

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

MAGISTRSKO DELO

**Vsebnost težkih kovin v izbranih vrtovih na območju Celja
in možnost zmanjšanja tveganj prehajanja kovin v pridelke**

SAMANTHA VEBER

VELENJE, 2020

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

MAGISTRSKO DELO

Vsebnost težkih kovin v izbranih vrtovih na območju Celja in možnost zmanjšanja tveganj prehajanja kovin v pridelke

SAMANTHA VEBER

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: izr. prof. dr. Borut Vrščaj

VELENJE, 2020



Številka: 727-4/2019-2

Datum: 3. 9. 2019

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O MAGISTRSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja Samantha Veber lahko izdela magistrsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Vsebnost težkih kovin v izbranih vrtovih na območju Celja in možnost zmanjšanja tveganj prehajanja kovin v pridelke

Naslov magistrskega dela v angleškem jeziku:

Heavy metal content in soils of selected gardens in the area of Celje and possible reduction of risk of soil-to-crop uptake

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

Magistrsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom.

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



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja
Trg mladosti 7 | 3320 Velenje
t: 03 898 64 10 | f: 03 898 64 13 | e: info@vsvo.si
www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Samantha Veber, vpisna številka 34170031, študentka podiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica magistrskega dela z naslovom Vsebnosti težkih kovin v izbranih vrtovih na območju Celja in možnost zmanjšanja tveganj prehajanja kovin v pridelke, ki sem ga izdelala pod mentorstvomizr. prof. dr. Boruta Vrščaja.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj statusna VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Natalija Koražija, mag. znanosti;
- dovoljujem objavo magistrskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: _____.____._____

Podpis avtorja/ice: _____

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, izr. prof. dr. Borutu Vrščaju za vso ažurnost, nasvete in pomoč pri pisanju magistrskega dela.

Zahvaljujem se Visoki šoli za varstvo okolja v Velenju za finančno pomoč pri izvedbi magistrskega dela.

Hvala Roku in Filipu za pomoč na terenskem delu.

Največja zahvala gre staršem in bratu Kristjanu, ki me spodbujajo pri vsaki odločitvi.

IZVLEČEK

Celje velikokrat povezujemo z okoljskimi težavami, predvsem v povezavi s tlemi so raziskave pokazale povečane vsebnosti težkih kovin. Med dejavnike povzročanja onesnaženosti tal izpostavljamo industrijo, promet in delce. Namen magistrskega dela je podpora vrtničarjem pri izvajanju vrtničarske dejavnosti na način ki ne ogroža zdravja. Na 10 vrtovih v Celju smo določili vsebnosti težkih kovin v tleh, ocenili morebitno onesnaženost tal s težkimi kovinami v tleh in primernost tal za pridelavo vrtnin glede na Uredbo (Ur.l.RS, št. 68/96) ter priporočili ukrepe za manj tvegano vrtnarjenje na onesnaženih tleh. Rezultate smo pridobili s pomočjo terenskega dela in evidentiranja vzorcev, ki jih je analiziral akreditiran laboratorij ACME labs na Poljskem. Analize so pokazale obremenjenost tal s težkimi kovinami, predvsem s kadmijem, svincem in cinkom. Izmed kovin najbolj izstopa cink, ki je na vseh vrtovih prekoračil opozorilno in kritično vrednost. Glede na Uredbo (Ur.l.RS, št. 68/96) so vsa tla po zakonodaji onesnažena, zato obstaja možnost prehoda nevarnih snovi v pridelke in s tem v prehransko verigo človeka. Zaradi povišanih vsebnosti določenih težkih kovin je na vrtovih stanje zaskrbljujoče, saj so vrtovi primarno namenjeni pridelavi vrtnin za prehrano. Vrtničarji, ki jih skrbi kakovost tal lahko opravijo analizo tal in v primeru njihove onesnaženosti premislijo o vrsti vrtnin, ki jih pridelujejo na vrtu. Kot glavne ukrepe priporočamo prilagojeno rabo na onesnaženih tleh, uporabo visokih gred in zamenjavo tal. Pomembno je izpostaviti tudi splošne ukrepe, kot so pranje zelenjave, umivanje rok in skrb za otroke. Za raziskovalno delo bi bilo zanimivo narediti še več analiz vrtov, kjer bi se osredotočili na cink, svinec, kadmij in baker. S tem bi lahko bolj natančneje ugotovili obseg oziroma širjenje onesnaženosti tal.

Ključne besede

tla, vrtovi, težke kovine, Celje, ukrepi za varno vrtnarjenje

ABSTRACT

Celje is often associated with environmental problems, especially in connection with the soil, research has shown increased content of heavy metals. Among the factors causing soil pollution are industry, transport and particles. The purpose of the research is to support gardeners in carrying out gardening activities in a way that does not endanger health. At 10 gardens in Celje, we determined the content of heavy metals in the soil, assessed the possible contamination of the soil with heavy metals in the soil and the suitability of the soil for vegetable production according to the Decree (Ur.l.RS, No. 68/96) and recommended measures for less risky gardening on contaminated soils. The results were obtained through fieldwork and recording of samples analysed by an accredited ACME labs laboratory in Poland. Analysis showed the load of the soil with heavy metals, especially cadmium, lead and zinc. Of the metals, zinc stands out the most, exceeding the limit value in all gardens. According to the Decree (Ur.l.RS, No. 68/96), all soils are polluted according to the legislation, so there is a possibility of the passage of hazardous substances into crops and thus into the human food chain. Due to the increased content of certain heavy metals, the situation in the gardens is worrying, as the gardens are primarily intended for the production of vegetables for food. Gardeners who are concerned about the quality of the soil can do a soil analysis and, in the event of their contamination, consider the type of vegetables they grow in the garden. As the main measures, we recommend adapted use on contaminated soils, use of high shafts and soil replacement. It is also important to highlight general measures such as washing vegetables, washing hands and caring for children. For research work, it would be interesting to do even more analyses of gardens, focusing on zinc, lead, cadmium, and copper. This could more accurately determine the extent or spread of soil pollution.

