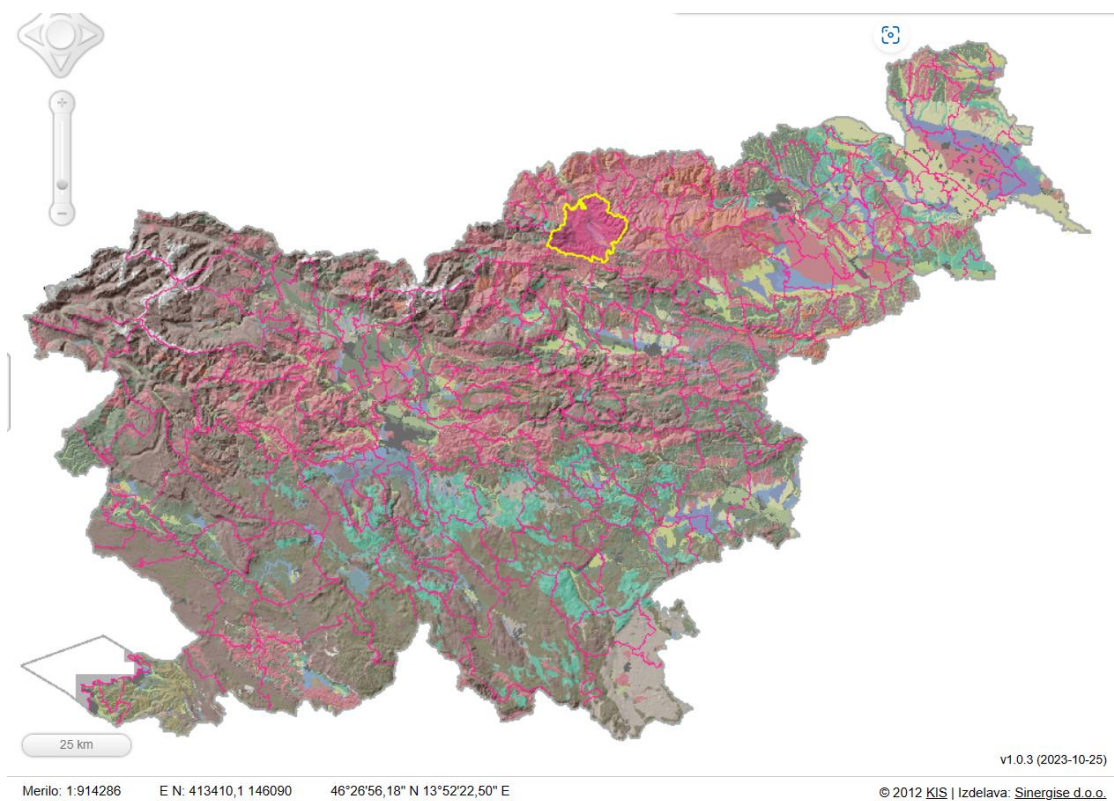
Pomemben vidik vnosa težkih kovin v tla je kompostiranje v mestih, saj se na travo, listje in zeleni rez lahko usedejo prašni delci. Trave in vrtnine na onesnaženih tleh pa posledično iz tal sprejmejo nekaj težkih kovin. S kompostiranjem takih materialov koncentriramo težke kovine v kompostih in kasneje z njihovo uporabo tudi v tleh vrtov. Zato moramo paziti, da na kompost ne odlagamo ostankov rezov dreves in grmičevja, pokošene trave, listja ter drugih bioloških ostankov iz onesnaženega območja (*Kmetijski inštitut Slovenije - Vrtničarstvo v Celju*, b. d.-a).

2.5 Glavne značilnosti proučevanega območja

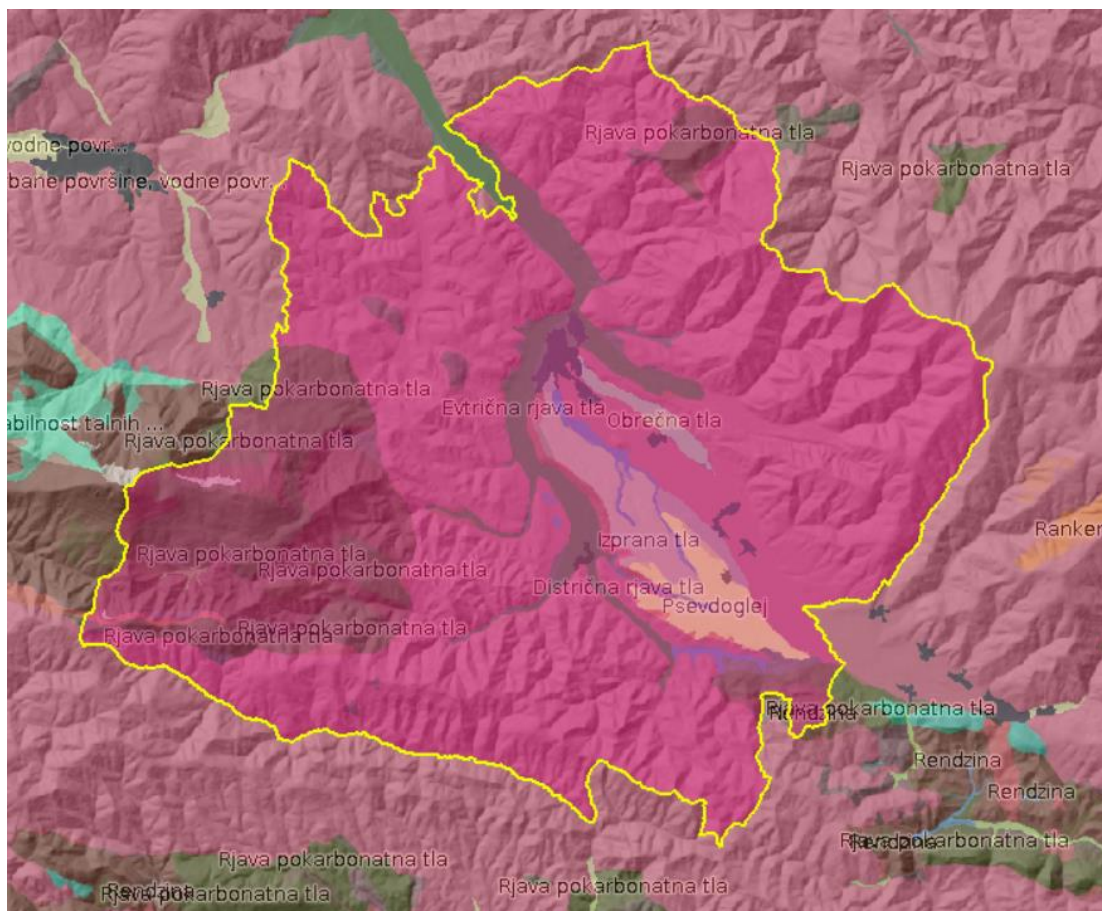
Gosar pravi: »Vzhodne Alpe obsegajo Pohorje, velik masiv, ki se ostro loči od sosednjih ozemelj. Gradijo ga pretežno magmatske in metamorfne kamnine, iz katerih pri preperevanju nastajajo na strmejših delih rankerji, bolj pogosto pa distrična rjava tla. Večino so to rodovitna tla, ki omogočajo ob obilju padavin in neprepustni geološki podlagi gost vegetacijski pokrov iglavcev, mešanega gozda in travnikov« (Gosar idr., 2019).

Mestno občino Slovenj Gradec lahko uvrstimo pod Vzhodne Alpe, saj leži na meji Vzhodnih Karavank, Pohorja in Strojne (Gosar idr., 2019). Površina občine Slovenj Gradec je 174 km², povprečna nadmorska višina pa je 659 m. Občina ima okoli 17.000 prebivalcev. Slovenjgraška kotlina predstavlja zgostitveno območje poselitve, po kateri poteka tudi glavna prometna os, ki povezuje koroško-savinjsko statistično regijo (Peternel idr., 2014).

Iz spodnje slike Javnega pregledovalnika grafičnih podatkov KIS (eTLA)(»Home«, b. d.) lahko razberemo, da v občini Slovenj Gradec prevladujejo distrična rjava tla, ki predstavljajo približno polovico tal občine. Na zahodu občine sta rendzina na dolomitu/apnencu in rjava pokarbonatna tla na apnencu. Ob reki, ki teče skozi občino, so evtrično rjava tla. V občini je tudi pas izpranih tal.



Slika 1: Tla v MOSG. Vir: [Javni pregledovalnik grafičnih podatkov Kmetijskega inštituta Slovenije \(eTLA.si\)](#) (24. 11. 2023)



Slika 2: Obris MOSG in talni tipi. Vir: [Javni pregledovalnik grafičnih podatkov Kmetijskega inštituta Slovenije \(eTLA.si\)](#) (14. 2. 2024)

2.6 Zakonodaja

Vlada RS je sprejela Zakon o varstvu okolja (ZVO; Uradni list RS, 32/93, ki sta ga nasledila Uradni list RS, 41/04 in 39/06), ki vsebuje splošne ukrepe in osnovne metode varstva okolja in rabe naravnih virov. Po ZVO je Slovenija dolžna izvajati spremljanje stanja okolja, kar je določeno v 96. členu (monitoring okolja) in sicer: (Zupan idr., 2008)

- 1) V državi se izvaja monitoring naravnih pojavov, stanja okolja in onesnaževanja okolja.
- 2) Monitoring naravnih pojavov obsega spremljanje in nadzorovanje meteoroloških, hidroloških, erozijskih, geoloških, seizmoloških, radioloških in drugih geofizikalnih pojavov.
- 3) Monitoring stanja okolja obsega spremljanje in nadzorovanje kakovosti tal, vode in zraka ter biotske raznovrstnosti.
- 4) Monitoring onesnaževanja okolja obsega spremljanje in nadzorovanje emisij v tleh ter vode in zraka.

Na osnovi Zakona o varstvu okolja so sprejeti različni podzakonski akti in programi s področja varstva tal (Zupan idr., 2008):

- 1) Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tleh (Uradni list RS, št. 84/05, 62/08, 62/08, 113/09, 99/13 in 19/17), ki ni več veljavna,
- 2) Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2),
- 3) Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, št. 34/08, 61/11 in 44/22 – ZVO-2) in
- 4) Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja za obdobje 2020–2030 (Uradni list RS, št. 31/20 in 44/22 – ZVO-2).

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) določa mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti za posamezne nevarne snovi, razen za radioaktivne. Ta uredba velja za celotno območje Republike Slovenije, ne glede na sestavo in vrsto tal (*Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh*, b. d.).

V Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) so predpisane naslednje mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti težkih kovin (preglednica 4):

Preglednica 4: Meje, opozorilne in kritične imisijske vrednosti TK

TK	MV v tleh (mg/kg snovi)	OV v tleh (mg/kg suhe snovi)	KV v tleh (mg/kg suhe snovi)
Cd	≥1	≥2	≥12
Zn	≥200	≥300	≥720
Pb	≥85	≥100	≥530
As	≥20	≥30	≥55
Co	≥20	≥50	≥240
Cr	≥100	≥150	≥380
Cu	≥60	≥100	≥300
Hg	≥0,8	≥2	≥10
Mo	≥10	≥40	≥200
Ni	≥50	≥70	≥210

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 Postopek vzorčenja vrtov

Za vzorčenje smo izbrali štiri manjše zaselke v ruralnem naselju Legen. V vsakem zaselku smo vzorčili pet vrtov. Pri izbiri lokacij vrtov nam je pomagalo poznavanje naselja in njegovih prebivalcev. Za vzorčenje posameznih vrtov smo se ustno dogovorili z lastniki, ki smo jih še z anketnim vprašalnikom (priloga 1) vprašali, kako gnojijo svoje vrtove. Vzorčenje je potekalo konec meseca marca 2023.

Preglednica 5: Lokacije in oznake vzorčenih vrtov

Zaselek:	Hišna št.:	Oznaka vrta:
Legenska vas	Legen 94f	AS01
Legenska vas	Legen 87a	AS02
Legenska vas	Legen 94b	AS03
Legenska vas	Legen 92	AS04
Legenska vas	Legen 79	AS05
Krnice	Legen 50	AS06
Krnice	Legen 49	AS07
Krnice	Legen 53	AS08
Krnice	Legen 45	AS09
Krnice	Legen 46a	AS10
Krnice - Šmartno	Legen 58	AS11
Krnice - Šmartno	Legen 59f	AS12
Krnice - Šmartno	Legen 59d	AS13
Krnice - Šmartno	Legen 59a	AS14
Krnice - Šmartno	Legen 60d	AS15
okolica Bellevue	Legenska cesta 30	AS16
okolica Bellevue	Legenska cesta 32	AS17
okolica Bellevue	Legenska cesta 11	AS18
okolica Bellevue	Jakčeva ulica 13	AS19
okolica Bellevue	Jakčeva ulica 12	AS20

Na posameznem vrtu smo odvzeli vzorce tal po celotni površini vrta, pri čemer smo vzeli pet enakomerno porazdeljenih delnih vzorcev in jih homogenizirali v reprezentativen vzorec tal vrta. Globino odvzetega delnega vzorca smo ohranjali med 20 in 25 cm, pri čemer je masa posameznega delnega vzorca znašala približno 0,5 kg. Postopek odvzema vzorca tal je vključeval uporabo lopate, ki smo jo najprej pravokotno zasadili v tla. Nato smo lopato zasadili tudi z drugega konca pod kotom 45° ter odstranili navpični prerez tal.

Zaradi analize težkih kovin in možnosti onesnaženja vzorca preko orodja smo posamezni delni vzorec očistili s pomočjo lesene palice, pri čemer smo zajeli delni vzorec po celotni globini odvzema. Tega smo nato postavili v plastično posodo, ga homogenizirali ter odstranili večje delce skeleta, kamena in korenine. Homogeniziran vzorec smo zatem zapakirali v plastično vrečko, ki smo jo ustrezno označili za nadaljnji postopek.



Slika 3: Globina vzorca

Slika 3 prikazuje globino izkopanega navpičnega prereza delnega vzorca tal vrta. Na vsakem vrtu smo izkopali pet takih navpičnih prerezov.



Slika 4: Homogenizacija vzorca

Na sliki 4 je prikazano vedro, v katero smo zmešali oziroma homogenizirali delne vzorce tal posameznega vrta.

3.2 Analitske metode

Vzorci za analizo smo po protokolu (priloga 2) pripravili v laboratoriju Fakultete za varstvo okolja Velenje.



Slika 5: Sveži vzorci

Slika 5 prikazuje sveže vzorce tal vzorčenih vrtov, ki smo jih stehtali in pripravili za sušenje.



Slika 6: Sušenje vzorcev

Na sliki 6 so prikazani vzorci tal, ki smo jih sušili v sušilniku pri temperaturi 105 °C. Da smo dosegli suho stanje vzorca tal, smo vsak vzorec sušili 48 ur.



Slika 7: Suhi vzorci

Na sliki 7 so prikazani suhi vzorci vrtov, ki smo jim odstranili manjše kamenčke in jih s keramičnim pestilom strli ter presejali s sitom (0,25 mm). Trenje vzorca s keramičnim pestilom je prikazano na sliki 8.



Slika 8: Trenje vzorcev

3.2.1 Ekstrakcijska raztopina »zlatotopka«

Del analize težkih kovin v tleh je bil po standardu ISO 11466:1995 (E) izveden s strani Bureau Veritas Commodities Canada. Za analizo je bila uporabljena metoda Aqua Regia (AQ251) – zlatotopka, ki predstavlja mešanico koncentrirane HCl (klorovodikove kisline) in (HNO₃) dušikove (V) kisline v razmerju 3:1. Metoda je dobila ime po svoji sposobnosti raztapljanja zlata, ki se pri tem pretvori v zlato (III) topni kompleks HAuCl₄ (*zlatotopka* | *Kemija v šoli in družbi*, b. d.).

Pri metodi »zlatotopke« se najprej iz tal z močno kislino izločijo vse težke kovine, vključno s tistimi, ki so pri običajnih razmerah v tleh zelo močno vezane na talne delce in zato nedostopne rastlinam v normalnih pogojih. Nato se s pomočjo analitske opreme IPC-MS (metoda induktivno vezane plazemske spektrometrije) izmeri vsebnost posamezne težke kovine v izlužku, kar omogoča v tleh določanje vsebnosti kovin. Količine izluženih težkih kovin s to metodo so precej večje kot tiste, ki so običajno v tleh dostopne koreninam rastlin v normalnih razmerah (*Kmetijski inštitut Slovenije - Vrtničarstvo v Celju*, b. d.-b).

Zbrani rezultati analize vsebnosti težkih kovin v tleh vzorčenih vrtov so prikazani v prilogi 3.

3.2.2 Analize v Agrokemijskem laboratoriju KIS-a

Drugi del vzorcev so analizirali na KIS-u, kjer so analitiki v Agrokemijskem laboratoriju analizirali štiri parametre tal.

Po akreditirani metodi sta se analizirala pH v CaCl₂ in pa C (organski). Po standardu ISO 10390:2021 se je analiziral pH v CaCl₂, po standardu SIST ISO 14235:1999 mod. pa so v tleh analizirali vsebnost organskega C. Po interni metodi laboratorija so analizirali vsebnost rastlinam dostopnega kalija in fosforja (P₂O₅ in K₂O) (*SOP-CLakl-001_Z8_Sprejemni_list_za_vzorke_tal_verzija_10_16_2_2023.pdf*, b. d.).

Za lažjo interpretacijo organskega C po razredu založenosti (preglednica 2) smo rezultate analize (priloga 4), ki so bili podani v g/kg s.s. pretvorili v %.

3.3 Statistična obdelava

Zbrane podatke smo najprej uredili v preglednici programa Excel, nato pa smo jih prenesli v program R. S pomočjo slednjega smo izvedli primerjavo vrednosti težkih kovin v tleh vzorčenih vrtov z vrednostmi, navedenimi v Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2). Osnovno R-kodo za delo v programu R smo pridobili s strani KISa in smo jo nato dodatno nadgradili ter prilagodili. V osnovno kodo smo pri vsaki kovini posebej vnesli mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti ter vrednosti rezultatov analize vzorcev. Tako smo dobili grafe posameznih kovin (poglavje 4.1), iz katerih lahko razberemo, ali vrednosti vzorcev tal vrtov presegajo vrednosti omenjene uredbe.

Rezultate analize AQUA REGIA smo z grafi primerjali z raziskavo Geokemičnega ozadja tal v Sloveniji (Gosar idr., 2019). Rezultate smo primerjali z mediano posameznega elementa v Vzhodnih Alpah ter z mediano posameznega elementa v celotni Sloveniji. Pri tem smo izločili tiste elemente, katerih vrednost je manjša od 1 µg/kg. Z namenom lažjega pregleda grafov smo v njih združili elemente, ki imajo približno enake vrednosti.

3.4 Vrednotenje rezultatov

Rezultate analize vsebnosti desetih težkih kovin v tleh smo vrednotili z vrednostmi iz Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2). Rezultate nekaterih kovin pa smo nato primerjali še glede na ugotovitve naravnih geokemičnih ozadij tal Vzhodnih Alp in celotne Slovenije po Gosarju (Gosar idr., 2019).

Rezultate analize Agrokemijskega laboratorija KIS smo v poglavju 4.2 predstavili z grafi, ki smo jih tudi pisno interpretirali.

V podpoglavju 4.3 smo s pomočjo Excela z predstavili rezultate anketnega vprašalnika, glede gnojenja vrtov. Rezultati so po zaselkih predstavljeni s tortnimi diagrami.

4 REZULTATI

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati analize po metodi Aqua Regia (AQ251), tej pa sledijo rezultati standardne kmetijske analize, vključno s pH-vrednostjo, P_2O_5 , K_2O in vsebnostjo organskega ogljika. Poleg tega bodo v tem poglavju prikazani tudi rezultati anketnega vprašalnika.

4.1 Rezultati analize po metodi AQ251

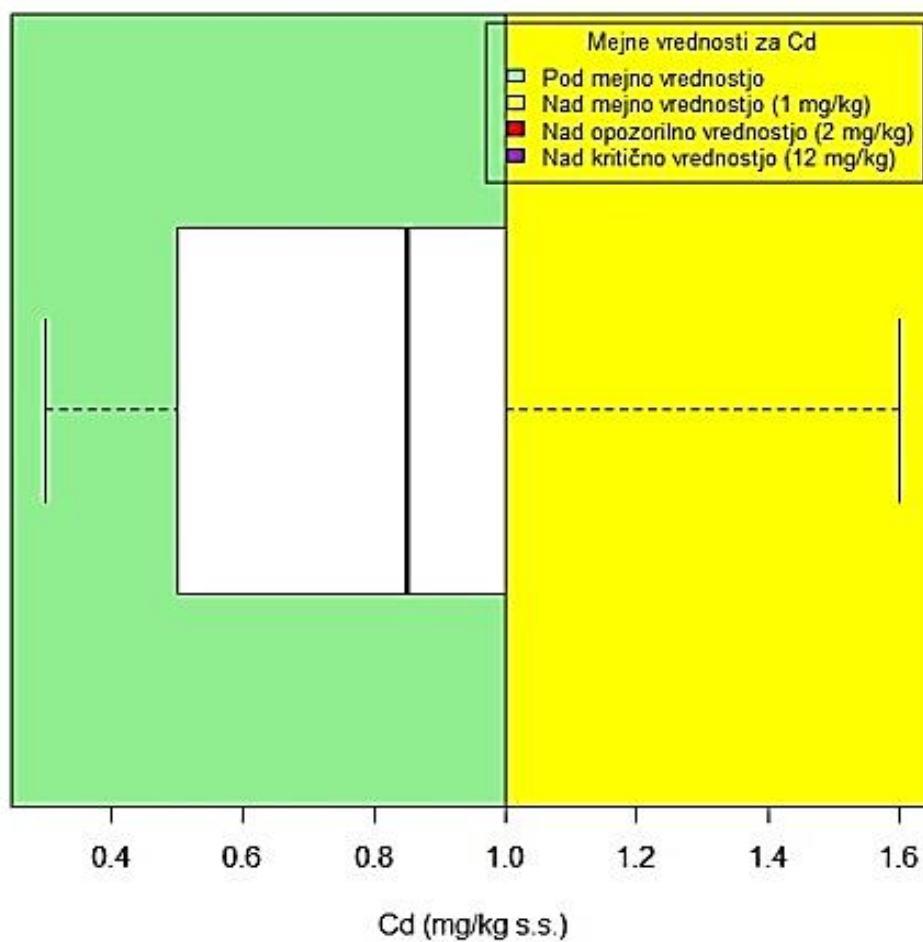
V tem podpoglavju so grafično prikazani rezultati analize po metodi AQ251 oziroma zlatotopki, ki smo jih primerjali z Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2).

4.1.1 Kadmij (Cd)

Za kadmij je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l.RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost ≥ 1 mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 2 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 12 mg/kg.

V tleh vrtov AS06, AS08, AS19 in AS20 je vsebnost kadmija nad mejno imisijsko vrednostjo glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2). Na ostalih vrtovih je vsebnost kadmija v tleh pod mejno imisijsko vrednostjo. Najvišja vsebnost kadmija v tleh je bila izmerjena na vrtu AS08 in je znašala 1,6 mg/kg. Najnižja izmerjena vsebnost pa je bila izmerjena v tleh vrta AS12, znašala je 0,3 mg/kg.

Vsebnost Cd na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Cd



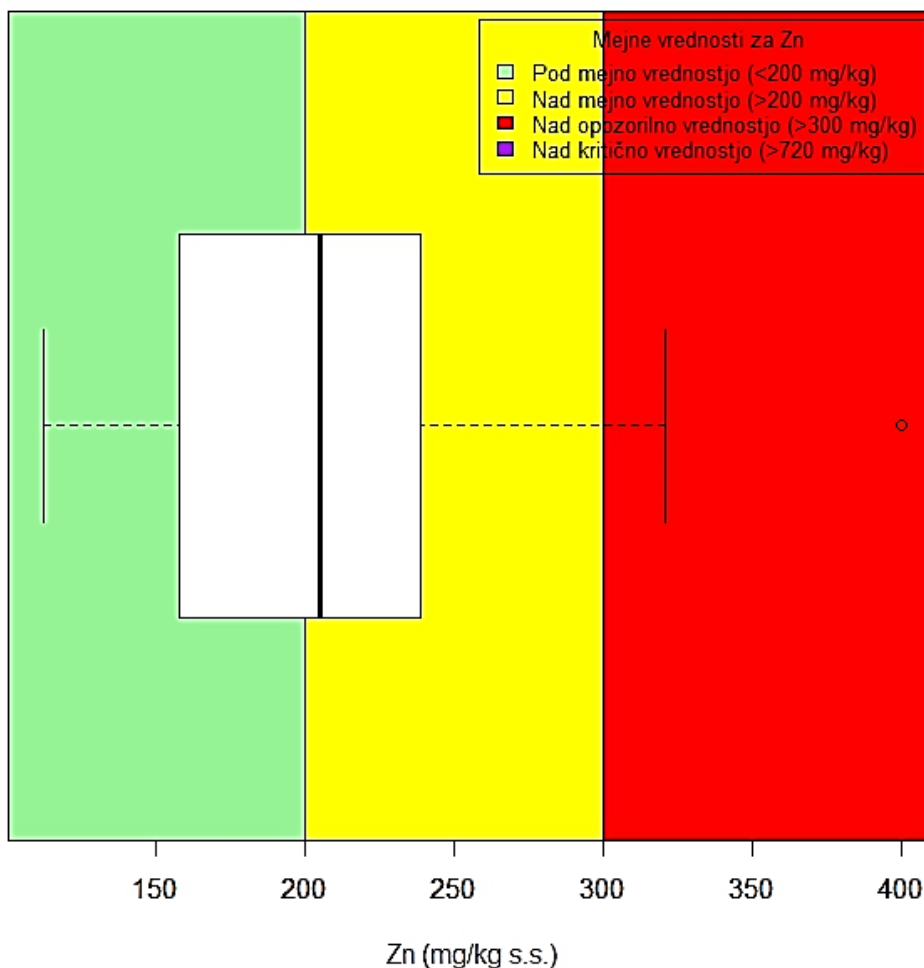
Slika 9: Vsebnost kadmija v tleh vrtov naselja Legen

4.1.2 Cink (Zn)

Za cink je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost ≥ 200 mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 300 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 720 mg/kg.

Tla vrtov AS01, AS02, AS03, AS05, AS06, AS07, AS09, AS12 in AS15 vsebujejo cink pod mejno imisijsko vrednostjo glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2). V tleh vrtov AS04, AS10, AS13, AS14, AS16, AS17, AS18 in AS19 je Zn nad mejno imisijsko vrednostjo. Nad opozorilno imisijsko vrednostjo po navedeni uredbi pa so vrtovi AS08, AS11 in AS20, kar pomeni, da so tla v vrtovih AS08, AS11 in AS20 onesnažena. Najvišja izmerjena vsebnost Zn v tleh, ki je znašala 400 mg/kg, je bila izmerjena v tleh vrta AS11. Najnižja vsebnost Zn pa je bila izmerjena na vrtu AS12, znašala je 112 mg/kg.

Vsebnost Zn na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Zn



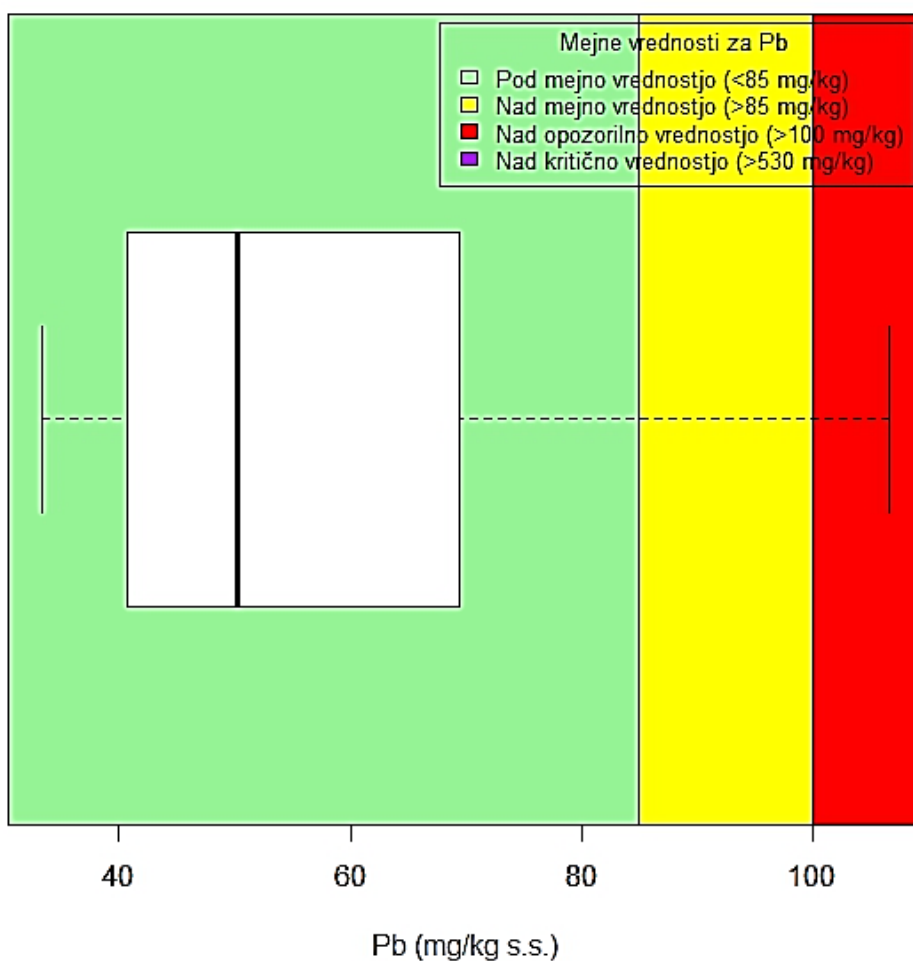
Slika 10: Vsebnost cinka v tleh vrtov naselja Legen

4.1.3 Svinec (Pb)

Za svinec je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost ≥ 85 mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 100 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 530 mg/kg.

Vsebnost svinca v tleh vrta AS19 je 106,6 mg/kg in je glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) nad opozorilno imisijsko vrednostjo, torej so tla na vrtu AS19 onesnažena. Vsebnosti svinca v tleh ostalih vrtov pa so pod mejno vrednostjo. Najnižja vsebnost, ki je znašala 33,4 mg/kg, je bila izmerjena na vrtu AS14.

Vsebnost Pb na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Pb



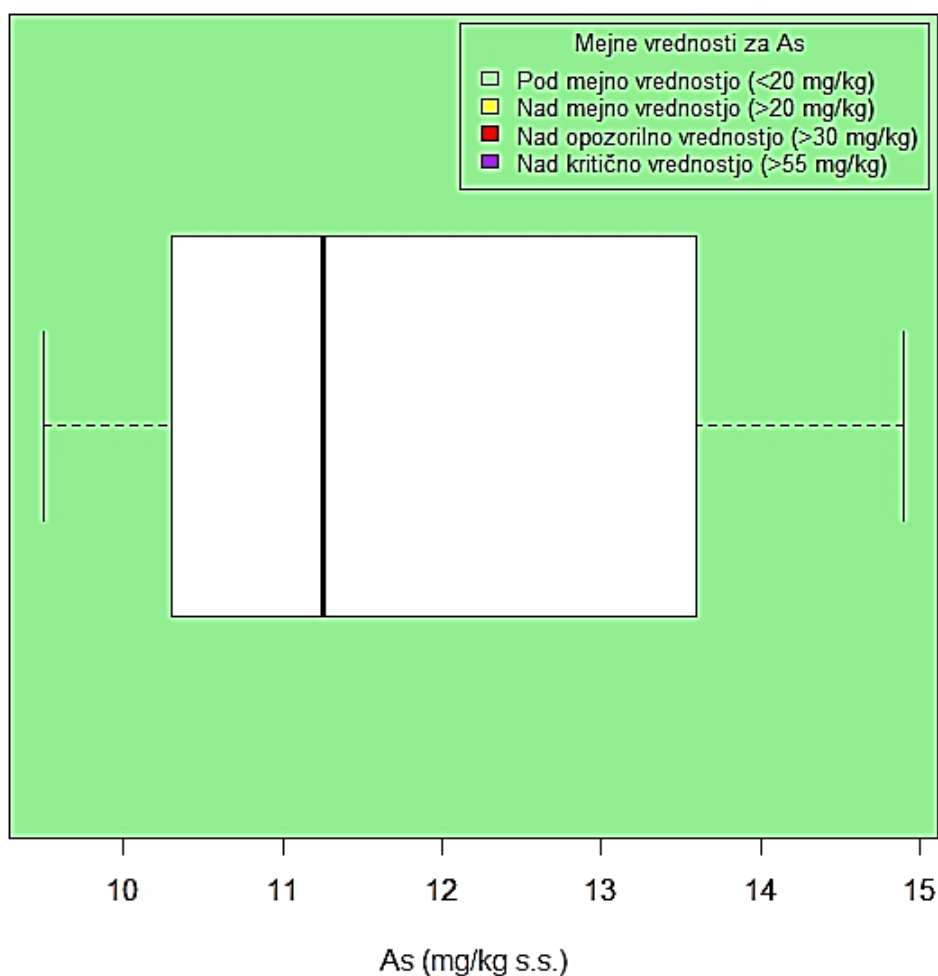
Slika 11: Vsebnost svinca v tleh vrtov naselja Legen

4.1.4 Arzen (As)

Za arzen je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost ≥ 20 mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 30 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 55 mg/kg.

Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) vsebnost arzena v tleh vrtov nikjer ni presegala mejne imisijske vrednosti. Najnižja vsebnost je bila izmerjena v tleh vrta AS13 (9,5 mg/kg), najvišja pa na vrtu AS20 (14,8 mg/kg).

Vsebnost As na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za As



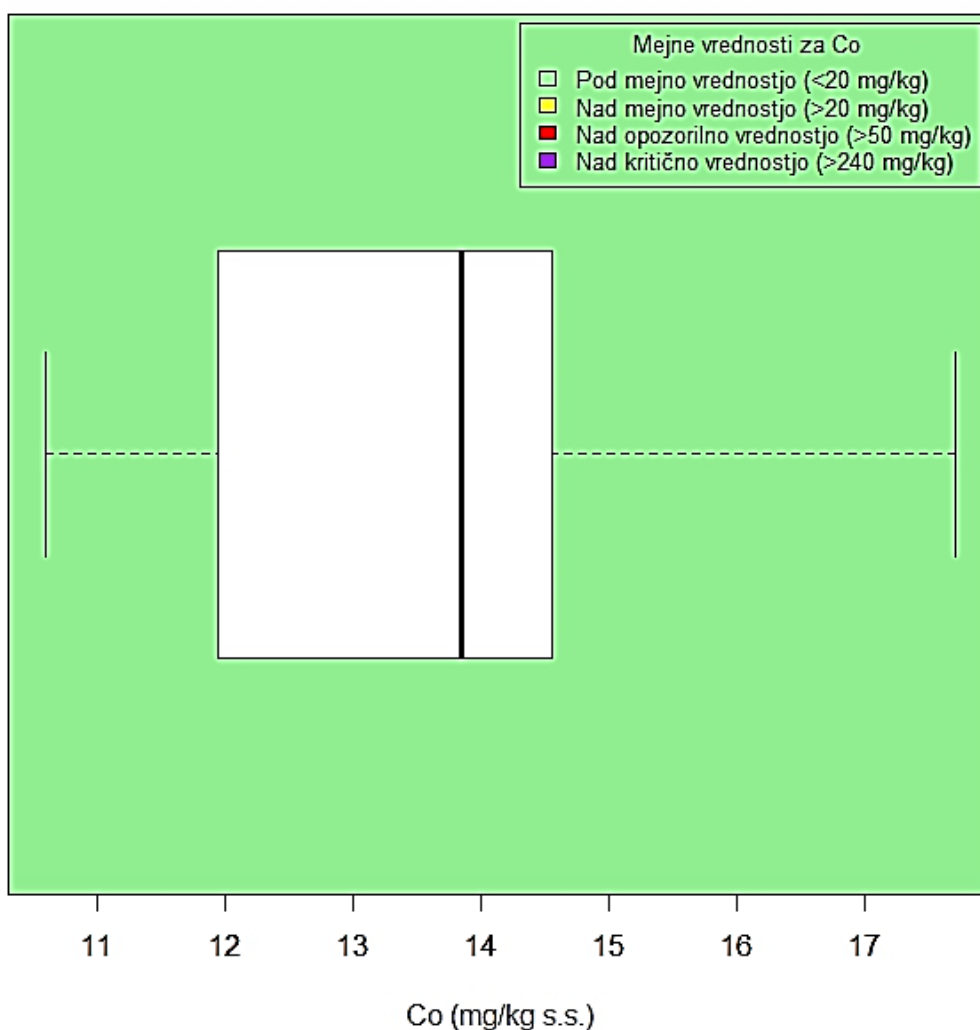
Slika 12: Vsebnost arzena v tleh vrtov naselja Legen

4.1.5 Kobalt (Co)

Za kobalt je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost $\geq 20\text{mg/kg}$, opozorilna imisijska vrednost $\geq 50\text{ mg/kg}$, kritična imisijska vrednost pa $\geq 240\text{ mg/kg}$.

Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) vsebnost kobalta v tleh vrtov nikjer ni presegala mejne imisijske vrednosti. Najnižja vsebnost Co je bila izmerjena na vrtu AS18, znašala je $10,6\text{ mg/kg}$. Najvišja vsebnost, ki je znašala $17,7\text{ mg/kg}$, pa je bila izmerjena na vrtu AS15.

Vsebnost Co na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Co



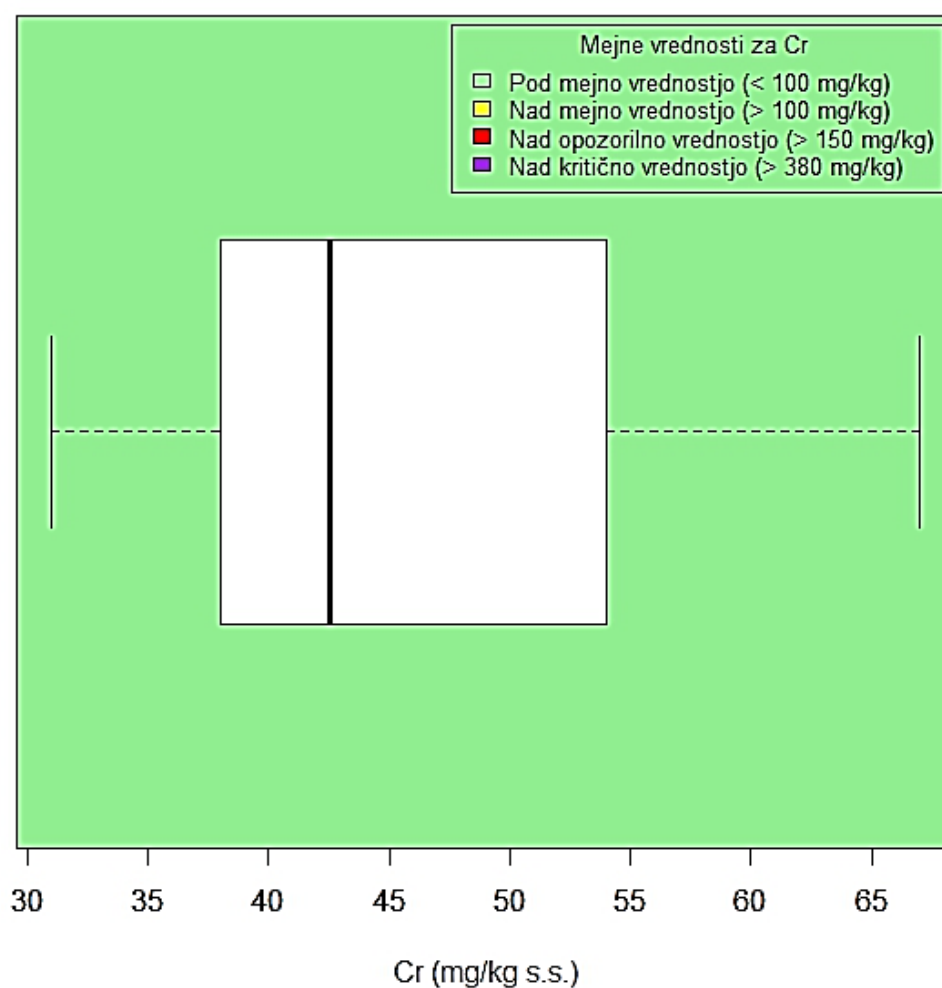
Slika 13: Vsebnost kobalta v tleh vrtov naselja Legen

4.1.6 Krom (Cr)

Za krom je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost ≥ 100 mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 150 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 380 mg/kg.

Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) vsebnost kroma v tleh vrtov nikjer ni presegala mejne imisijske vrednosti. Najnižja vsebnost Cr je bila izmerjena na vrtu AS14, znašala je 31 mg/kg. Najvišja vsebnost, ki je znašala 67 mg/kg, pa je bila izmerjena na vrtu AS16.

Vsebnost Cr na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Cr



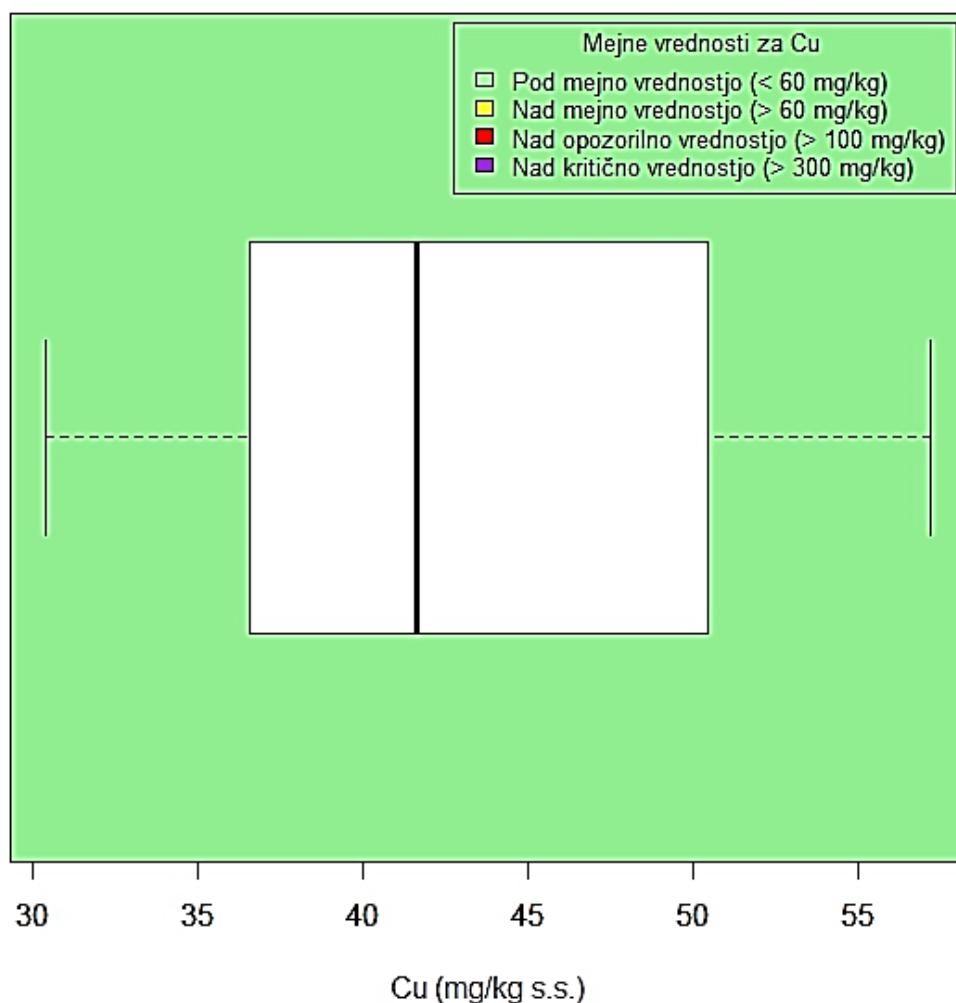
Slika 14: Vsebnost kroma v tleh vrtov naselja Legen

4.1.7 Baker (Cu)

Za baker je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost ≥ 60 mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 100 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 300 mg/kg.

Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) vsebnost bakra v tleh vrtov nikjer ni presegala mejne imisijske vrednosti. Najnižja vsebnost bakra je bila izmerjena na vrtu AS02, znašala je 30,4 mg/kg. Najvišja vsebnost pa je znašala 57,2 mg/kg in je bila izmerjena na vrtu AS11.

Vsebnost Cu na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Cu



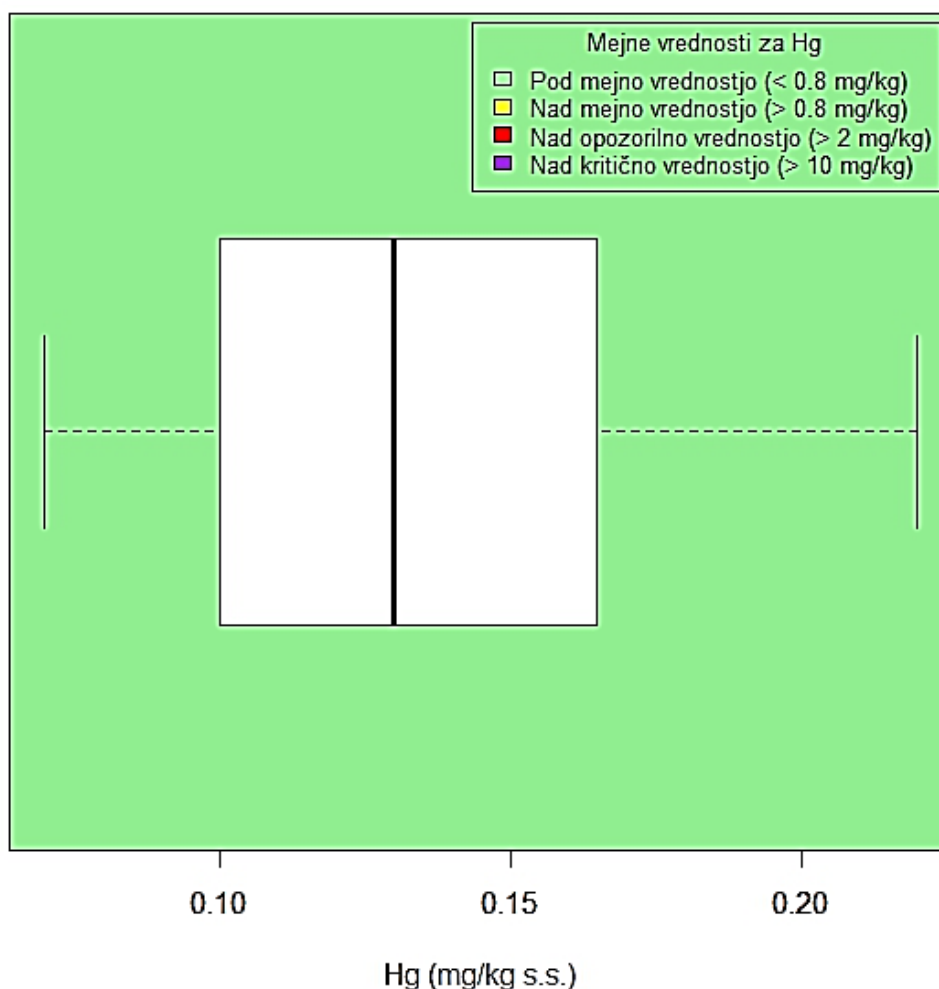
Slika 15: Vsebnost bakra v tleh vrtov naselja Legen

4.1.8 Živo srebro (Hg)

Za živo srebro je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost $\geq 0,8$ mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 2 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 10 mg/kg.

Najnižja vsebnost Hg je bila izmerjena na vrtu AS15, znašala je 0,07 mg/kg. Najvišja vsebnost, ki je znašala 0,22 mg/kg, pa je bila izmerjena na vrtu AS19. Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) so bile izmerjene vsebnosti živega srebra v tleh vseh vzorčenih vrtov pod mejno imisijsko vrednostjo.

Vsebnost Hg na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Hg



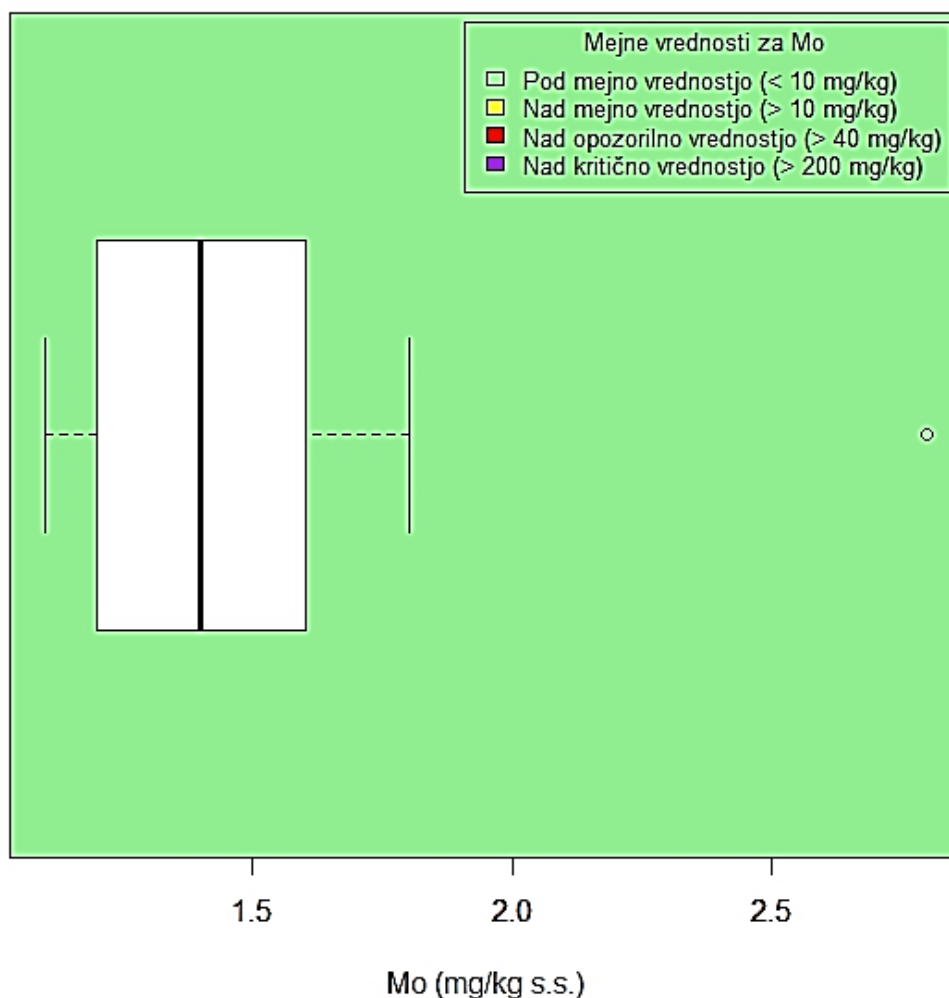
Slika 16: Vsebnost živega srebra v tleh vrtov naselja Legen

4.1.9 Molibden (Mo)

Za molibden je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost ≥ 10 mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 40 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 200 mg/kg.

Najnižja vsebnost molibdena je bila izmerjena na vrtovih AS05 in AS09, znašala je 1,1 mg/kg. Najvišja vsebnost, ki je znašala 2,8 mg/kg, pa je bila izmerjena na vrtu AS11. Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) so bile v tleh izmerjene vsebnosti Mo v vseh vzorčenih vrtovih pod mejno imisijsko vrednostjo.

Vsebnost Mo na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Mo



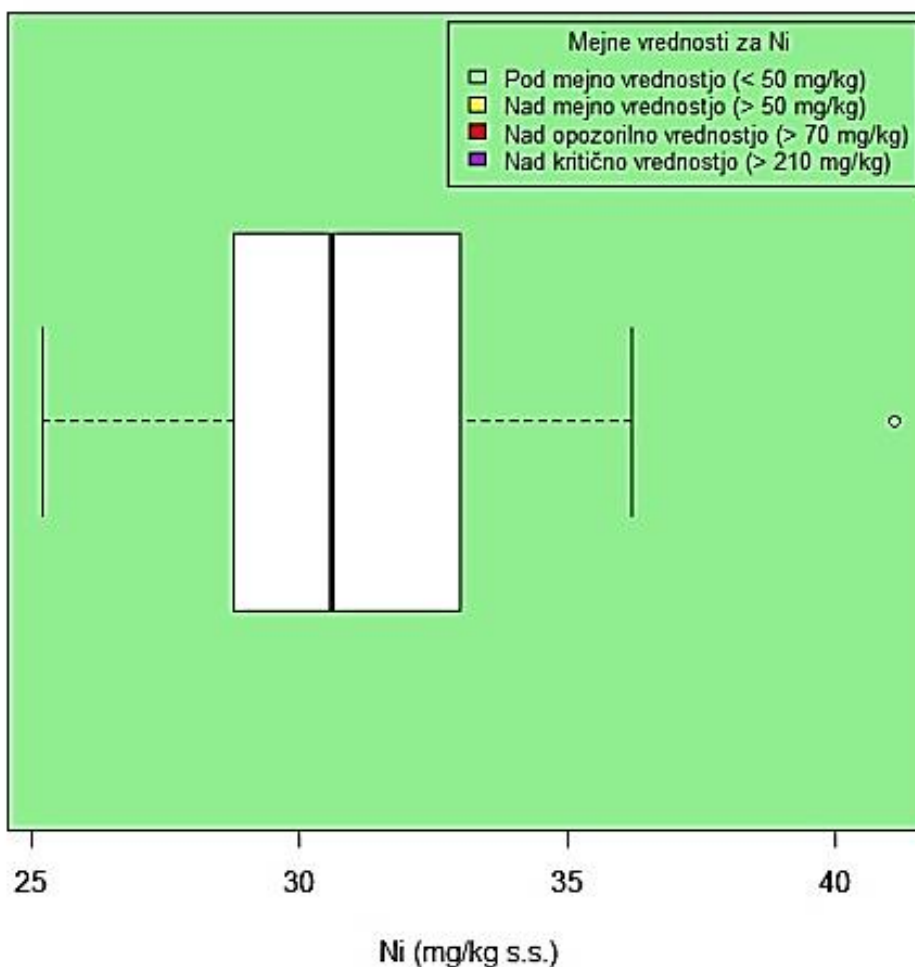
Slika 17: Vsebnost molibdena v tleh vrtov naselja Legen

4.1.10 Nikelj (Ni)

Za nikelj je po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) mejna imisijska vrednost ≥ 50 mg/kg, opozorilna imisijska vrednost ≥ 70 mg/kg, kritična imisijska vrednost pa ≥ 210 mg/kg.

Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) vsebnost niklja v tleh vrtov nikjer ni presegala mejne imisijske vrednosti. Najnižja vsebnost niklja je bila izmerjena na vrtu AS18, znašala je 25,2 mg/kg. Najvišja vsebnost niklja, ki je znašala 41,1 mg/kg, pa je bila izmerjena na vrtu AS15.

Vsebnost Ni na izbranih vrtovih in mejne vrednosti za Ni

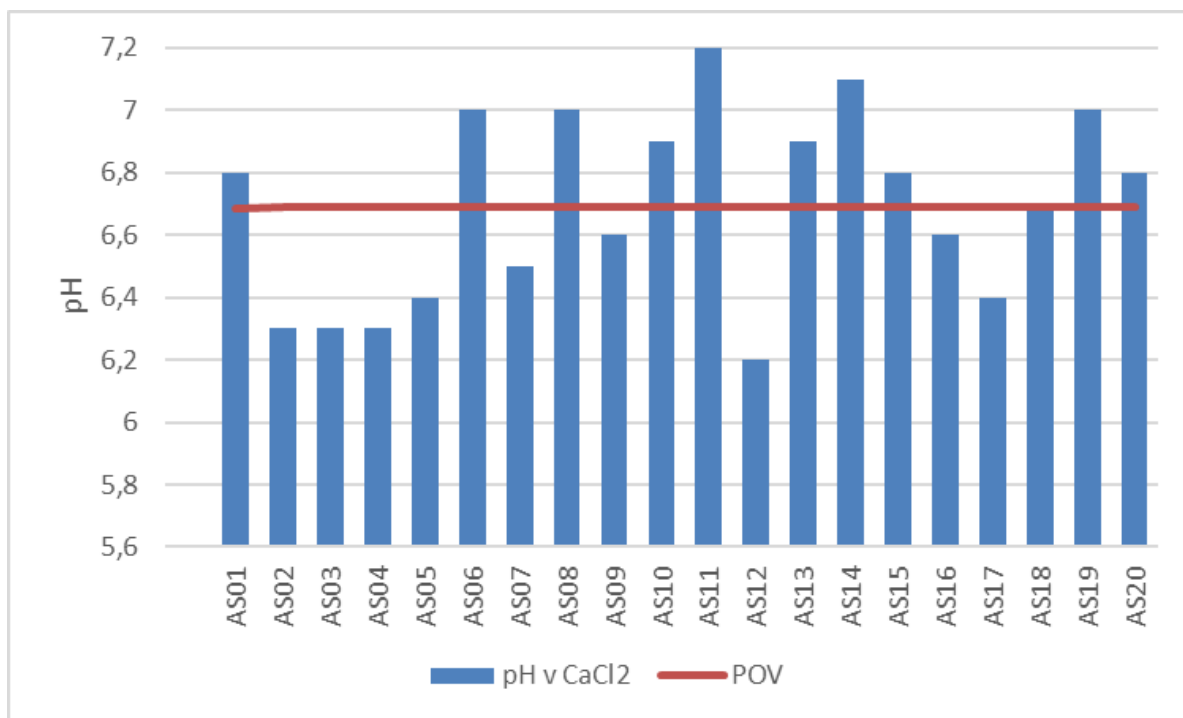


Slika 18: Vsebnost niklja v tleh vrtov naselja Legen

4.2 Standardna kmetijska analiza in rezultati

4.2.1 Kislost tal

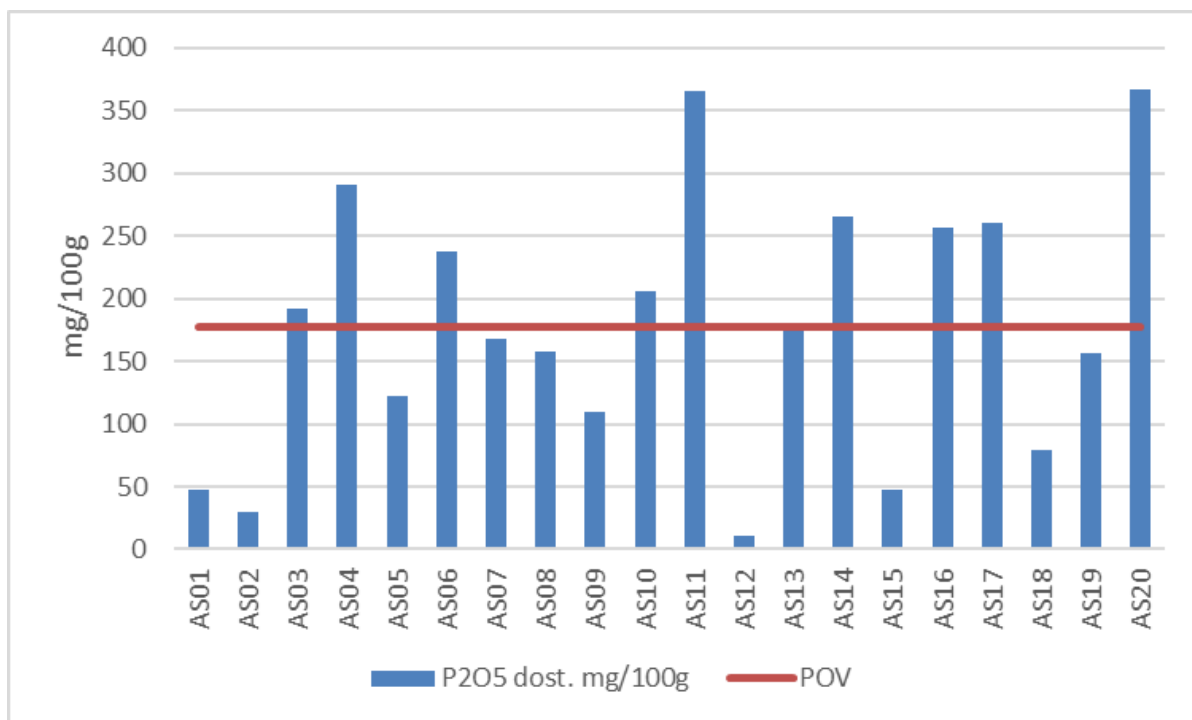
Kislost tal se na vzorčenih vrtovih razlikuje. Na vrtovih AS01, AS06, AS08, AS10, AS11, AS13, AS14, AS18, AS19 in AS20 so nevtralna tla, kar pomeni, da imajo pH od 6,8 do 7,2; na ostalih vrtovih pa so zmerno kislila tla (od 5,6 do 6,7). Najnižji pH tal je na vrtu AS12, najvišji pa na vrtu AS11. Povprečen pH (na grafu označeno s kratico POV) na vrtovih je 6,7. Kislost tal vzorčenih vrtov je na splošno višja od kislosti »naravnih« oziroma neobdelanih tal naselja Legen.



Slika 19: Kislost tal

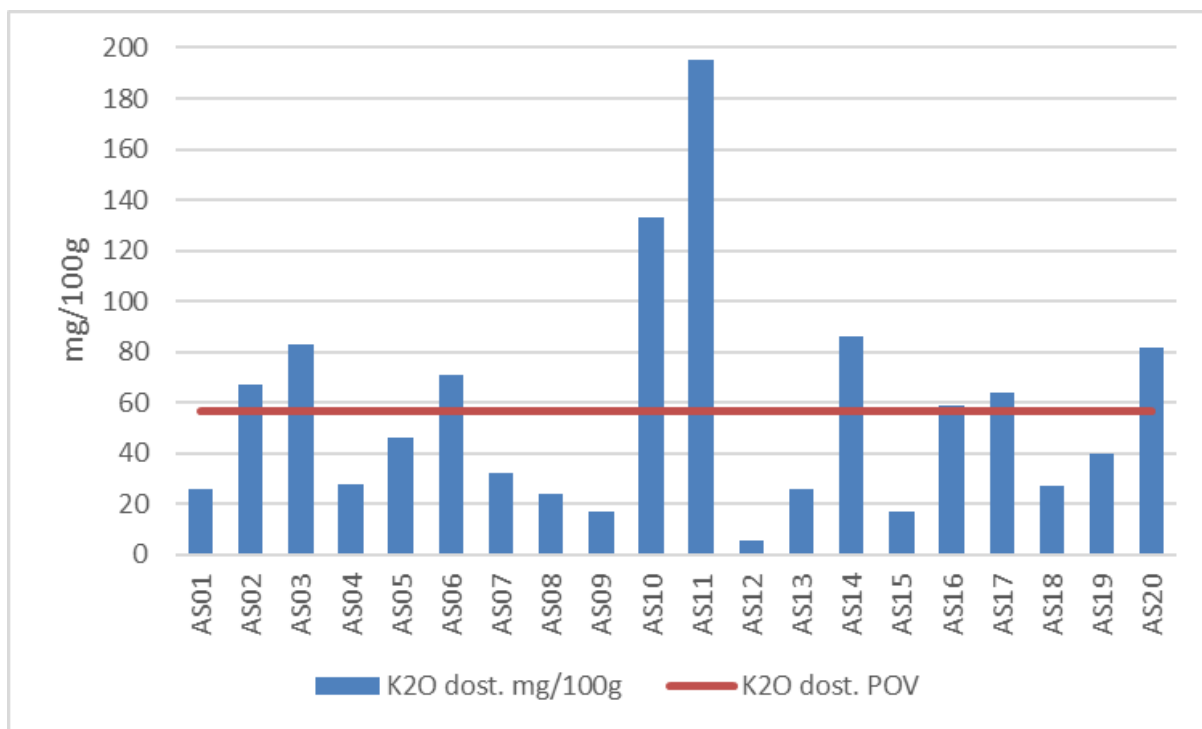
4.2.2 Rastlinam dostopni kalij in fosfor

Vrt AS12 spada v srednjo oskrbljenost s fosforjem (razred B), sicer pa noben vrt ni optimalno oskrbljen s fosforjem. Vrt AS02 spada v razred čezmerne oskrbljenosti tal s fosforjem. Tla vrtov AS01, AS03, AS04, AS05, AS06, AS07, AS08, AS09, AS10, AS11, AS13, AS14, AS15, AS16, AS17, AS18, AS19 in AS20 pa so ekstremno oskrbljena s fosforjem. Torej je devetdeset odstotkov vzorčenih vrtov ekstremno oskrbljenih s fosforjem.



Slika 20: Rastlinam dostopni fosfor

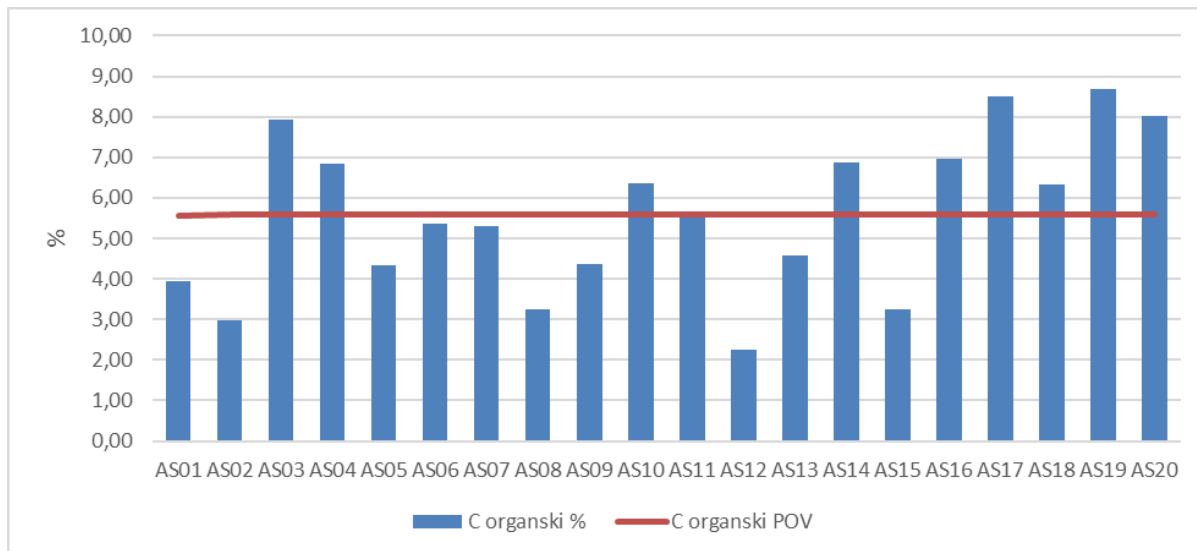
Vrt AS12 spada v razred A, kar pomeni siromašno oskrbljenost tal s kalijem. Vrtova AS09 in AS15 sta z njim srednje oskrbljena. Vrtovi AS01, AS04, AS08, AS13 in AS18 so s kalijem optimalno oskrbljeni, medtem ko sta vrtova AS07 in AS19 z njim čezmerno oskrbljena. S kalijem ekstremno oskrbljenih je petdeset odstotkov vzorčenih vrtov, in sicer so to vrtovi AS02, AS03, AS05, AS06, AS10, AS11, AS14, AS16, AS17 ter AS20. Tla vrta AS11 so najbolj oskrbljena s kalijem, in sicer spadajo v razred D oskrbljenosti s kalijem.



Slika 21: Rastlinam dostopni kalij

4.2.3 Skupni talni organski dušik

Vrtovi AS01, AS02, AS08, AS12 in AS15 spadajo v razred srednje humoznih tal, saj je delež organske snovi pod štirimi odstotki. Vrtovi AS03, AS04, AS05, AS06, AS07, AS09, AS10, AS11, AS13, AS14, AS16, AS17, AS18, AS19 in AS20 pa imajo humozna tla. Največ organske snovi imajo tla vrta AS19, in sicer 8,68 odstotka. V povprečju so tla na vrtovih v naselju Legen humozna, saj je v povprečju delež organske snovi v tleh 5,6 odstotka.



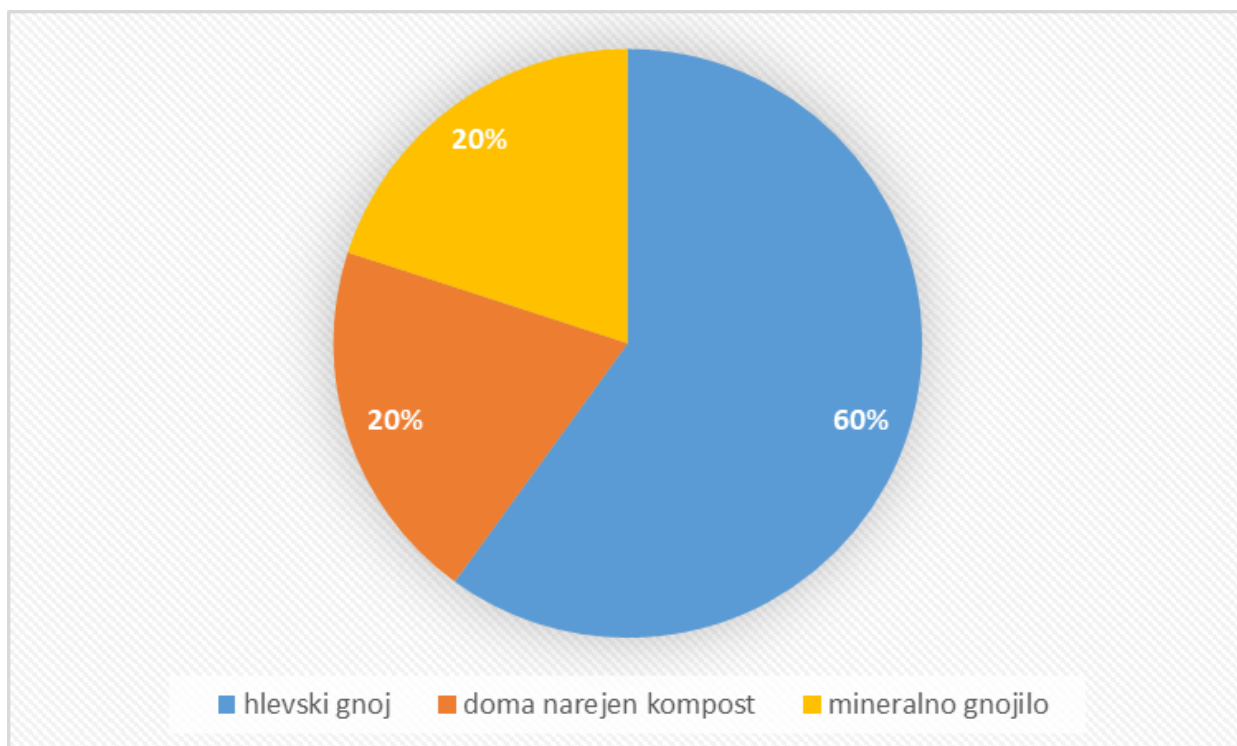
Slika 22: Celotni organski ogljik (%)

4.3 Rezultati anketnega vprašalnika

V tem podpoglavju bomo primerjali rezultate anketnega vprašalnika po zaselkih.