Keywords

soil, allotment garden, heavy metals, Celje, measures for safe gardening

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opis problema, ki ga nameravamo raziskati	1
1.2	Namen in cilji dela.....	2
1.3	Hipotezi	2
2	PREGLED LITERATURE	3
2.1	Na kratko o tleh	3
2.2	Onesnaževanje tal	4
2.3	Lastnosti tal	5
2.3.1	Tekstura tal.....	5
2.3.2	Struktura tal	6
2.3.3	Organska snov v tleh	6
2.3.4	Globina tal	6
2.3.5	Kislost tal	6
2.3.6	Učinki težkih kovin in okvirne vsebnosti naravnih ozadij	6
2.4	Poti težkih kovin iz tal v telesa ljudi	9
2.4.1	Poti vnosa težkih kovin v telo človeka v okolju	9
2.4.2	Pot vnosa težkih kovin v človeka preko prehranske verige	10
2.5	Pregled zakonodaje Republike Slovenije s področja onesnaženosti tal	11
3	MATERIALI IN METODE DELA.....	14
3.1	Metode dela.....	14
3.2	Območje raziskav	14
3.3	Način odvzema vzorca	15
3.4	Laboratorijsko delo	18
4	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	19
4.1	Rezultati analize vsebnosti težkih kovin v tleh.....	19
4.1.1	Vsebnost težkih kovin v vrtu 01.....	20
4.1.2	Vsebnost težkih kovin v vrtu 02.....	21
4.1.3	Vsebnost težkih kovin v vrtu 03.....	22
4.1.4	Vsebnost težkih kovin v vrtu 04.....	23
4.1.5	Vsebnost težkih kovin v vrtu 05.....	24
4.1.6	Vsebnost težkih kovin v vrtu 06.....	25
4.1.7	Vsebnost težkih kovin v vrtu 07.....	26
4.1.8	Vsebnost težkih kovin v vrtu 08.....	27
4.1.9	Vsebnost težkih kovin v vrtu 09.....	28
4.1.10	Vsebnost težkih kovin v vrtu 10.....	29
4.2	Analiza ankete	37
4.3	Ukrepi za manj tvegano vrtnarjenje na območjih z onesnaženimi tlemi.....	40

5	SKLEPI.....	43
5.1	Potrditev hipotez.....	43
5.1.1	Hipoteza 1	43
5.1.2	Hipoteza 2	44
5.1.3	Možni ukrepi za manj tvegano vrtnarjenje na območjih z onesnaženimi tlemi ..	45
5.1.4	Raziskovalno delo na območju Celja	45
6	SUMMARY	46
7	VIRI IN LITERATURA.....	48
8	PRILOGA.....	51

KAZALO SLIK

Slika 1:	Zgradba profila tal s horizonti	3
Slika 2:	Teksturna kvalifikacija tal po ameriško	5
Slika 3:	Prikaz lokacij izbranih vrtov.....	14
Slika 4:	Prikaz vzorčenja tal	15
Slika 5:	Vrt 1 in Vrt 2	16
Slika 6:	Vrt 3 in Vrt 4	16
Slika 7:	Vrt 5 in Vrt 6	17
Slika 8:	Vrt 7 in Vrt 8	17
Slika 9:	Vrt 9 in Vrt 10	17
Slika 10:	Upraševanje in presajanje vzorca	18
Slika 11:	Tehtanje in končno pripravljen vzorec za nadaljnje analize	18
Slika 12:	Vsebnosti Cd na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Cd.....	30
Slika 13:	Vsebnosti Pb na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Pb	31
Slika 14:	Vsebnosti Zn na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Zn.....	32
Slika 15:	Vsebnosti Cu na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Cu.....	33
Slika 16:	Vsebnosti Ni na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Ni	34
Slika 17:	Vsebnosti Cr na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Cr	34
Slika 18:	Vsebnosti Hg na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Hg.....	35
Slika 19:	Vsebnosti Co na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Co.....	35
Slika 20:	Vsebnosti Mo na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Mo	36
Slika 21:	Vsebnosti As na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za As.....	36
Slika 22:	Uporabljene snovi za izboljšavo rodovitnosti tal vrtov	37
Slika 23:	Možni viri onesnaženja	38
Slika 24:	Pridelane vrtnine na obravnavanih vrtovih	38
Slika 25:	Primer dvignjenih korit na onesnaženih tleh	40

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Meje, opozorilne in kritične vrednosti nevarnih snovi v prilogi omenjene Uredbe (Ur.l.RS, št. 68/96).	11
Preglednica 2: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 01	20
Preglednica 3: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 02	21
Preglednica 4: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 03	22
Preglednica 5: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 04	23
Preglednica 6: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 05	24
Preglednica 7: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 06	25
Preglednica 8: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 07	26
Preglednica 9: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 08	27
Preglednica 10: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 09	28
Preglednica 11: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 10	29
Preglednica 12: Rezultati analize izbranih vrtov	44

1 UVOD

1.1 Opis problema, ki ga nameravamo raziskati

Težke kovine v tleh so posledica naravnih (vulkani, minerali, idr.) in antropogenih (rudarjenje, taljenje rud, uporaba gnojil in pesticidov, uporaba blata iz čistilnih naprav v kmetijstvu, idr.) dejavnosti. Imisije antropogenih virov pa lahko štejemo za pravo onesnaževanje. Težke kovine predstavljajo skupino kovin z visoko atomsko maso ($< 4.5 \text{ g/cm}^3$). Nekateri elementi so poznani kot mikrohranila (Zn, Cu, Fe, Ca, K, Mg, Na,...) ki imajo za rastline bistvene funkcije. Vnos kovin v rastline iz tal lahko povzroči veliko tveganje za zdravje. Zaradi povečanih vsebnosti težkih kovin v tleh prihaja do izpostavljenosti kovinam pri prenosu v človeka po oralni poti (zaužitje tal), vdihavanja in stika s kožo.

Za začetek večjega onesnaženja Celja lahko štejemo leto 1873 z ustanovitvijo topilnice cinka. Zgradili so tudi pražarno ter predelovalnico cinka in njegovih stranskih produktov. Jalovino cinka so odlagali poleg tovarne in ob reki Voglajni. Zaradi pomanjkanja prostora so morali dodatno dvigovati in izkopavati teren za metalurške odpadke (ogorki, pepel, prah, žlindra). Poleg cinka je težavo povzročala še žveplova kislina (H_2SO_4), ki je nastajala kot produkt cinkove svetlice, ki vsebuje žveplo (S). Problem so rešili z zajemom SO_2 in pridobivanja H_2SO_4 v lastnem obratu, kjer so kasneje zaradi premalo kapacitet postavili pražarno. Z moderno tehnologijo se je obrat prestavil na novo lokacijo (Kidričeva ulica), območje stare Cinkarne (17 ha) pa je danes v lasti Mestne občine Celje (Medmrežje 2).

Drugi dejavnik povzročanja onesnaženosti tal v Celju je promet. Promet je vir emisij, kot so dušikovi oksidi (NO_x), delcev, ogljikovega monoksida (CO), težkih kovin (Pb, Hg, Cd). Tudi v primeru pnevmatik in zavor prihaja do višjih koncentracij prahu in kovin. Velik korak k zmanjšanju onesnaženosti s svincem je bila ukinitve osvinčenega bencina, saj je osvinčeni 98-oktanski bencin vseboval 0,15 Pb/l, po letu 2001 pa v Sloveniji uporabljamo neosvinčeni bencin.

Problem predstavljajo tudi delci ($\text{PM}_{2.5}$ in PM_{10}), sestavljeni iz več različnih snovi. V primarnem viru gre za delce, ki se pojavijo v ozračju iz točkovnega onesnaževanja (dimnikov, cest, gradbišč), pri sekundarnem viru pa te snovi reagirajo v atmosferi z NO_2 in SO_2 , ki prihajata v ozračje zaradi prometa, industrije in kurišč.

Naravni pojavi (veter, inverzija in padavine) prispevajo k širjenju onesnaževal na večje razdalje. Veter lahko širi onesnažen zrak daleč od dejanskega izvora onesnaževanja. Za Celje velja, da je njegova roža vetrov neznatna s prevladujočim jugozahodnikom, včasih tudi z severovzhodnikom vendar je kljub vsemu kotlina večino časa brezvetrna (Špes, 1981). Za kotlino je značilna temperaturna inverzija oz. megla. Gre za pojav, ko hladnejši zrak izpodrine toplejšega oziroma ko je v nižini temperatura nižja kot v višjih legah. Rezultat je povečano onesnaženje, saj se vsa onesnažila nahajajo v omenjeni inverziji. Padavine so onesnažene (kisel dež). Delci, ki se posedejo na tla se zaradi prometa in vetra ponovno vrnejo v ozračje, kjer se nato ponovno vrnejo s padavinami na površino tal, ki imajo veliko sposobnost absorpiranja snovi v okolju.

Celje velikokrat povezujemo s okoljskimi težavami. Raziskave, ki so bile opravljene v povezavi s tlemi (Lobnik in sod., 1989; Lobnik in sod., 1994, Vrščaj in sod., 2000, Šajn, 2001) so pokazale, da so tla na območju Celja onesnažena s nekaterimi kovinami (Cd, Zn in Pb). Pridelava vrtnin na vrtovih lahko povzroča tveganje. Z ukrepi kot so uporaba neonesnaženih tal, uporaba dvignjenih gred, ohranjanje pH in hranil, skrb za otroke, umivanje rok, pranje zelenjave in varno kompostiranje lahko preprečimo vnos težkih kovin v prehransko verigo.

1.2 Namen in cilji dela

Namen magistrskega dela je podpora vrtničarjem pri izvajanju vrtničarske dejavnosti na način, ki ne ogroža zdravja.

Konkretni cilji magistrske naloge so naslednji:

- Določiti vsebnosti težkih kovin (TK) v tleh izbranih vrtov;
- Oceniti morebitno onesnaženost tal s težkimi kovinami in primernost tal za pridelavo vrtnin glede na vsebnost TK po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l.RS, št. 68/96);
- Priporočiti prebivalcem obravnavanega območja ukrepe za manj tvegano vrtnarjenje na območju z onesnaženimi tlemi.

1.3 Hipotezi

1. Pričakujemo, da so vsi izbrani vrtovi glede na zakonodajo onesnaženi, predvsem zaradi visokih vsebnosti posameznih težkih kovin (Cd, Zn in Pb), kar vodi do možnosti prenosa kovin v rastline in s tem v prehransko verigo.
2. V odvzetih vzorcih tal bo vsebnost ostalih težkih kovin pod mejnimi vrednostmi, ki jih določa Uredba (Ur. l. RS, št. 68/96).

2 PREGLED LITERATURE

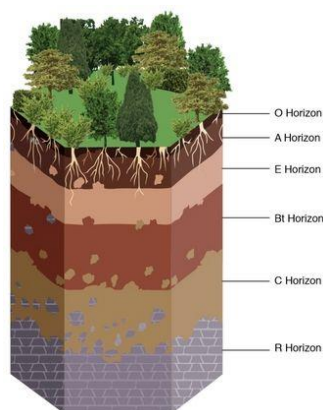
2.1 Na kratko o tleh

Tla imajo za človeka pomembno funkcijo, saj je skoraj vsa hrana ki jo zaužijemo pridelana na tleh. Če bi vprašali ljudi, zakaj so tla pomembna, bi verjetno dobili odgovora kot sta pridelava in filtriranje vode. Če upoštevamo odgovora, lahko rečemo, da je glavna ekosistemska storitev tal zagotoviti rast rastlin in s tem pridelava hrane.

Tla so dinamični sistem, ki ima zmožnost zadrževanja potencialno toksičnih težkih kovin in preprečevanje prehajanja le-teh v občutljivejše medije kot je hidrosfera (Koller in Saleh, 2018).

V 20. stol., natančneje leta 1941, je Hans Jenny, ameriški pedolog predstavil 5 dejavnikov, ki po njegovem mnenju vplivajo na sam razvoj tal: matična podlaga (lahko je sestavljena iz več kombinacij, npr. apnenec, peščenjak, vulkanska kamnina, ipd...), podnebja (razvoj tal je odvisen od vremenskih razmer), biota (izmenjava snovi in energije med matično podlago in tlemi), topografija (strma tla so plitva in imajo manj razvit horizont, medtem ko so ravna slabše odcedna za vodo kar lahko vodi do počasnejšega razvoja tal) in časa (obravnavajo se kot obdobje v katerem potekajo procesi nastanka in razvoja tal (oblikovanje horizontov)). Vremenski pojavi, npr. temperatura in vlaga se spreminjata hitro iz minute v minuto, v nasprotnem primeru pa je za tvorbo mineralov potrebno več tisoč let) (Schoonover in Crim, 2015).

Pri odkopu tal je možno videti različne plasti, strokovno imenovane horizonti, ki se med seboj razlikujejo po teksturi, strukturi, barvi, debelini (lahko so tanki nekaj centimetrov ali pa debeli več metrov) in drugih morfoloških, kemijskih, fizikalnih in biotskih lastnostih. Horizonti so posledica že omenjenih dejavnikov (matična podlaga, podnebje, topografija, biota in čas). Označujemo jih z velikimi tiskanimi črkami: H (organski ali šotni horizont), O (površinski organski, za katere je značilna visoka biološka dejavnost, mineralnih delcev je manj, temperatura in vlaga v tem horizontu lahko zelo nihata), A (površinski humusno-akumulativni horizont, z več organske snovi pomešane z mineralnimi delci), E (horizont izpiranja finih talnih delcev (gline) in humusnih snovi), B (horizont kopičenja izpranih snovi iz horizonta E in/ali prehajanja mineralnih snovi iz kamninske podlage), C (razdrobljena kamninska podlaga, ki je malo kemično spremenjena) in R (kompaktna kamninska podlaga).