4.3.1 Rezultati anketnega vprašalnika za zaselek Legenska vas

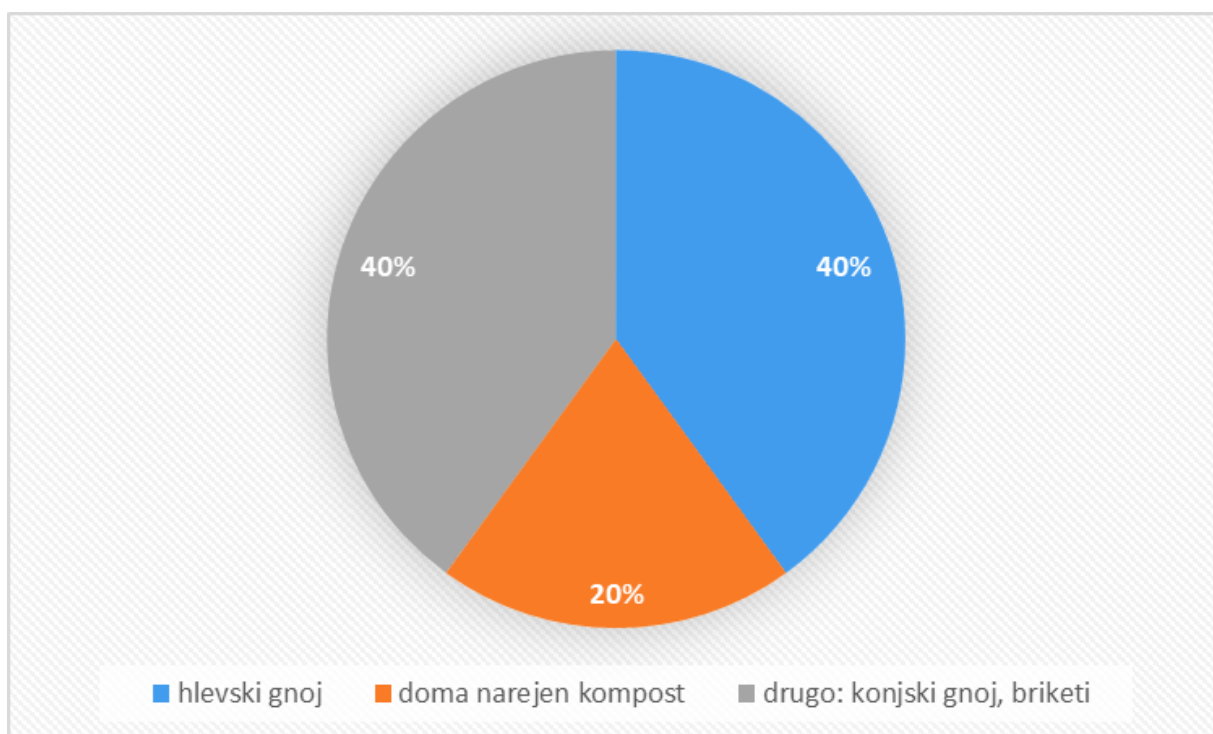
V tem zaselku lastniki vzorčenih vrtov gnojijo enkrat na leto, razen lastniki vrta AS01, ki gnojijo enkrat na dve leti. V spodnjem grafikonu je predstavljeno, katera gnojila lastniki vrtov zaselka Legenska vas uporabljajo za gnojenje svojih vrtov. V tem zaselku nihče od lastnikov vrta na svojem vrtu ni uporabil premogovega pepela, uporabili pa so lesni pepel. Na vrtovih AS02, AS03 in AS05 ni bilo uporabljenih sredstev za zatiranje škodljivcev in plevela. Na vrtu AS01 so bili uporabljeni briketi za zatiranje vrtnih polžev, na vrtu AS04 pa sredstvo za zatiranje bramorja.



Slika 23: Uporaba gnojil na vrtovih zaselka Legen

4.3.2 Rezultati anketnega vprašalnika za zaselek Krnice

V zaselku Krnice lastniki vzorčenih vrtov gnojijo enkrat letno, razen lastniki vrta AS010, ki ga gnojijo dvakrat letno. Na vrtovih tega zaselka nihče ne uporablja premogovega pepela ali kakšnega drugega sredstva zatiranja škodljivcev ali plevela.

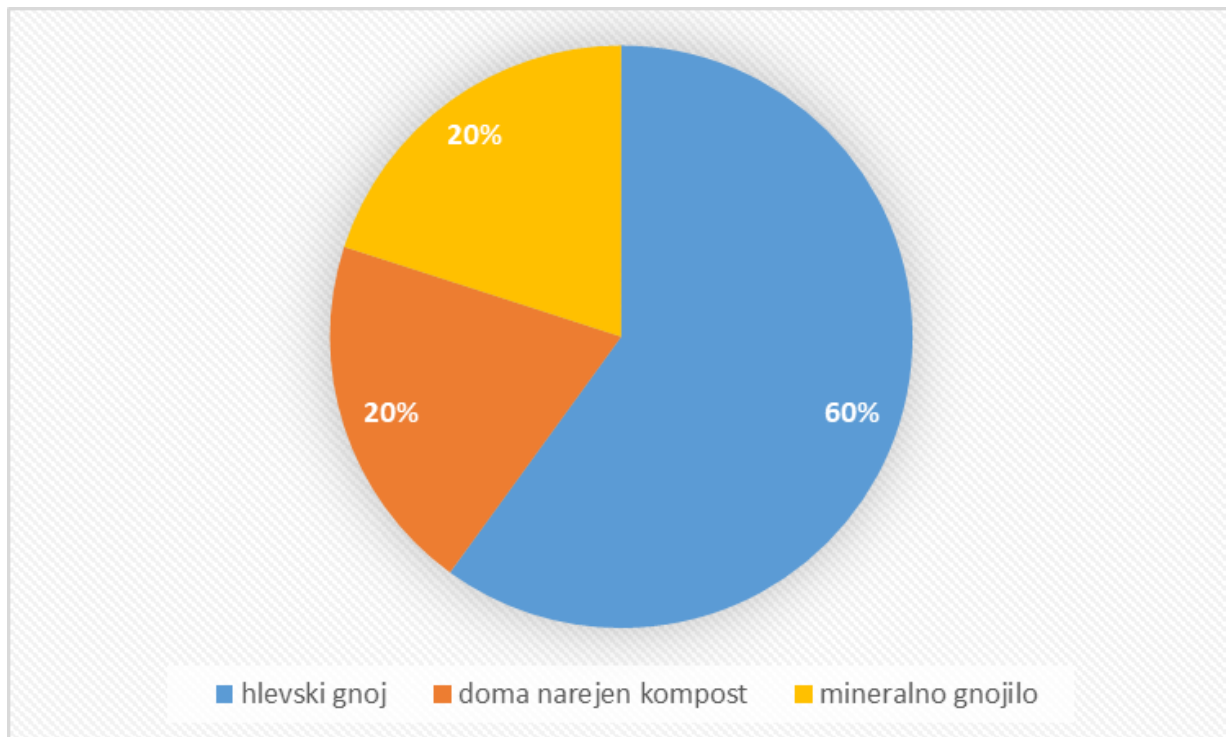


Slika 24: Uporaba gnojil na vrtovih zaselka Krnice

4.3.3 Rezultati anketnega vprašalnika za zaselek Krnice-Šmartno

V zaselku Krnice-Šmartno lastniki vzorčenih vrtov gnojijo enkrat letno. Kot prikazuje spodnji graf (slika 25), lastniki za gnojenje uporabljajo hlevski gnoj, doma narejen kompost ter umetno gnojilo. Na vrtu AS13 uporabljajo pripravek BioSan, prav tako pa so pred petnajstimi leti uporabljali premogov pepel. Lastniki tega zaselka na svojih vrtovih uporabljajo tudi lesni pepel.

Lastnika vrtov sta ob anketiranju podala informacijo, da je bila na vrtova AS13 in AS15 prst pripeljana od drugod.

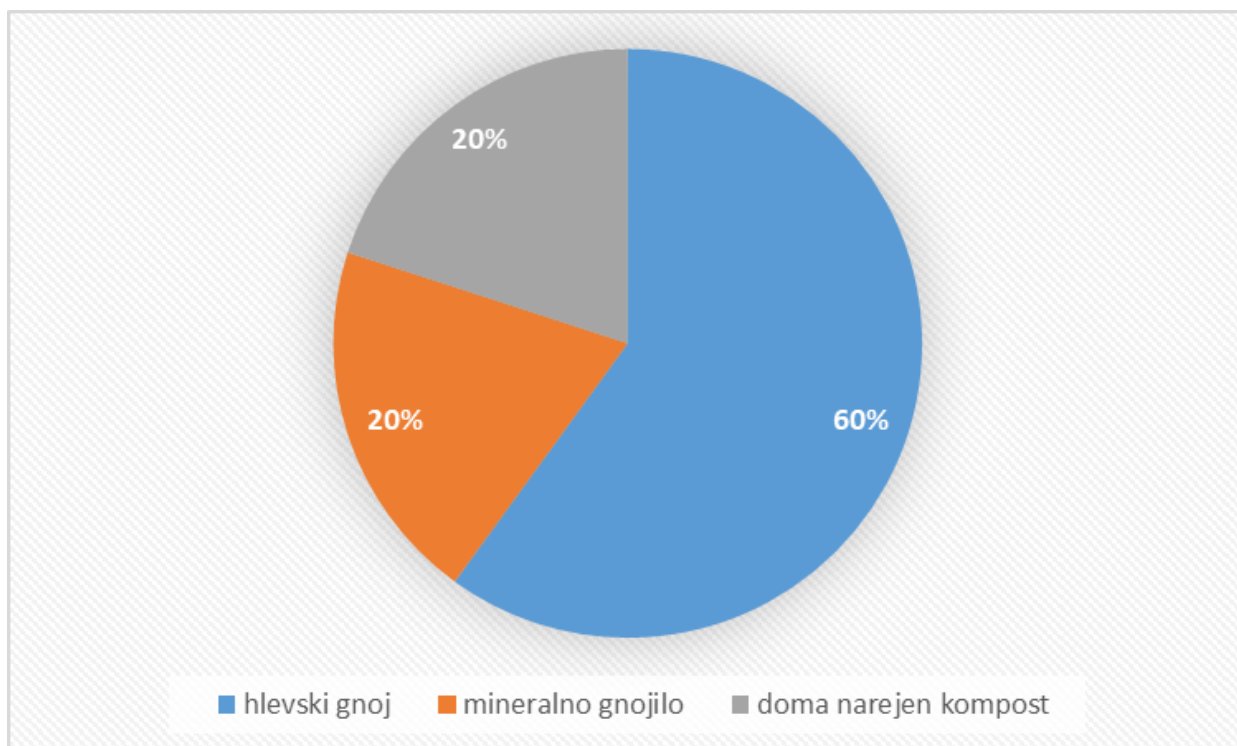


Slika 25: Uporaba gnojil na vrtovih zaselka Krnice-Šmartno

4.3.4 Rezultati anketnega vprašalnika za zaselek Bellevue

Zaselek Bellevue je v bližnji okolici mesta Slovenj Gradec. V tem zaselku lastniki vzorčenih vrtov izvajajo gnojenje enkrat letno. Kot prikazuje spodnji graf (slika 26), se za gnojenje uporabljajo hlevski gnoj, domači kompost ter mineralna gnojila. Iz rezultatov ankete je

razvidno, da anketirani na vrtovih tega zaselka ne uporabljajo premogovega pepela. Na vrtu AS18 se kot sredstvo za zatiranje škodljivcev in plevela uporablja fitofarmacevtsko sredstvo.



Slika 26: Uporaba gnojil na vrtovih zaselka Bellevue

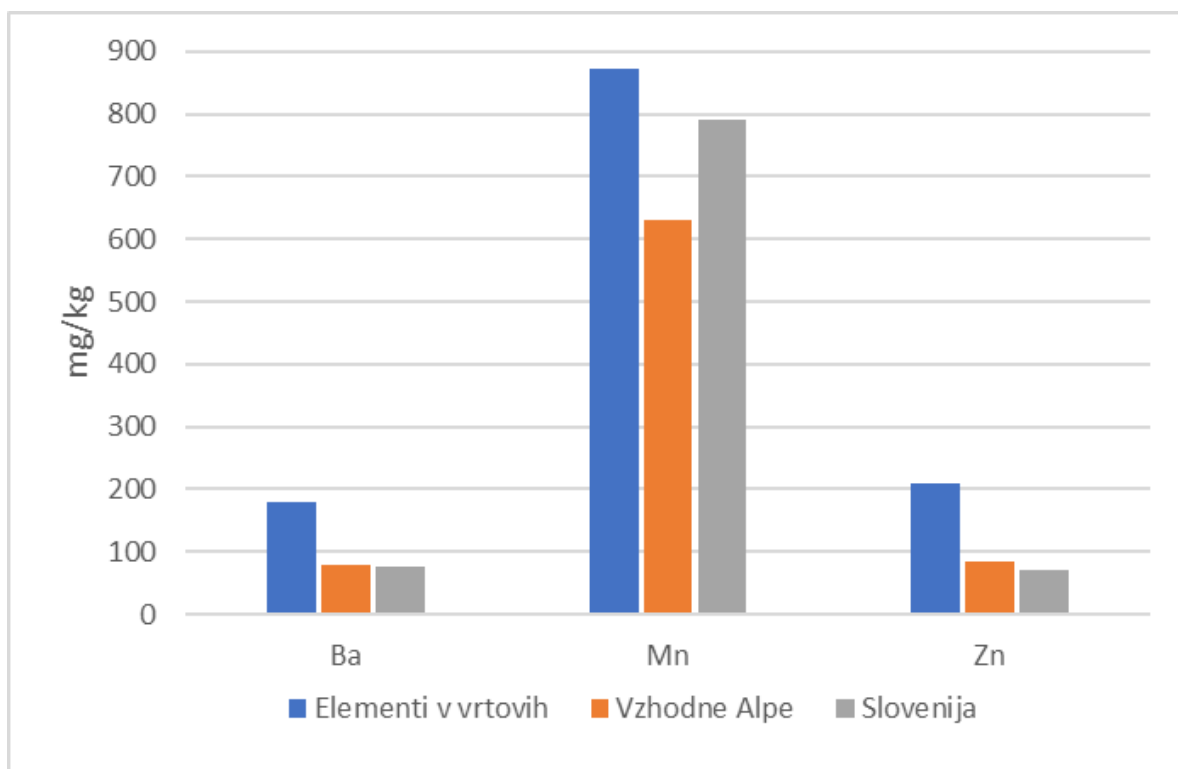
5 RAZPRAVA IN POVZETEK

5.1 Primerjava z drugimi študijami

5.1.1 Raziskava o geokemičnem ozadju tal v Sloveniji

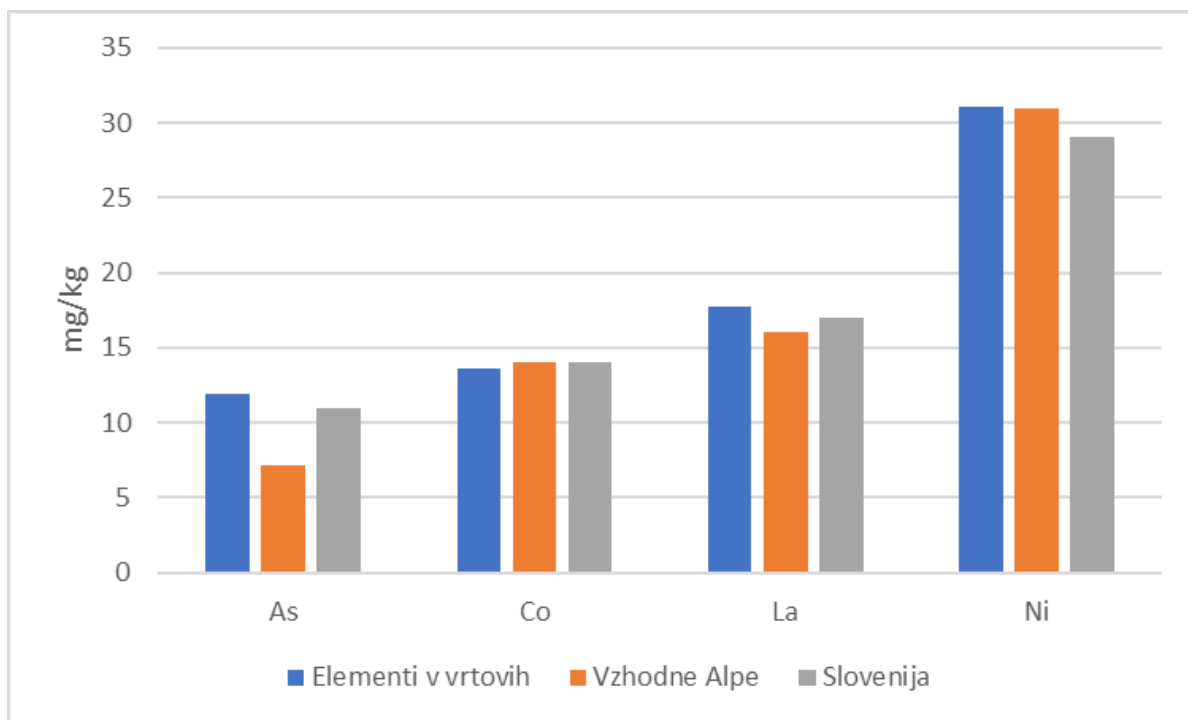
Rezultate analize AQUA REGIA smo primerjali z raziskavo Geokemičnega ozadja tal v Sloveniji (Gosar idr., 2019). Rezultate smo primerjali z mediano posameznega elementa v Vzhodnih Alpah ter z mediano posameznega elementa v celotni Sloveniji. Pri tem smo izločili tiste elemente, katerih vrednost je manjša od 1 µg/kg. Z namenom lažjega pregleda grafov smo vanje združili elemente, ki imajo približno enake vrednosti.

Pregledali in povzeli smo tudi podatke Agencije Republike Slovenije glede onesnaževal v tleh.