Slika 1: Zgradba profila tal s horizonti

Vir: <https://www.pinterest.com/pin/275634439667614016/>

2.2 Onesnaževanje tal

Onesnaževala delimo na antropogena in naravna. Naravne emisije predstavljajo minerali, ki so lahko pri višjih koncentracijah toksični, vendar so pogosto ravno antropogeni onesnaževalci tisti, ki največ prispevajo k onesnaženosti tal. Industrija je v zadnjem stoletju bistveno pripomogla k onesnaženosti tal, kot vzrok pa lahko izpostavimo večjo proizvodnjo. Industrijske dejavnosti sproščajo onesnaževala ne le v tla ampak tudi v zrak in vodo. Manjši del prispeva tudi kmetijska dejavnost z uporabo pesticidov in gnojil (Havugimana in sod., 2017). Značilnost onesnaževanja tal je tudi dejstvo, da ga ni mogoče neposredno ne oceniti ne zaznati dokler ni opravljena analiza.

Onesnaževanje tal lahko povzroči določen dogodek ali vrsta dogodkov znotraj določenega območja, kjer se onesnaževalci sproščajo v zemljo, vire onesnaževanja pa ni mogoče zlahka prepoznati. Ta vrsta onesnaževanja je znana kot onesnaževanje s točkovnim virom, glavni vir pa predstavljajo antropogene dejavnosti (tovarniške lokacije, neustrezno odlaganje odpadkov in odpadnih voda, nenadzorovana odlagališča odpadkov, prekomerna uporaba agrokemikalij, ipd...) (Lu in sod., 2015; Mackay in sod., 2013; Podolský in sod., 2015; Strzebońska, Jarosz-Krzemińska in Adamiec, 2017 po Rodriguez-Eugenio in sod., 2018).

V mestnih območjih je onesnaževanje točkovnih virov zelo pogosto (Kim in sod., 2017; Kumar in Kothiyal, 2016; Venuti, Alfonsi in Cavallo, 2016; Zhang in sod., 2015b po Rodriguez-Eugenio in sod., 2018). Stara odlagališča, kjer se odpadki ne odlagajo pravilno ali njihova toksičnost kot tudi odpadne vode so lahko pomembni viri onesnaženj, ki lahko predstavljajo tveganje za zdravje ljudi (Baderna in sod., 2011; Bauman Kaszubska in Sikorski, 2009; Swati in sod., 2014 po Rodriguez-Eugenio in sod., 2018).

Razpršeno onesnaževanje se širi na zelo široka območja, se kopiči v tleh in nima enega samega ali zlahka prepoznanega vira (FAO in ITPS, 2015 po Rodriguez-Eugenio in sod., 2018). Razpršeno onesnaževanje vključuje prenos onesnaževal preko sistema zrak-zemlja-voda (Geissen in sod., 2015 po Rodriguez-Eugenio in sod., 2018). Težko ga je analizirati in predstavlja izziv za izsleditev in omejitev njegovega prostorskega obsega (Grathwohl in Halm, 2003 po Rodriguez-Eugenio in sod., 2018).

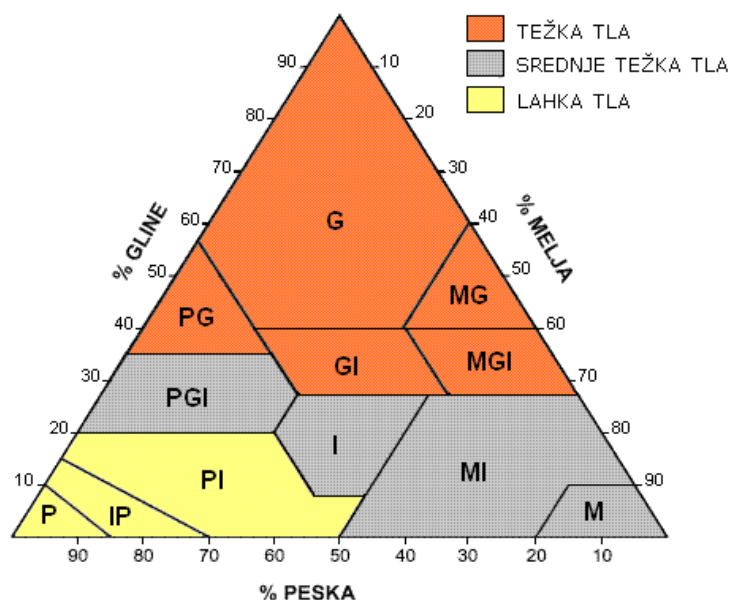
V zadnjih letih se je z razvojem svetovnega gospodarstva postopoma povečevala raznolikost in vsebnost težkih kovin v tleh, ki so jih povzročile človekove dejavnosti (Su in sod., 2014).

2.3 Lastnosti tal

2.3.1 Tekstura tal

Teksturo tal predstavljajo tri posamezne frakcije: pesek, melj in glina. Delci (skelet), imajo premer večji od 2 mm in ne veljajo za del teksture. Velikost delcev peska znaša med 0,05 do 2 mm, zato jih lahko vidimo s prostim očesom. Peščena tla slabo zadržujejo vodo. Velikost delcev melja je manjša, znaša od 0,02 do 0,5 mm. V nasprotju s peskom imajo meljasta tla manjše pore in so številčnejši. Zaradi manjše velikosti so bolj dovzetni za vodno in vetrno erozijo. Delci gline so manjši od 0,002 mm in imajo veliko aktivno površino. Imajo sposobnost zadrževanja vode, na kar vpliva majhna velikost por in se v primerjavi z delci peska voda premika počasneje (Kalev in Toor, 2017). Teksturo tal je praktično izjemno težko, če ne celo nemogoče spremeniti (Swanson, 2010).

Delež peska, melja in gline lahko v določenih tleh povzroči 12 različnih vrst teksturnih razredov tal. Opredeljeni so glede na relativno količino delcev v tleh in so poimenovani glede na prevladujoči delež.



Slika 2: Teksturna kvalifikacija tal po ameriško

Vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/Tekstura_tal#/media/Slika:Tekstura_tal.gif

2.3.2 Struktura tal

Struktura tal je združevanje talnih delcev (pesek, melj, glino in organske snovi) v skupke/agregate različnih oblik in velikosti (Finch in sod., 2014). Struktura je posledica mikrobiološke dejavnosti v tleh (dostopnost hranil, poroznost tal, razvoj in rast korenin, delovanje mikroorganizmov in razmerje med mikro in makroporami) (Zupan in sod., 1999). Struktura tal vpliva na rodovitnost tal, saj določa lastnosti kot so poroznost tal, razmerje med mikro in makroporami v tleh (v makroporah je voda, v mikroporah se zadržuje zrak), delovanje mikroorganizmov, dostopnost rastlinskih hranil in razvoj ter rast korenin. Stabilnejšo strukturo ima glina, medtem ko je ta pri pesku in melju manj stabilna. (Finch in sod., 2014). Lahka tla so dobro odcedna in prezračena, vendar velike pore zadržijo relativno malo vode. Najboljšo strukturo na vrtu predstavlja grudičasta oblika. Skupki so okrogle oblike in masivni, tla pa so porozna. Velikost skupkov je od 1 do 10 mm (Zupan in sod., 1999).