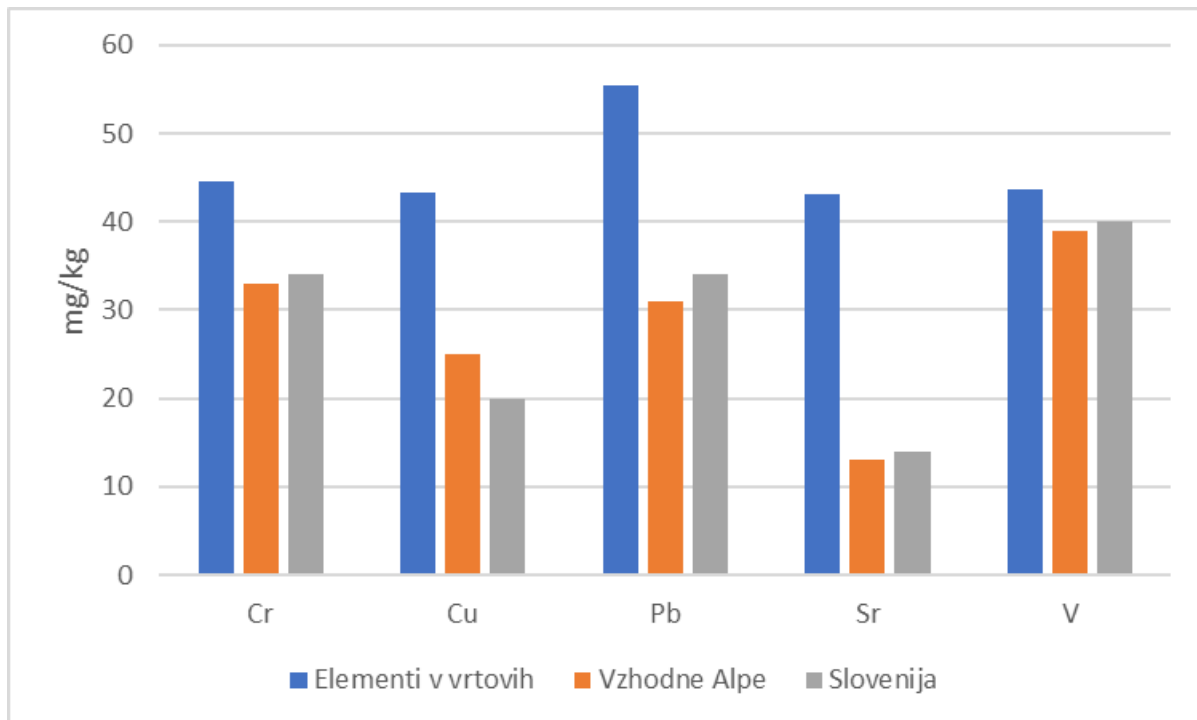
Graf 1: Primerjava rezultatov z raziskavo o geokemičnem ozadju tal v Sloveniji za Ba, Mn in Zn

Graf 1 prikazuje primerjavo rezultatov barija, mangana in cinka. Rezultati teh presegajo vrednosti raziskave Vzhodnih Alp in celotne Slovenije.



Graf 2: Primerjava rezultatov z raziskavo o geokemičnem ozadju tal v Sloveniji za As, Co, La in Ni

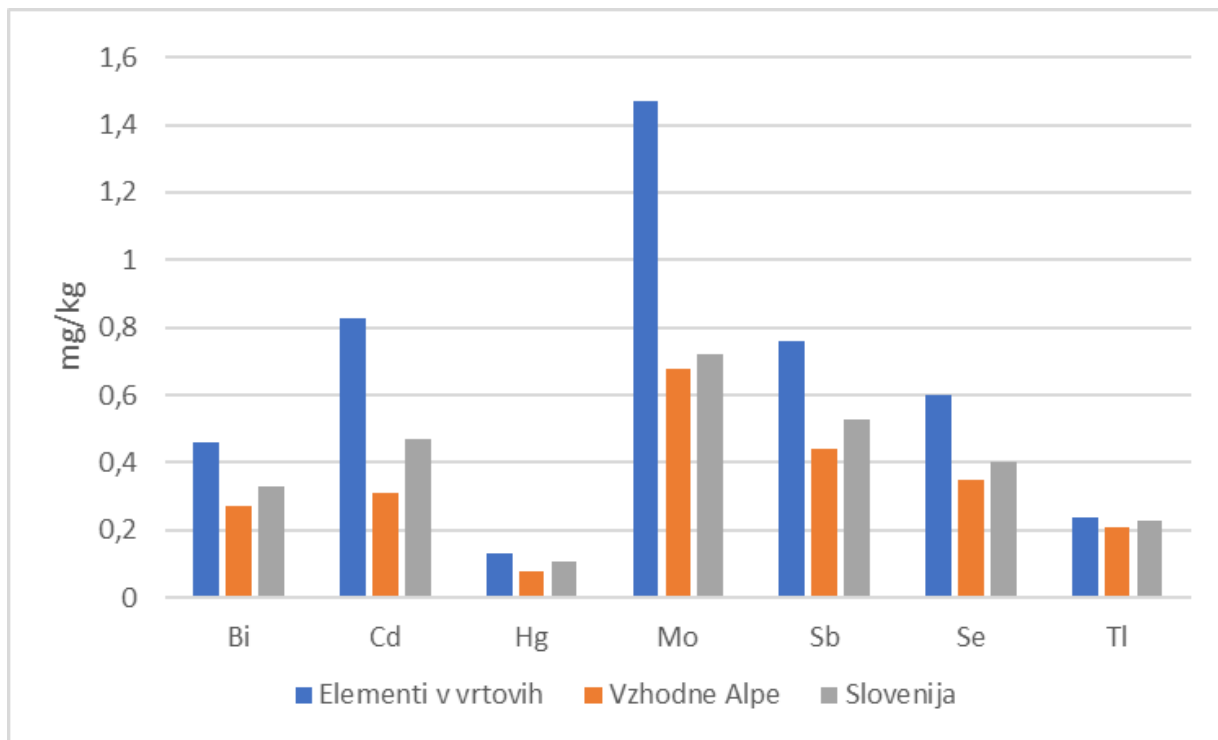
V grafu 2 so predstavljeni rezultati za arzen, kobalt, lantan in nikelj. Izmerjene vrednosti za kovine kobalt, lantan in nikelj ne odstopajo drastično (odstopajo približno za 3 mg/kg) od vrednosti raziskav Vzhodnih Alp in celotne Slovenije. Vrednosti arzena pa so višje od vrednosti raziskave Vzhodnih Alp.



Graf 3: Primerjava rezultatov z raziskavo o geokemičnem ozadju tal v Sloveniji za Cr, Cu, Pb, Sr in V

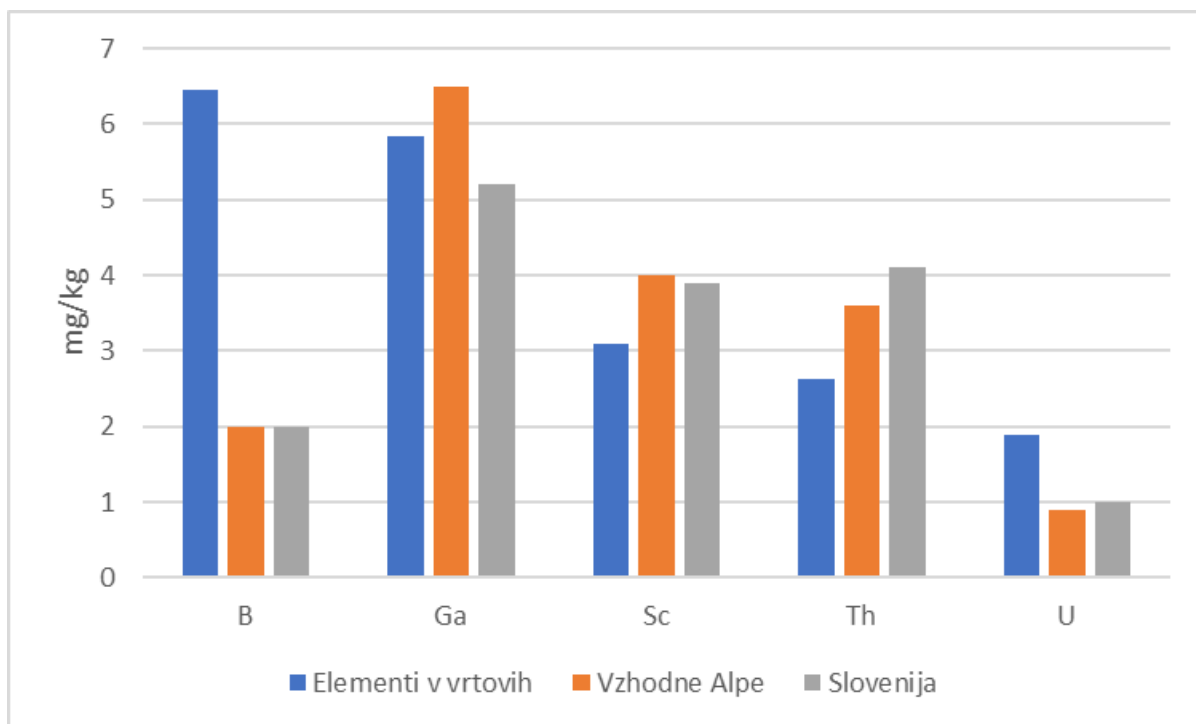
Graf 3 prikazuje primerjavo rezultatov kroma, bakra, svinca, stroncija in vanadija. Vrednosti vzorcev z vrtov so za navedene kovine precej višje v primerjavi z vrednostmi Vzhodnih Alp in vrednostmi celotne Slovenije. Razlog povišane vrednosti bakra je najverjetneje uporaba fitofarmacevtskih sredstev na osnovi bakra ter uporaba hlevskega gnoja, ki lahko vsebuje

baker. Za povišano vrednost svinca je najverjetneje vzrok od drugod pripeljana zemlja na vrt AS19 in bližina mesta, saj so vrednosti svinca višja v zaselku Bellevue, ki je bolj urban in precej prometni zaselek. Razlog za povišane vsebnosti kroma v tleh vrtov pa je verjetno, da so lastniki na vrt odlagali lesni pepel, ki so ga pridobili s kurjenjem lesa, premazanega s sredstvi za zaščito lesa, to pa vsebuje krom. Vrednosti vanadija ne odstopajo od vrednosti za Vzhodne Alpe in Slovenije.



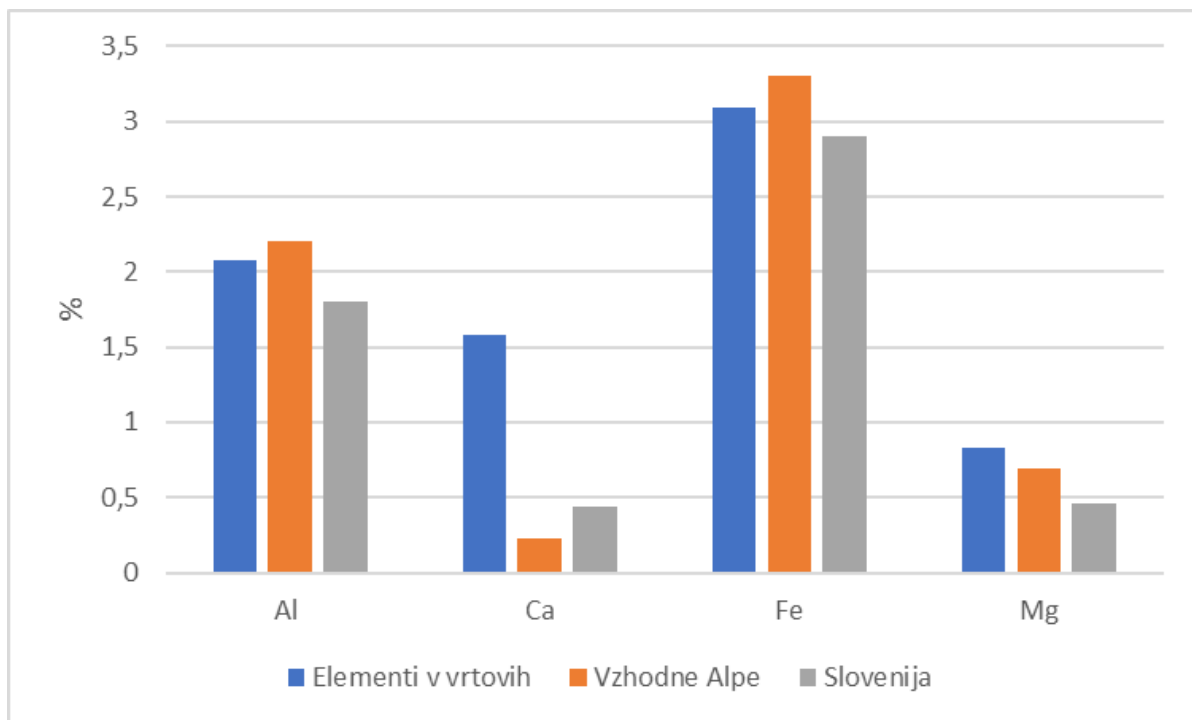
Graf 4: Primerjava rezultatov z raziskavo o geokemičnem ozadju tal v Sloveniji za Bi, Cd, Hg, Mo, Sb, Se in Tl

V grafu 4 so prikazani rezultati bizmuta, kadmija, živega srebra, molibdena, antimona, selena in talija. Iz grafa je razvidno, da vrednosti talija in živega srebra v primerjavi z vrednostmi Vzhodnih Alp in celotne Slovenije niso povišane. Tudi vrednosti bizmuta ne odstopajo od vrednosti Vzhodnih Alp in Slovenije. Vrednosti kadmija, molibdena, antimona in selena pa so v primerjavi z Vzhodnimi Alpami in Slovenijo precej povišane. Razlog tega je verjetno uporaba posameznih mineralnih gnojil. Za povišane vrednosti molibdena, antimona in selena pa so po našem mnenju krive emisije iz individualnih kurišč. Za nadaljnjo raziskavo bi bilo treba analizirati kakovost zraka in vpliv individualnih kurišč v naselju Legen. Kot smo že razdelali, je vsebnost kadmija v tleh vzorčenih vrtov nad opozorilno vrednostjo glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2).



Graf 5: Primerjava rezultatov z raziskavo o geokemičnem ozadju tal v Sloveniji za B, Ga, Sc, Th in U

Graf 5 prikazuje rezultate bora, galija, skandija, torija in urana v primerjavi z vrednostmi Vzhodnih Alp in celotne Slovenije. Vrednosti barija in urana so na vzorčenih vrtovih višje od vrednosti Vzhodnih Alp in Slovenije. Razlog za to bi bilo potrebno nadaljnje raziskati. Vrednosti galija so višje od vrednosti Slovenije in nižje od vrednosti Vzhodnih Alp. Vrednosti skandija in torija pa so nižje od vrednosti Vzhodnih Alp in Slovenije.



Graf 6: Primerjava rezultatov z raziskavo o geokemičnem ozadju tal v Sloveniji za Al, Ca, Fe in Mg

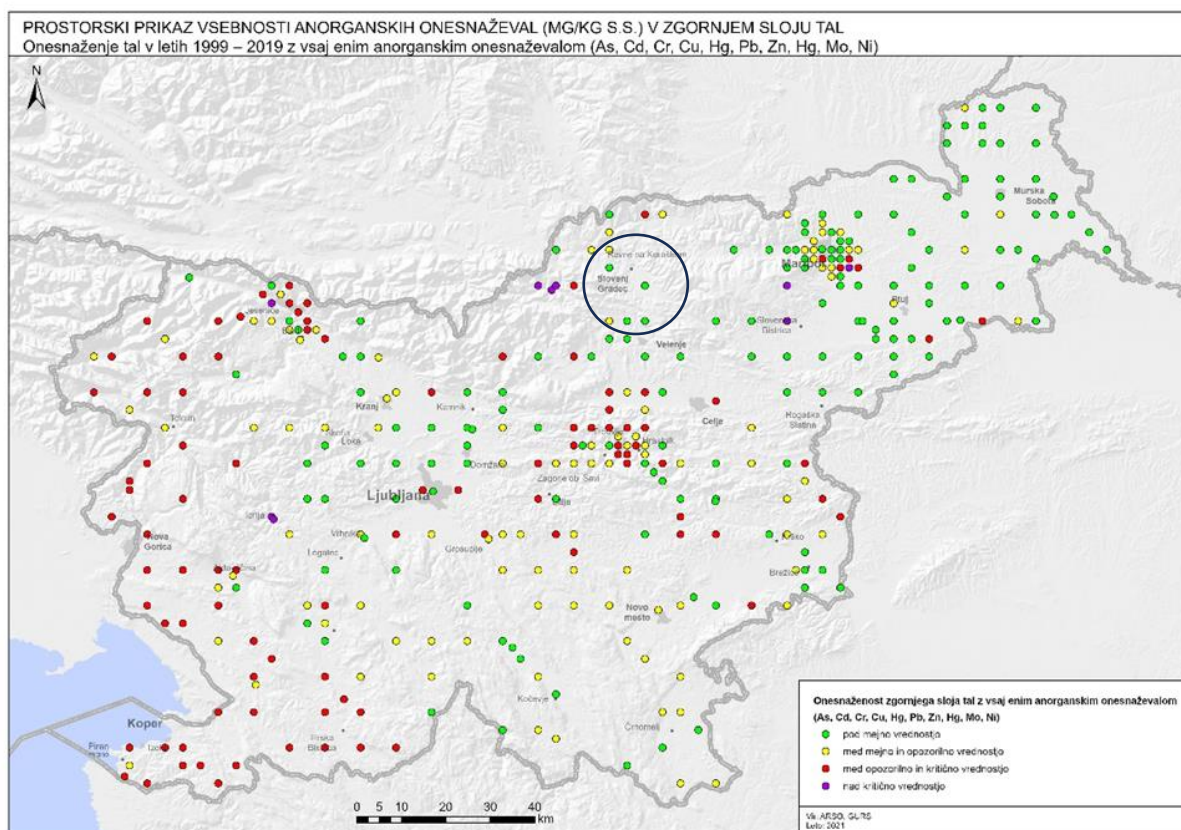
V grafu 6 so prikazane vrednosti aluminija, kalcija, železa in magnezija. Razvidno je, da vrednosti aluminija, železa in magnezija na vzorčenih vrtovih ne odstopajo veliko od vrednosti Vzhodnih Alp in Slovenije, medtem ko so vrednosti kalcija precej višje od primerjanih vrednosti.