2.3.3 Organska snov v tleh

Organsko snov tal predstavljajo živa rastlinska, živalska in mikrobna biomasa, odmrle korenine in drugi rastlinski ostanki v različnih fazah razgradnje ter talni humus. Humus je sestavljen iz huminske in fulvične kisline ter mnogih drugih. V tleh humus vsebuje 60 – 80 % organske snovi (Cambardella, 2005). Organska snov v tleh omogoča življenje talne biote, saj služi za hrano. Poleg sposobnosti zadrževanja vlage vsebuje veliko hranil, ki so pomembna za rastline. Sama obdelava tal (kmetijska) pa lahko zmanjšuje vsebnost organske snovi (Schoonover in Crim, 2015).

2.3.4 Globina tal

Globina tal lahko poleg teksture in strukture tal vpliva na sposobnost tal zadrževanja vode. Omejenost rasti korenin v površinske plasti lahko vpliva na dostop hranil (Jackson, 2019). Globoka tla na splošno omogočajo rastlinam več vode in hranilnih snovi kot bolj plitva tla. Globina vpliva na možnost rabe v kmetijske namene, če je ustrezna lahko omogoča obdelavo tal. Bolj kot so tla globlja, težjo strukturo imajo zaradi deleža gline, ki z globino narašča. (Medmrežje 4). Globino tal poda globina matične podlage. Tla so lahko zelo globoka (več od 1 metra), globoka (med 70 in 100 cm), srednje globoka (med 40 in 70 cm), plitva (med 20 in 40 cm) in zelo plitva (pod 20 cm) (Prus in sod., 2015).

2.3.5 Kislost tal

pH tal predstavlja merilo vsebnosti hidronijevega iona v talni raztopini, kar določa kislost ali alkalnost tal. Prav tako vpliva pH na topnost hranil in hitrost razgradnje, kar vpliva na razpoložljivost hranil za rastline. Če se delež vodikovih ionov v tleh poveča se pH zniža, s tem pa postanejo tla bolj kislila. Dejavniki, ki vplivajo na pH tal (vsebnost mineralov, podnebje, tekstura tal) je mogoče spremeniti (apnjenje tal). Naravni pH tal odraža kombinirane učinke faktorjev, ki tvorijo tla (matična podlaga, čas, topografija, podnebje in biota) (Schoonover in Crim, 2015).

2.3.6 Učinki težkih kovin in okvirne vsebnosti naravnih ozadij

Elementi (kovine) se lahko kopičijo v tleh s pomočjo naravnih ali antropogenih procesov. Pri naravnih procesih tla dosežejo zaradi preperevanja matične kamnine in vulkanskih emisij. Antropogeni elementi vstopajo v tla po več poteh in dejavnosti: npr. onesnaženje iz zraka, kisel dež, uporaba gnojil in pesticidov ter blata iz ČN. Eden glavnih virov

onesnaževanja tal je rudarska in metalurška dejavnost. Razlikovanje med naravnimi in antropogenimi procesi je pomembno. (Koller in Saleh, 2018).

Izraz »težke kovine« se nanaša na skupino kovin in metaloidov, s sorazmerno visoko atomsko maso ($> 4,5 \text{ g/cm}^3$) kot so Pb, Cd, Cu, Hg, Cr, Ni, As, Co in Zn. Ti elementi se naravno pojavljajo pri nizkih koncentracijah v tleh (preperevanje matične podlage oz. kamninske osnove). Mnoge med njimi so bistvena mikrohranila za rastline, živali in ljudi, vendar lahko v višjih koncentracijah povzročijo fitotoksičnost in škodujejo zdravju ljudi in živali zaradi svoje biološke nerazgradljive narave, zaradi česar se kopičijo v tkivih organizmov. Kovine se kopičijo v tkivih živih organizmov ker v nasprotju z večino organskih spojin niso podvržene presnovi (Rodriguez-Eugenio in sod., 2018).

Izpostavljenost ljudi se je povečala zaradi eksponentnega povečanja njihove uporabe v več industrijskih, kmetijskih (glavne vire v kmetijstvu predstavljajo prekomerna uporaba gnojil in pesticidov), farmacevtskih in drugih dejavnosti (Tchounwou in sod., 2012).

2.3.6.1 Svinec

Kovina, ki obstaja naravno v oksidacijskih stanjih +2 in +4, njegova povišana prisotnost v okolju je posledica antropogene dejavnosti (taljenje kovin, rudarjenje, proizvodnja baterij). Svincu smo izpostavljeni z uživanjem zelenjave, žit in vode iz pipe (Kirinčič, 2013). Učinki na zdravje ljudi: razvoj živčevja pri mlajših, škodljivost za ledvice pri odraslih in kardiovaskularni učinki. Učinki na rastline: večina Pb, ki ga rastline prevzamejo, ostane v koreninah. Čeprav ni pomemben element za rastline, se absorbira in nabira v različnih rastlinskih delih, presežek pa se pogosto kaže pri zastoju rasti in klorozi. Zavira fotosintezo, spreminja koncentracijo hormonov in vpliva na membransko strukturo in prepustnost rastlin. Korenine imajo zmožnost absorbirati velike količine Pb, hkrati pa močno omejijo njegov prenos v nadzemne dele. V tleh se Pb nahaja kot šibka Lewisova kislina, kar pomeni močan kovalenten značaj številnih ionskih vezi (Sharma in Shanker Dubey, 2005).

2.3.6.2 Kadmij

Gre za relativno redko, modrikasto belo kovino, ki se pogosto pojavlja v cinkovih rudah (Wuana in sod., 2011). Kontaminacija naravnih in antropogenih tal s kadmijem (Cd) je svetovni problem, ki ga pretežno povzročajo rudarjenje, taljenje rud in odlaganje odpadnih voda. Cd tako kot druge težke kovine ne moremo biološko razgraditi z naravnim procesom (Inkham in sod., 2019). Skupaj z Hg in Pb je Cd eden od treh velikih onesnaževal med TK, ki ni znan po nobeni bistveni biološki funkciji. Kadmiju smo izpostavljeni preko zelenjave, žita, stročnic, krompirja ter mesnih izdelkov (Kirinčič, 2013). Učinki na zdravje ljudi: glavna grožnja za zdravje ljudi je kronična akumulacija v ledvicah, ki vodi do motenj v delovanju ledvic, vpliva na pljuča (bronhitis) (Wuana in sod., 2011). Učinki na rastline: Cd negativno vpliva na rast in razvoj rastlin. Najprej vstopi v korenine, ki doživijo poškodbe, potuje naprej po apoplastični in simplastni poti do ksilema, preko katerega se transportira v nadzemni del rastline, v katerem se prenese malo Cd, saj ga večina ostane v koreninah (Benevides in sod., 2005).

2.3.6.3 Cink

Cink (Zn) je naravno prisoten v tleh, vendar koncentracije zaradi antropogenih virov (rudarjenje in topilnice rud) nenaravno naraščajo. Pri taljenju cinkove rude prihaja do

višjih koncentracije Zn, ta pa predstavlja skrb okolju, saj se spira v tla in vodo. Svetovna proizvodnja Zn je še vedno v porastu, kar pomeni, da vedno več Zn konča v okolju (Wuana in sod., 2011). Človek absorbira cink preko hrane (živalski izvor) (Kirinčič, 2013). Učinki na zdravje ljudi: toksičnost Zn je lahko akutna ali kronična. Akutna toksičnost (zaužitje je več kot 200 mg/dan) lahko povzroči bolečine v trebuhu, slabost, bruhanje in drisko. Drugi povečani učinki so draženje želodca, glavobol, razdražljivost in omotica. Dolgotrajni vnos Zn v razponu od 50 do 150 mg/dan lahko povzroči motnje v presnovi bakra, zmanjšano delovanje železa, mikrocitozo krvnih celic, zmanjšano delovanje imunskega sistema (Willacy, 2019). Biološka razpolovna doba je približno 300 dni (WHO, 2001). Učinki na rastline: za rast in razvoj potrebujejo rastline zelo majhne količine cinka. Brez njega bi bila rast in razvoj rastlin močno ovirana, ker ima pomembno vlogo v metabolizmu rastlin. V rastlini se največ cinka nahaja v koreninah, sledi nadzemni del. V plodovih pa so najmanjše vrednosti cinka (Kabata-Pendias in Pendias, 2001).

2.3.6.4 Arzen

Onesnaženost okolja z arzenom (As) je posledica naravnih pojavov, kot so vulkanski izbruhi in erozija tal ter antropogene dejavnosti (Tchounwou, 2012). Veliko spojin se močno absorbira v tleh in se prenašajo na kratkih razdaljah tudi v podtalnici in površinskih vodah (Wuana in sod., 2011). Glavni vir vnosa arzena je uživanje rib in morske hrane (Kirinčič, 2013). Učinki na zdravje ljudi: izpostavljenost As se pojavi oralno, z vdihavanjem in preko stika s kožo. Zgodnji simptomi pri ljudeh vključujejo bolečine v trebuhu, bruhanje, drisko, mišično oslabelelost, poškodbe kože in raka (Bosch in sod., 2015), motnje delovanja srca in ožilja, okvare kostnega mozga, razpad rdečih krvničk, povečana jetra, odpoved ledvic (Perharič, 2013). Učinki na rastline: prisotnost As v tleh lahko vpliva na rast pridelkov, prisotnost v hrani pa ogroža zdravje ljudi. Negativno lahko vpliva na kalitev, rast in razvoj rastlin. Največ As se zadržuje v koreninah (Irem in sod., 2019).

2.3.6.5 Baker

Je tretja najpogostejše uporabljena kovina na svetu, za katero je odgovorna antropogena dejavnost (jeklarne, železarne, uporaba FFS). Je mikrohranilo, potrebno za rast rastlin (Napoli in sod., 2018). Bakru smo izpostavljeni preko uživanja rib, lupinarjev in prežvekovalcev (Kirinčič, 2013). Učinki na zdravje ljudi: pri ljudeh pomaga pri proizvodnji hemoglobina v krvi. Učinki na rastline: v rastlinah je baker (Cu) še posebej pomemben pri predelavi semen, odpornosti na bolezni in uravnavanju vode. Je resnično nujen, vendar v velikih odmerkih povzroča anemijo, poškodbe jeter, ledvic, draženje želodca in črevesja. Za razliko od drugih kovin v telesu se ne poveča ali kopiči v prehranski verigi. Topnost se drastično poveča pri pH 5,5, kar je precej blizu idealnemu pH kmetijskih površin (6,0–6,5) (Wuana in sod., 2011). Sodi med glavne kontaminante kmetijskih tal (Napoli in sod., 2018).

2.3.6.6 Krom

Tla, onesnažena s kromom (Cr) se pogosto nahajajo v bližini tekstilne industrije, sežigalnic, ind. kovin, idr. (Yan in sod., 2019). Kromu smo izpostavljeni preko zelenjave

in zelišč (Kirinčič, 2013). Zaradi nerazgradljivosti se lahko sčasoma pojavi v prehranski verigi, s tem pa ogroža zdravje človeka (povečano tveganje za splav, kromosomske nepravilnosti, prekinitve verige DNK ipd.) (Gupta in sod., 2019).

2.3.6.7 Nikelj

Zaradi odlične korozijske odpornosti, dobre mehanske trdnosti in plastičnosti se zlitine Ni pogosto uporabljajo v kovinski in kemični industriji. Čeprav je pomemben element v tleh, vpliva na zdravje ljudi. Nikelj vsebujejo oreški, oves in čokolada (Kirinčič, 2013). Učinki na zdravje ljudi: na ljudeh se težave pokažejo na poškodbah dihal, ožilja, živčnega sistema, srca, ledvic, neplodnosti in imunske pomanjkljivosti (Wang in sod., 2019). V regijah z nizkim pH obstaja v elementarni obliki. Učinki na rastline: nikelj v tleh vpliva na rodovitnost in produktivnost tal. Visoke koncentracije Ni v tleh vplivajo na rastline: zmanjšana rast, škodljivi učinki na pridelek, kakovost plodov in zaviranje encimske aktivnosti. Za Ni ni značilno, da se kopiči v rastlinah, zato ga ne pričakujemo v prehranski verigi (Wuana in sod., 2011).

2.3.6.8 Kobalt

Gre za element, ki se v naravnem in urbanem okolju pojavlja v prahu, gozdnih požarih ali pa kot antropogeni vir pri kurjenju fosilnih goriv, gnojil, rudarjenja, taljenja rude in blata iz ČN. Izpostavljeni smo mu preko zelene listnate zelenjave in svežega žita (Kirinčič, 2013). Učinki na zdravje ljudi: lahko je hkrati koristen in škodljiv (poškodbe kože, astma, alergije in vpliv na pljuča). Učinki na rastline: pomanjkanje kobalta (Co) pri rastlinah vpliva na pomanjkanje dušika in bakterij, ki vežejo dušik v koreninski sistem, kloroze in počasnejše rasti (Linhares in sod., 2019).

2.3.6.9 Molibden

Gre za težko kovino v sledovih, ki jo uporabljamo v industriji. Molibden (Mo) v tla prehaja z odvajanjem odpadnih voda in blata iz ČN. Predstavlja pomembno človeško in rastlinsko mikrohranilo. Pojavlja se v tleh, vodi, rastlinah in živalih (Carroll in sod., 2006). Visoke vrednosti molibdena najdemo v listnati zelenjavi in prosu. Gre za esencialen element, za katerega so podatki o prehranski vrednosti še omejeni (Kirinčič, 2013).