5.1.2 Raziskava onesnaženosti tal Slovenije

V okviru Raziskav onesnaženosti tal Slovenije in vzpostavitve monitoringov kakovosti tal se je v obdobju med leti 1999 in 2019 odvzelo 366 površinskih vzorcev tal. V njih so se določile vsebnosti anorganskih (arzena, bakra, cinka, kadmija, kobalta, kroma, molibdena, niklja, svinca in živega srebra) in organskih onesnaževal, kot so PCB-ji, DDT-ji, PAH in drugi. Pri tem so anorganska onesnaževala razvrstili glede na odstotke števila vzorcev tal, v katerih so bile naslednje vsebnosti (*Onesnaževala v tleh | Okoljski kazalci*, b. d.):

- med mejnimi vrednostmi je bil najnižji kadmij (71 %), najvišji pa molibden (98 %);
- med mejno in opozorilno vrednostjo so bile najpogostejše vsebnosti kobalta (20 %), kadmija (19 %) in arzena (11 %);
- med opozorilno in kritično vrednostjo so bile najpogostejše vsebnosti niklja (13 %), kadmija (9 %) in svinca (6 %);
- kritično vrednost so presegle vsebnosti svinca (1,1 %), cinka (0,8 %), živega srebra (0,6 %), niklja (0,3 %) in arzena (0,2 %).

Po podatkih raziskave onesnaženosti tal z anorganskimi onesnaževali izstopajo nekateri deli SZ, JZ in Z Slovenije ter območja, kjer se oziroma se je v preteklosti izvajala industrijska dejavnost. Na sliki 27 vidimo, da na območju, ki smo ga raziskali v diplomski nalogi, ni povišanih vsebnosti anorganskih onesnaževal (arzena, bakra, cinka, kadmija, kobalta, kroma, molibdena, niklja, svinca in živega srebra) (*Onesnaževala v tleh | Okoljski kazalci*, b. d.).



Slika 27: Vsebnost anorganskih onesnaževal po raziskavi ARSO. Vir: [Onesnaževala v tleh | Okoljski kazalci \(gov.si\)](#) (5. 2. 2024).

Na sliki 27 je modrim krogom označeno obravnavano območje.

5.2 Potrditev hipotez

5.2.1 Hipoteza 1

Po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) (Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh, b. d.) so tla onesnažena, kadar presegajo opozorilno imisijsko vrednost nevarnih snovi v tleh, in močno onesnažena, ko presegajo kritično imisijsko vrednost.

Hipoteze »Tla na vrtovih naselja Legen so neonesnažena glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2)« ne moremo v celoti potrditi, saj je vsebnost dveh težkih kovin (svinca in cinka) presegala opozorilno imisijsko vrednost. Vsebnost cinka je na treh vrtovih (AS08, AS11 in AS20) nad opozorilno vrednostjo, kar pomeni, da so tla na vrtovih AS08, AS11 in AS20 onesnažena s cinkom. Tla so onesnažena tudi na vrtu AS19, saj je vsebnost svinca presegla opozorilno imisijsko vrednost.

Vzrok za povišano vsebnost svinca na vrtu AS19 je najverjetneje na novo pripeljana zemlja od drugod. To smo izvedeli ob anketiranju lastnika vrta, ki je bil ob predstavljeni informaciji negativno osupel. Lokacije, od kod je zemljo pripeljal, nam ni želel zaupati. Vzroka za povišane vsebnosti cinka v tleh vrtov AS08, AS11 in AS20 ne poznamo, vrtovi pa so v različnih zaselkih.

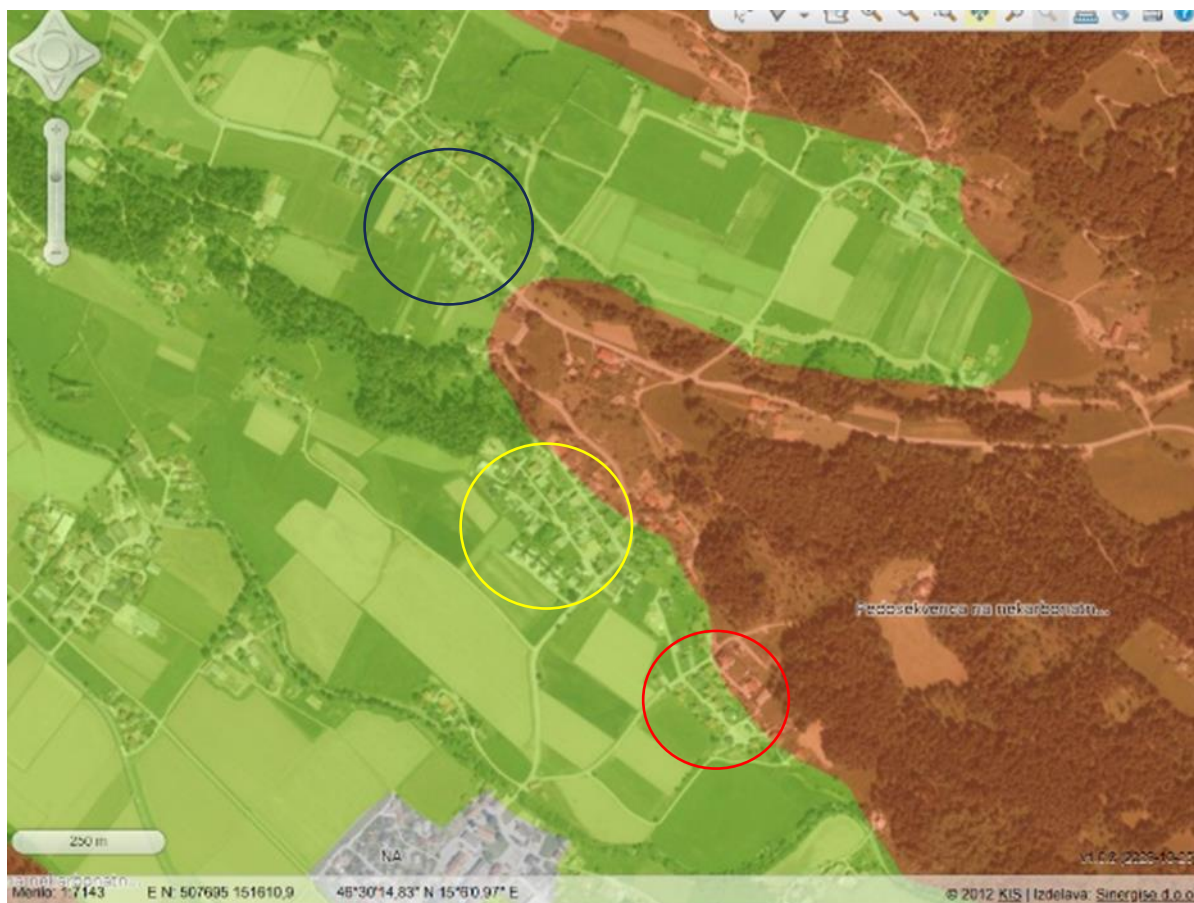
Opozorilne in kritične imisijske vrednosti za kovine arzen, kobalt, krom, baker, živo srebro, molibden in nikelj po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) niso bile presežene.

Tla na vrtovih AS08, AS11, AS19 in AS20 bi bilo treba očistiti. Najučinkovitejši način varne pridelave vrtnin je zamenjava onesnažene zemlje, kar pomeni, da je treba tla do globine petdesetih centimetrov zamenjati s preverjeno rodovitno in neonesnaženo zemljo. Lahko bi jo poskusili očistiti tudi s fitoremediacijo, kjer nekatere rastline nase vežejo težke kovine, a bi postopek trajal predolgo. Cink in svinec na primer nase vežejo rdeča in ovčja bilnica ter pasja trava.

5.2.2 Hipoteza 2

S pomočjo Javnega pregledovalnika grafičnih podatkov Kmetijskega inštituta Slovenije smo pridobili informacije o pedosekvenci tal na obravnavanem območju. Kot je prikazano na sliki 28, imajo zaselki Legenska vas, Krnice in Krnice-Šmartno pedosekvenco na prodih in peskih. Zaselek Legen-Bellevue (slika 32) ima po podatkih e-Tal še neopredeljeno pedosekvenco, vendar predvidevamo, da je tudi ta zaselek na prodih in peskih.

Zaselki se po vsebnosti težkih kovin v tleh vrtov bistveno ne razlikujejo, prav tako v nobenem zaselku ni posebnosti, da bi več vrtov presegalo mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2). Odstopa samo naselje Bellevue, kjer so najbolj povišane vsebnosti cinka in svinca. Zato hipoteze, da se vsebnosti težkih kovin v tleh po zaselkih naselja Legen ne bodo zelo razlikovale, ker je v celotnem naselju Legen enak talni tip, ne moremo potrditi v celoti.



Slika 28: Pedosekvenca na zaselkih Legenska vas, Krnice in Krnice-Šmartno. Vir: <https://gis.etla.si/KIS-WebGIS/#config=IZOBRAZEVANJE.xml> (14. 2. 2024)

Na sliki 28 je prikazana pedosekvenca ter zaselki Legenska vas (označeno z modro), Krnice (označeno z rumeno) in Krnice-Šmartno (označeno z rdečo).



Slika 29: Pedosekvenca na zaselku Bellevue. Vir: <https://gis.etla.si/KIS-WebGIS/#config=IZOBRAZEVANJE.xml> (14. 2. 2024)

Na sliki 29 je prikazana pedosekvenca tal ter zaselek Bellevue (označeno z modro).

- ☒  Pedosekvence Slovenije (KIS, 2015)
-  Pedosekvenca na trdih karbonatnih kamninah (TK)
 -  Pedosekvenca na mehkih karbonatnih kamninah (MK)
 -  Pedosekvenca na nekarbonatnih kamninah (NK)
 -  Pedosekvenca na prodih in peskih (PP)
 -  Pedosekvenca na glinah in ilovicah (GI)
 -  NA

Slika 30: Legenda. Vir: <https://gis.etla.si/KIS-WebGIS/#config=IZOBRAZEVANJE.xml> (14. 2. 2024)

5.2.3 Hipoteza 3

Hipotezo »Vsebnost težkih kovin v tleh naselja Legen je podobna, saj prebivalci približno enako gnojijo vrtove« lahko potrdimo, saj prebivalci naselja Legen za gnojenje svojih vrtov večinoma uporabljajo hlevski gnoj. Poleg tega v veliki meri uporabljajo tudi doma narejen kompost in mineralna gnojila različnih sestav. Raziskava je pokazala tudi, da prebivalci naselja Krnice za gnojenje svojih vrtov uporabljajo konjski gnoj, kar med naselji predstavlja razliko v gnojitveni praksi. Vir cinka v tleh predstavlja namreč tudi konjski gnoj, saj je vsebnost cinka v njem povprečno 0,031 g/kg (Sánchez, 2020).

Med zaselki prav tako v tleh vrtov ni bistvenih razlik glede vsebnosti težkih kovin.

5.2.4 Hipoteza 4

Hipotezo 4, ki pravi »Variabilnost težkih kovin v tleh vrtov v naselju Legen je majhna«, lahko potrdimo. Iz priloge 3, kjer so prikazani rezultati analize Aqua Regia, lahko namreč razberemo, da rezultati vzorčenih vrtov na splošno ne odstopajo od mediane vsebnosti za posamezno kovino.

Pri kovini stroncij lahko opazimo veliko variabilnost, saj je bila najvišja vsebnost kovine 139 mg/kg, najmanjša pa 13 mg/kg. V primeru svinca pa je bila variabilnost vseh vzorcev majhna, vendar izstopa en sam rezultat, ki po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) presega opozorilno vrednost. Vsebnost tega rezultata je bila 106,6 mg/kg.

6 ZAKLJUČKI

Z diplomsko nalogo smo dosegli vse zastavljene raziskovalne cilje. Ugotovili smo, da je vsebnost dveh težkih kovin presegala opozorilno imisijsko vrednost. Vsebnost cinka je na treh vrtovih (AS08, AS11 in AS20) nad opozorilno imisijsko vrednostjo, na enem vrtu (AS19) pa je vsebnost svinca presegla opozorilno imisijsko vrednost. V tleh vrtov AS06, AS08, AS19 in AS20 je vsebnost kadmija nad mejno imisijsko vrednostjo po Uredbi o o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2).

Vzrok za povišano vsebnost svinca na vrtu AS19 je verjetno na novo pripeljana zemlja od drugod. Zato je pomembno, da se vedno, preden zemljo pripeljemo na svoje vrtove, njive ali travnike in tam pridelujemo vrtnine, ki na koncu pristanejo na naših krožnikih, prepričamo o kakovosti in neonesnaženosti zemlje.

Cink je pomembno mikrohranilo pri rasti rastlin, zato se v tla dodaja z različnimi organskimi gnojili. Vzroka povišanih vrednosti cinka v tleh vrtov AS08, AS11 in AS20 ne poznamo, saj so ti vrtovi v različnih zaselkih. Lahko pa predvidevamo, da je vsebnost cinka povišana zaradi uporabe hlevskega gnoja, ki v povprečju vsebuje 24,4 g/m³ cinka. Prav tako je hlevski gnoj verjetno razlog povišanih vrednosti kadmija v tleh vrtov AS06, AS08, AS19 in AS20. K veliki vsebnosti cinka in kadmija v hlevskem gnoju prispevajo kupljena mineralno-vitaminska krma živali, pocinkana hlevska oprema, ki je podvržena prekomerni koroziji (Zn), in dezinfekcijska sredstva (Cd). Z živalskim blatom se izloča 92–96 odstotkov cinka ter 72–80 odstotkov kadmija, zato lahko uživanje povečane količine kupljene mineralno-vitaminske krme ter dolgoletna uporaba hlevskega gnoja povzročata prekomerno kopičenje cinka v tleh vrtov (Babnik idr., b. d.).

Opozorilne in kritične imisijske vrednosti arzena, kobalta, kroma, bakra, živega srebra, molibdena in niklja po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) niso bile presežene.

V diplomskem delu nas je presenetila prekomerna oziroma kar ekstremna založenost vrtov s fosforjem in kalijem. Nad to informacijo so bili lastniki vrtov presenečeni, saj so pred tem menili, da njihovi vrtovi niso dovolj gnojeni.

Iz primerjave z raziskavo o naravnih geokemičnih ozadjih lahko razberemo, da so za vse primerjane kovine, razen aluminija, železa, galija, skandija, torija in kobalta, vrednosti višje kot v Vzhodnih Alpah in celotni Sloveniji. Na podlagi tega lahko sklepamo, da so lastniki vzorčenih vrtov v naselju Legen z uporabo hlevskega gnoja, lesnega pepela ter z nepreverjeno zemljo, ki je bila pripeljana od drugod, prispevali k povišanim koncentracijam kovin v tleh svojih vrtov.

Pri vzorčenju smo se omejili na zaselke in vrtove, ki smo jih najbolj poznali. V obravnavanem naselju bi bilo smiselno vzorčiti in analizirati še kak zaselek. Pri analizi in interpretaciji rezultatov smo se omejili na tiste težke kovine, ki smo jih lahko primerjali s slovensko zakonodajo. Pri ostalih kovinah pa smo se pri primerjavi s študijo o geokemičnem ozadju tal Slovenije (Gosar idr., 2019) omejili na tiste, katerih povprečna vrednost ni bila manjša od 1 µg/kg.

Predlagamo, da bi se v prihodnje analizirali tudi vrtovi v centru mesta in v še v kakem drugem naselju Mestne občine Slovenj Gradec ter se nato primerjali z rezultati našega diplomskega dela. Prav tako predlagamo, da se na vrtovih, ki so presegali mejno in predvsem opozorilno imisijsko vrednost, upoštevajo remediacijski ukrepi, ki smo jih nakazali v poglavju 2.4.

7 VIRI

- Azhar, U., Ahmad, H., Shafqat, H., Babar, M., Shahzad Munir, H. M., Sagir, M., Arif, M., Hassan, A., Rachmadona, N., Rajendran, S., Mubashir, M. in Khoo, K. S. (2022). Remediation techniques for elimination of heavy metal pollutants from soil: A review. *Environmental Research*, 214, 113918. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113918>
- Babnik, D., Žnidaršič-Pongrac, V., Kmecl, V., Verbič, J., Šegula, B., Žnidaršič, T. in Jeretina, J. (b. d.). *SESTAVA ŽIVINSKIH GNOJIL V SLOVENIJI*.
- Dvoršak, M. (b. d.). *Diplomsko delo, Fakulteta za varstvo okolja Velenje*. 2022. Pridobljeno 18. junij 2024, s https://fvo.si/wp-content/uploads/2022/06/Dvorsak-Matija_Diplomsko-del0-27.5.2022-za-cd.pdf
- Ekosistemske storitve tal. (b. d.). *Platforma Za Tla Alp*. Pridobljeno 4. september 2023, s <https://si.alpinesoils.eu/about-soils/soil-ecosistem-services/>
- Forstnerič, L. (2018, marec 15). Težke kovine v okolju in njihov vpliv na zdravje ljudi. *Live For...heartwarming*. <https://liveforheartwarming.com/blog/tezke-kovine-v-okolju-in-njihov-vpliv-na-zdravje-ljudi/>
- Global assessment of soil pollution*. (b. d.). <https://doi.org/10.4060/cb4894en>
- Gosar, M., Šajn, R., Bavec, Š., Gaberšek, M., Pezdir, V. in Miler, M. (2019). Geochemical background and threshold for 47 chemical elements in Slovenian topsoil. *Geologija*, 62(1), Article 1. <https://doi.org/10.5474/geologija.2019.001>
- Home. (b. d.). *E-TLA*. Pridobljeno 16. marec 2024, s <https://www.etla.si/>
- Jamnik, B., Smrekar, A. in Vrščaj, B. (b. d.). *Vrtičkarstvo v Ljubljani* [Text.Chapter]. ZRC SAZU, Založba ZRC. Pridobljeno 27. junij 2023, s <https://omp.zrc-sazu.si/zalozba/catalog/view/911/3865/421>
- Kmetijski inštitut Slovenije - Vrtičkarstvo v Celju*. (b. d.-a). Pridobljeno 18. januar 2024, s https://www.kis.si/Zbirka_vseh_projektov_OKENV/MOCvrt/
- Kmetijski inštitut Slovenije - Vrtičkarstvo v Celju*. (b. d.-b). Pridobljeno 23. januar 2024, s https://www.kis.si/Zbirka_vseh_projektov_OKENV/MOCvrt/#Navodila%20za%20vzor%C4%8Denje_gal
- Markelc, I. (2008). *VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V VRTNINAH, PRIDELANIH NA VRTIČKIH OBČINE LJUBLJANA*.
- Onesnaževala v tleh | Okoljski kazalci*. (b. d.). Pridobljeno 5. februar 2024, s <https://kos.arso.gov.si/sl/content/onesnazevala-v-tleh>
- Peternel, T., Šinigoj, J., Komac, M., Auflič, M. J. in Krivic, M. (2014). Exposure of inhabitants, buildings and infrastructure to landslides - a case of five Slovenian municipalities. *Geologija*, 57(2), Article 2. <https://doi.org/10.5474/geologija.2014.017>
- Sánchez, M. (2020, marec 30). Lastnosti konjskega gnoja. *Jardineria On*. <https://www.jardineriaon.com/sl/lastnosti-konjskega-gnoja.html>
- SOP-CLakl-001_Z8_Sprejemni_list_za_vzorke_tal_verzija_10_16_2_2023.pdf*. (b. d.). Pridobljeno 23. januar 2024, s https://www.kis.si/f/docs/Tla/SOP-CLakl-001_Z8_Sprejemni_list_za_vzorke_tal_verzija_10_16_2_2023.pdf
- Tla | GOV.SI*. (b. d.). Portal GOV.SI. Pridobljeno 4. september 2023, s <https://www.gov.si/podrocja/okolje-in-prostor/okolje/tla/>
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh*. (b. d.). pisrs. Pridobljeno 27. junij 2023, s <http://pisrs.si>

Vrščaj, B. (b. d.). *Lastnosti, pestrost in ekosistemske storitve tal*.

zlatotopka | *Kemija v šoli in družbi*. (b. d.). Pridobljeno 18. januar 2024, s
<https://kemija.net/slovarcek/273>

Zupan, M., Grčman, H., Lobnik, F., Kralj, T., Ačko, D. K., Tič, I., Šinkovec, M. in Žlebir, S.
(2008). *Raziskave onesnaženosti tal Slovenije*. Agencija RS za okolje.
<https://books.google.si/books?id=3CmdQwAACAAJ>

Priloge

PRILOGA 1: ANKETNI VPRAŠALNIK

Spoštovani!

Sem Ana Strmčnik, študentka 3. letnika programa Varstvo okolja in ekotehnologij na Fakulteti za Varstvo okolja v Velenju. Pišem diplomsko nalogo z naslovom Variabilnost vsebnosti težkih kovin v tleh vrtov manjšega ruralnega naselja na primeru naselja Legen.

Pripravila sem anketni vprašalnik, na podlagi katerega bom lažje analizirala vsebnost težkih kovin v tleh vašega vrta, ki ga bom tudi vzorčila. Vljudno Vas prosim, da odgovorite na spodnja vprašanja.

1. Zaselek in hišna številka:

- a) okolica Bellevuea
- b) Legenska vas
- c) Krnice
- d) Krnice-Šmartno

Hišna št.: _____

2. Kolikokrat na leto gnojite?

- a) Enkrat.
- b) Dvakrat.
- c) Trikrat ali več.
- d) Drugo: _____

3. Katera gnojila uporabljate za gnojenje svojega vrta?

- a) Umetno gnojilo.
- b) Doma narejen kompost.
- c) Kupljen kompost.
- d) Hlevski gnoj.
- e) V trgovini kupljen pripravek.
- f) Drugo: _____

4. Ali uporabljate oz. ste kdaj na svojem vrtu uporabili premogov pepel?

- a) Da.
- b) Ne.

5. Ali uporabljate kakšno drugo sredstvo za zatiranje škodljivcev ali plevela?

- a) Da.
- b) Ne.

6. Če ste na 5. vprašanje odgovorili z »da«, navedite, katero sredstvo uporabljate?

PRILOGA 2: PROTOKOL PRIPRAVE TALNIH VZORCEV

1. DO SUŠILNIKA
 - 1.1 Priprava vzorca na sušenje

Vzorec pripravimo v čašo z volumnom 200 ml, ki tehta približno 110 g. Čašo z vzorcem stehamo, da preverimo svež volumen in svežo težo vzorca, ki tehta približno 320 g. Imamo približno 210 g svežega vzorca, ki bo zadostoval za raziskavo. Čašo napolnimo do oznake 200 ml in jo potresemo, da se vzorec posede in tako odstranimo večje zračne prostore v čaši. S permanentnim flomastrom čašo ustrezno označimo s kodo vzorca. Ta postopek ponovimo za vse vzorce.
2. SUŠILNIK
 - 2.1 V sušilniku

Sušilnik nastavimo na 105 °C, s to temperaturo dosežemo suho snov tal (Pravilnik o monitoringu kakovosti tal - Uradni list RS, št. 68/19 in 44/22 – ZVO-2). V sušilnik položimo vzorce za 48 ur.
 - 2.2 Priprava vzorca na pakiranje

Vzorca nam po sušenju ni treba tehtati, saj nas vlažnost vzorca ne zanima. Vzorec stremo v terilnici s pestilom, ki je keramičen. Pred trenjem drobne kamenčke z rokavicami pobremo iz vzorca, prav tako odstranimo večje dele različnih stvari (npr. steklo, plastiko), ki ne sodijo v tla. Po trenju vzorec presejemo s sitom (0,25 mm) v urno steklo ali petrijevko. Pri sejanju vzorca ne smemo kakor koli s silo potisniti skozi sito, temveč ga sejemo s treslaji. Prav tako po sejanju pregledamo ostanke na situ in pobremo vse, kar ne sodi v tla. Presejani vzorec vrnemo nazaj v označeno čašo, iz katere smo ga vzeli po sušenju.
3. PAKIRANJE VZORCA
 - 3.1 Označevanje vzorcev

Vzorci hranimo v PVC-vrečke, ki se zapirajo na način »zip«. Vrečke označimo z zaporedno številko vzorca, lahko s permanentnim flomastrom na vrečko ali na samolepilno nalepko, ki jo pritrdimo na vrečko. V vrečko stresemo vzorec, količina vzorca naj bo 30–45 g.
4. OZNAČEVANJE PAKETA

Vzorci ne smejo biti namenjeni komercialnim namenom, kar moramo na njih tudi označiti. Zaradi carine paket potrebuje še uvozno dovoljenje. K paketu moramo priložiti dve kopiji, eno damo v škatlo, drugo pa pritrdimo na zunanji del škatle.

Ana Strmčnik
Lucija Božijak

PRIOLOGA 3: REZULTATI ANALIZE AQUA REGIA

Rezultati so zaradi količine in preglednosti razdeljeni v štiri preglednice.

Kovina	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U
Enota	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg
AS01	1.4	36.1	50.7	150	0.2	31.6	14.1	850	3.17	11.0	1.9
AS02	1.3	30.4	33.9	115	<0.1	33.9	14.4	815	3.41	13.1	1.5
AS03	1.8	37.8	41.6	162	0.2	29.0	12.2	733	2.81	10.0	1.5
AS04	1.4	44.4	44.7	204	0.2	30.9	11.9	892	2.80	10.4	1.9
AS05	1.1	37.1	53.5	197	0.1	30.3	14.6	725	3.30	10.2	1.7
AS06	1.2	50.4	44.1	192	0.3	28.9	12.7	1084	2.75	10.2	1.4
AS07	1.2	36.5	38.4	159	<0.1	30.9	14.2	693	2.83	14.9	1.4
AS08	1.4	35.7	71.9	309	0.2	28.1	13.6	753	2.91	10.2	1.7
AS09	1.1	37.5	52.5	156	0.2	32.5	14.5	723	2.91	14.1	1.8
AS10	1.5	48.5	49.9	225	0.1	26.7	12.0	616	2.63	10.9	1.8
AS11	2.8	57.2	49.2	400	0.1	31.9	16.2	1178	3.31	14.0	3.3
AS12	1.2	36.6	36.1	112	0.3	36.2	16.9	743	3.80	13.7	1.7
AS13	1.5	45.5	54.0	206	0.2	35.3	14.8	967	3.41	9.5	2.5
AS14	1.6	52.0	33.4	215	0.2	28.6	14.3	1472	2.84	11.1	1.5
AS15	1.2	38.8	39.8	132	0.1	41.1	17.7	786	3.55	10.4	2.0
AS16	1.5	52.5	83.1	253	0.5	30.1	11.6	993	3.14	13.0	2.2
AS17	1.4	45.4	80.4	219	0.3	27.8	11.4	887	3.03	11.9	2.1
AS18	1.6	36.3	66.9	206	0.2	25.2	10.6	620	3.01	11.4	1.5
AS19	1.6	50.5	106.6	279	0.2	28.9	11.9	914	3.18	13.5	2.0
AS20	1.6	56.0	78.0	321	0.2	33.5	12.4	986	2.98	14.8	2.1

<Ana Strmčnik>: Variabilnost vsebnosti težkih kovin v tleh vrtov manjšega ruralnega naselja-primer naselja Legen, Velenje <2024>

Kovina	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Ni	Co	Bi	V	Ca	P
Enota	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%
AS01	3.2	1.8	23	0.5	0.7	31.6	14.1	0.4	46	1.18	0.138
AS02	4.7	2.5	18	0.3	0.7	33.9	14.4	0.4	50	0.39	0.112
AS03	12.7	2.0	32	0.5	0.7	29.0	12.2	0.4	42	1.14	0.218
AS04	4.1	2.4	41	0.8	0.7	30.9	11.9	0.4	42	1.15	0.267
AS05	5.8	3.8	25	0.5	0.6	30.3	14.6	0.5	55	0.61	0.172
AS06	2.8	2.2	51	1.5	1.2	28.9	12.7	0.9	36	2.06	0.230
AS07	4.7	3.9	30	0.6	0.8	30.9	14.2	0.3	38	1.10	0.167
AS08	5.6	4.7	38	1.6	0.6	28.1	13.6	0.4	41	2.81	0.168
AS09	4.5	3.3	27	0.6	0.8	32.5	14.5	0.4	39	1.05	0.146
AS10	3.2	3.1	43	1.0	0.8	26.7	12.0	0.4	34	2.35	0.189
AS11	36.3	2.9	91	1.0	1.2	31.9	16.2	0.4	46	2.40	0.315
AS12	5.2	3.5	13	0.3	0.8	36.2	16.9	0.4	49	0.43	0.088
AS13	4.7	1.5	32	0.7	0.7	35.3	14.8	0.5	48	1.50	0.227
AS14	2.2	3.2	139	1.0	0.8	28.6	14.3	0.3	37	3.00	0.244
AS15	4.7	2.8	21	0.5	0.6	41.1	17.7	0.5	55	1.07	0.119
AS16	7.0	1.7	40	0.9	0.7	30.1	11.6	0.6	46	1.58	0.365
AS17	4.3	2.1	40	0.9	0.7	27.8	11.4	0.5	43	1.44	0.366
AS18	2.7	2.0	25	0.9	0.6	25.2	10.6	0.4	40	1.26	0.196
AS19	5.5	1.8	63	1.2	0.8	28.9	11.9	0.5	45	2.51	0.296
AS20	5.0	1.4	71	1.3	0.7	33.5	12.4	0.5	42	2.60	0.434

*Ana Strmčnik: Variabilnost vsebnosti težkih kovin v tleh vrtov manjšega ruralnega naselja-primer
naselja Legen, Velenje, 2024*

Kovina	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg
Enota	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%	%	%	mg/kg	mg/kg
AS01	20	38	0.98	127	0.015	3	2.19	0.007	0.14	0.2	0.12
AS02	22	43	0.70	126	0.028	3	2.78	0.006	0.18	0.1	0.10
AS03	16	38	0.72	132	0.020	6	2.17	0.007	0.18	0.2	0.17
AS04	16	39	0.69	167	0.021	6	2.22	0.009	0.14	0.2	0.17
AS05	22	45	0.62	157	0.028	3	2.31	0.006	0.18	0.1	0.14
AS06	16	58	0.77	189	0.015	8	1.70	0.010	0.20	0.4	0.09
AS07	19	36	0.70	126	0.015	5	1.52	0.006	0.18	0.1	0.10
AS08	19	34	1.31	141	0.013	5	1.64	0.007	0.16	0.1	0.13
AS09	19	41	0.71	147	0.011	3	1.73	0.008	0.14	0.2	0.13
AS10	16	43	0.95	150	0.013	8	1.47	0.010	0.27	0.2	0.09
AS11	19	44	0.64	339	0.019	16	1.70	0.017	0.33	0.2	0.12
AS12	23	38	0.81	145	0.015	2	2.19	0.007	0.11	0.3	0.16
AS13	16	56	1.05	171	0.020	5	2.30	0.011	0.16	0.2	0.10
AS14	17	31	0.78	383	0.012	17	1.30	0.013	0.23	0.1	0.08
AS15	17	53	1.09	105	0.029	3	2.03	0.010	0.16	0.2	0.07
AS16	15	67	0.79	238	0.014	6	2.43	0.010	0.18	0.3	0.13
AS17	16	42	0.72	173	0.012	7	2.55	0.010	0.19	0.2	0.20
AS18	16	32	0.86	131	0.010	4	2.37	0.009	0.14	0.2	0.13
AS19	15	55	0.86	212	0.013	8	2.65	0.013	0.17	0.4	0.22
AS20	15	59	0.89	236	0.014	11	2.33	0.014	0.21	0.3	0.18

Kovina	Sc	Tl	S	Ga	Se	Te
Enota	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
AS01	2.8	0.2	0.05	6	<0.5	<0.2
AS02	3.9	0.3	<0.05	7	<0.5	<0.2
AS03	2.9	0.2	0.09	6	<0.5	<0.2
AS04	3.1	0.3	0.10	6	<0.5	<0.2
AS05	4.4	0.2	<0.05	7	<0.5	<0.2
AS06	2.7	0.2	0.06	5	<0.5	<0.2
AS07	3.3	0.2	0.06	5	<0.5	<0.2
AS08	3.5	0.2	<0.05	5	<0.5	<0.2
AS09	3.2	0.2	<0.05	5	<0.5	<0.2
AS10	2.9	0.2	0.08	5	<0.5	<0.2
AS11	3.7	0.3	0.06	5	0.5	<0.2
AS12	3.8	0.2	<0.05	6	<0.5	<0.2
AS13	3.0	0.2	<0.05	6	<0.5	<0.2
AS14	3.2	0.2	0.08	4	<0.5	<0.2
AS15	4.5	0.2	<0.05	6	<0.5	<0.2
AS16	2.3	0.3	0.08	7	0.6	<0.2
AS17	2.2	0.3	0.09	7	0.6	<0.2
AS18	2.0	0.2	<0.05	6	0.6	<0.2
AS19	2.3	0.3	0.09	7	0.7	<0.2
AS20	2.0	0.3	0.11	6	0.6	<0.2

Legenda TK, ki presega mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti:

- z rumeno barvo so označene vrednosti TK, ki presegajo mejno imisijsko vrednost;
- z rdečo barvo so označene vrednosti TK, ki presegajo opozorilno imisijsko vrednost.

Legenda prvin:

- z rumeno barvo so označene prvine, ki presegajo naravno ozadje naselja Legen oziroma Vzhodnih Alp.

PRILOGA 4: REZULTATI STANDARDNE KMETIJSKE ANALIZE

Oznaka	pH v CaCl ₂	P ₂ O ₅ dost.	K ₂ O dost.	organski C
		mg/100g	mg/100g	g/kg s.s.
AS01	6,8	48	26	39,3
AS02	6,3	30	67	29,8
AS03	6,3	192	83	79,3
AS04	6,3	291	28	68,4
AS05	6,4	122	46	43,2
AS06	7,0	238	71	53,6
AS07	6,5	168	32	53,1
AS08	7,0	158	24	32,6
AS09	6,6	109	17	43,5
AS10	6,9	206	133	63,7
AS11	7,2	366	195	55,8
AS12	6,2	11	5,9	22,6
AS13	6,9	174	26	45,9
AS14	7,1	266	86	68,6
AS15	6,8	47	17	32,5
AS16	6,6	257	59	69,7
AS17	6,4	261	64	85,0
AS18	6,7	79	27	63,3
AS19	7,0	156	40	86,8
AS20	6,8	367	82	80,3

Naselja:

- naselje Legenska vas – vrtovi AS01 do AS05;
- naselje Krnice – vrtovi AS06 do AS10;
- naselje Krnice-Šmartno – vrtovi AS11 do AS15;
- naselje Bellvue – vrtovi AS16 do AS20.

Legenda pH:

- z zeleno so obarvana zelo kislata tla;
- z rumeno so označena kislata tla;
- modra zaznamuje kislata tla;
- z rdečo so obarvana nevtralna tla in
- z vijolično alkalna (bazična) tla.

Legenda P₂O₅ dost. in K₂O dost.:

- z zeleno je obarvan razred A;
- rumena označuje razred B;
- z modro je prikazan razred C;
- z rdečo je obarvan razred D in
- z vijolično razred E.

Legenda organskega C:

- z zeleno so obarvana mineralna tla;
- z rumeno so prikazana slabo humozna tla;
- z modro so označena srednje humozna tla;
- z rdečo so obarvana humozna tla in
- z vijolično zelo humozna tla.