2.4 Poti težkih kovin iz tal v telesa ljudi

2.4.1 Poti vnosa težkih kovin v telo človeka v okolju

Kontaminirana tla lahko vstopijo v naša telesa po treh glavnih poteh: oralno, z vdihavanjem in skozi kožo.

Oralno (zaužitje tal) – zlasti pri otrocih, mlajših od treh let je verjetnost oralnega zaužitja tal zaradi igre na prostem velika. Ker otroci veljajo za posebej občutljive, šteje, da so majhni otroci najbolj ogroženi zaradi onesnaženosti tal, saj ti petkrat učinkoviteje absorbirajo Pb preko svojega prebavnega sistema kot odrasli. Pri odraslih se lahko zgodi le nenamerno zaužitje, npr. če pojedjo zelenjavo z nekaj zemlje. Ob zaužitju se nekatere

TK absorbirajo skozi sluznico ust, druge pa se pogoltnejo in potujejo v prebavni sistem. Od tu se lahko prenesejo v jetra. Kontaminanti tal se lahko iz tal selijo v podtalno ali površinsko vodo kar vodi do onesnaženosti pitne vode. Iz vode lahko kontaminante prehajajo tudi v rastline, te pa pozneje zaužijejo živali in ljudje, pri tem pa prihaja do vstopa onesnaževal v prehransko verigo.

Vdihavanje - v kmetijstvu, industriji in prometu prihaja do izpuščanja delcev v zrak, katere vdihavajo delavci ali drugi v bližini. Zelo majhni delci se lahko nahajajo v pljučih, kjer obstaja možnost, da se absorbirajo v krvni obtok. V primerjavi z zaužitjem je to precej manj pomemben vir izpostavljenosti, vendar je lahko nevaren za tiste, ki so mu bili izpostavljeni večkrat v daljšem časovnem obdobju.

Skozi kožo - Absorpcija skozi kožo je znana kot dermalna ali kožna absorpcija (Havugimana in sod., 2017) Nekateri specifični oblike, npr. Cr (VI), ki je bolj toksična oblika kroma, nikelj ali anorganski Hg lahko povzročajo težave za kožo.

2.4.2 Pot vnosa težkih kovin v človeka preko prehranske verige

Vnos TK v rastline je prvi korak njihovega vstopa v prehransko verigo človeka. Vnos je odvisen od (i) elementov, ki prečkajo membrano povrhnjice korenin, (ii) prenosa elementov iz celic povrhnjice do ksilema kjer se elementi prenašajo od korenin do poganjkov, (iii) možna mobilizacija od listov do tkiv, ki se uporabljajo kot hrana (gomolji, plodovi, semena). Hranilne snovi, vključno s fosforjem in kalcijem lahko v rastlini zmanjšajo nebstvene vendar kemično podobne elemente kot sta As in Cd (Hoover in sod., 1995). Vnos težkih kovin v prehransko verigo poteka preko rastlin, se pa vsebnost absorbiranja razlikuje od rastline do rastline. Največ TK se vgradi v korenine, sledijo listi in na koncu plodovi. Rastline lahko po sposobnosti akumulacije težkih kovin v njene dele razdelimo v 4 skupine.

1. Prvo skupino predstavljajo rastline z zelo nizko akumulacijo (bob, čičerika, fižol, grah, leča in soja, buče, bučke, feferoni, jajčevci, kumare, paradižnik).
2. Druga skupina ima nizko akumulacijo (brokoli, koleraba, cvetača, zelena).
3. Srednjo stopnjo akumulacije predstavljajo rastline tretje skupine (čebula, česen, drobnjak, por in šalotka, ohrovt, repa, rdeča pesa in krompir).
4. Veliko stopnjo akumulacije imajo rastline, ki vežejo v korenine in liste največ kovin (korenček, peteršilj, redkvice, endivja, motovilec, radič, solata, blitva in špinata (Medmrežje 3).

2.5 Pregled zakonodaje Republike Slovenije s področja onesnaženosti tal

UREDBA o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l.RS, št. 68/96)

Uredba je namenjena določanju mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti za posamezne nevarne snovi tleh za celotno območje RS.

Mejna vrednost je v Uredbi definirana kot » *gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali. Učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje so še spremenljivi*«.

Opozorilna vrednost je v Uredbi definirana kot » *gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka in okolje*«.

Kritična vrednost pa je v Uredbi definirana kot » *gostota posamezne nevarne snovi v tleh, pri katerih tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali ter za zadrževanje ali filtriranje vode*«.

Preglednica 1: Mejne, opozorilne in kritične vrednosti nevarnih snovi v prilogi omenjene Uredbe (Ur.l.RS, št. 68/96).

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd (kadmij)	1	2	12
Cu (baker)	60	100	300
Ni (nikelj)	50	70	210
Pb (svinec)	85	100	530
Zn (cink)	200	300	720
Cr (krom)	100	150	380
Hg (živo srebro)	0.8	2	10
Co (kobalt)	20	50	240
Mo (molibden)	10	40	200
As (arzen)	20	30	55

UREDBA o merilih za ugotavljanje stopnje obremenjenosti okolja zaradi onesnaženosti tal z nevarnimi snovmi (Uradni list RS, št. 7/19)

Uredba je namenjena ugotavljanju onesnaženosti tal z nevarnimi snovmi, območja pa uvrstimo v prvo oz. drugo stopnjo obremenjenosti okolja.

Območja, ki se uvrščajo v stopnjo obremenjenosti so navedena v 3 členu, in sicer: » *območja kmetijskih zemljišč, otroško igrišče, stanovanjsko območje in opuščena industrijska območja*«.

Med območja kmetijskih zemljišč se na podlagi te Uredbe uvrščajo tudi » *površine za vrtničarstvo, namenjene pridelavi rastlin za prehrano ljudi in sadni ali zelenjavni vrt ne glede na namensko oz. dejansko rabo prostora in ne glede na njegovo velikost*«.

Največjo obremenjenost okolja predstavlja prva stopnja, kjer so vrednosti vsaj ene nevarne snovi v tleh enake ali večje od opozorilne vrednosti za to snov.

Pravilnik o monitoringu kakovosti tal (Ur.list RS, št. 68/19)

Namen Pravilnika je izvajanje monitoringa kakovosti tal, ki ga zagotavlja ministrstvo za okolje, kjer se ugotavlja kakovost tal v državi, prav tako pa se uporablja za raziskave kakovosti tal kjer se ugotavlja stopnja obremenjenosti območja v skladu s prepisom, ki ureja merila za ugotavljanje stopnje obremenjenosti okolja, ki je posledica onesnaženosti tal z nevarnimi snovmi.

V poglavju Način in obseg izvajanja monitoringa kakovosti tal je opisano izvajanje monitoringa tal, vzpostavitev mreže vzorčnih mest monitoringa kakovosti tal, opis vzorčnega mesta, način in globina vzorčenja tal, čas in pogostost vzorčenja tal, zapis o vzorčenju tal in transport vzorcev tal. Natančnejši postopek vzorčenja in oprema sta opisana v Prilogi 1, zapis o vzorčenju tal se nahaja v Prilogi 2.

Poglavje Metodologija analiziranja in obdelave vzorcev opisuje osnovne pedološke parametre in nevarne snovi v tleh ter njihovo analizo, hranjenje vzorcev tal, program monitoringa kakovosti tal, ki ga pripravi ministrstvo.

V poglavju Poročilo o monitoringu kakovosti tal so napisane ključne vsebine, ki jih poročilo mora vsebovati in rok za oddajo le-tega.

Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja tal (Ur.list RS, št. 66/17 in 4/18)

Pravilnik je namenjen določanju obratovalnemu monitoringu stanja tal, merilom za izbor parametrov, vzorčenju in analizi vzorcev, vrednotenju sprememb vsebnosti parametrov, vsebini programa in poročila ter sporočanju podatkov o obratovalnem monitoringu tal. Prav tako določa vzorčna mesta, parametri in obseg obratovalnega monitoringa stanja tal, vplivi izvajanja dejavnosti ali obratovanje naprave. Določa se tudi tehnične pogoje ki jih izpolni izvajalec monitoringa.

Pravilnik sestavljajo splošne določbe v katerem je predstavljena vsebina, uporaba in izrazoslovje.

V poglavju Obseg in parametri obratovalnega monitoringa je opisan obseg obratovalnega monitoringa, določitev vzorčnih mest, ureditev vzorčnega mesta, način in globina vzorčenja, parametri obratovalnega monitoringa stanja tal, pogostost in čas vzorčenja, odvzem vzorcev in zapis o vzorčenju.

V tretjem poglavju Metodologija vzorčenja, merjenja, analiziranja in obdelave vzorcev je predstavljeno vzorčenje in analizna metoda.

Poglavje Vrednotenje spremembe vsebnosti parametrov se nanaša na vrednotenje spremembe vsebnosti parametrov obratovalnega monitoringa stanja tal, vrednotenje vsebnosti parametrov za izdelavo ocene kakovosti tal oziroma za analizo tal.

Sledi poglavje Poročilo ter evidentiranje in sporočanje podatkov ki se navezuje na poročilo o obratovalnem monitoringu stanja tal in hrambi podatkov ter poročil.

Šesto poglavje Osnove za določitev programa obratovalnega monitoringa stanja tal so napisane osnove za določitev programa obratovalnega monitoringa stanja tal.

V zadnjem poglavju Pogoji, ki jih mora izpolnjevati pooblaščen izvajalec obratovalnega monitoringa stanja tal so predstavljeno pooblastilo za izvajanje obratovalnega monitoringa stanja tal, tehnični pogoji za pridobitev pooblastila, vloga za pridobitev pooblastila in podrobnejši razlogi za odvzem pooblastila.

V magistrskem delu smo upoštevali Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l.RS, št. 68/96). Najpomembnejši del Uredbe se nahaja v prilogi, kjer so podane mejne, opozorilne in kritične vrednosti za nevarne snovi: kovine (As, Cd, Cr, Cu, Co, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn), aromatske spojine (benzen, etilbenzen, fenoli, toluen, ksilen), skupne fluide, skupna vsebnost policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAO), nekatere klorirane ogljikovodike (spojine PCB, DDT in derivati, HCH spojine, aldrin, dieldrin, endrin, atrazin, simazin) in ogljikovodiki, ki izvirajo iz nafte – mineralna olja. Za vsako nevarno snov je opredeljena mejna, opozorilna in kritična vrednost. Prednost razvrstitve v 3 vrednosti je ta, da se pripomore pravočasnemu ukrepanju ko tla še niso močno onesnažena. Po drugi strani pa Uredba ne ločuje različnih vrst rabe tal glede na nevarnost vnosa onesnaževal v ljudi: kmetijska in urbana zemljišča, zemljišča ob industrijskih objektih in otroška igrišča ob vrtcih in parkih – odločitev za ukrep je stvar strokovne presoje (Ur.l.RS, št. 68/96).

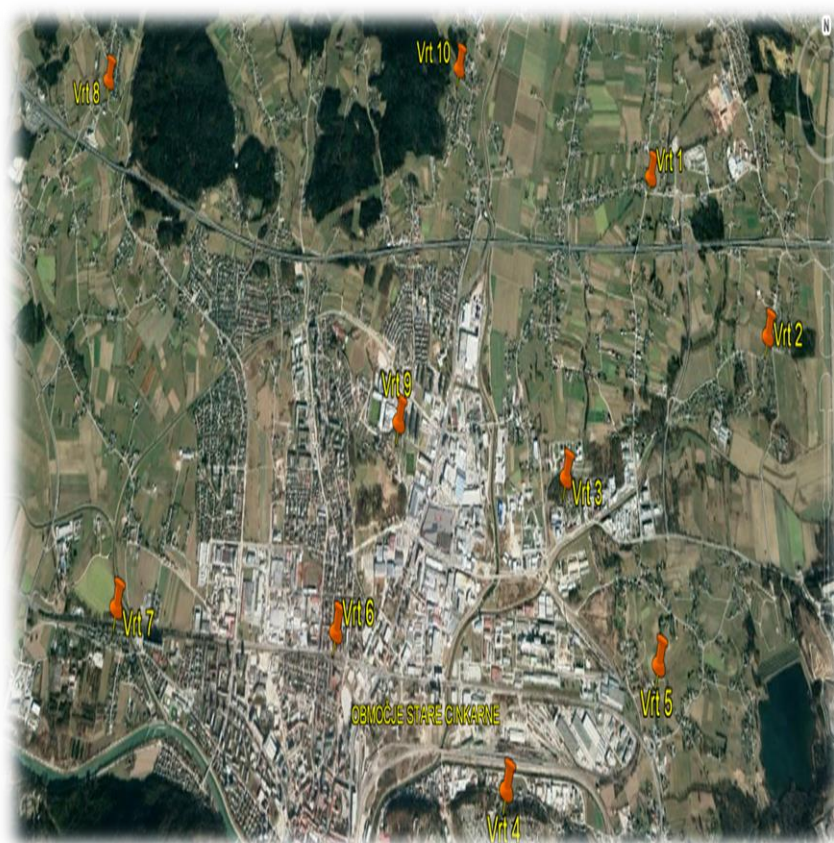
3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 Metode dela

Pri magistrskem delu smo opravili terensko vzorčenje tal, anketiranje vrtničkarjev in evidentiranje vzorcev, ki smo jih poslali v analitski laboratorij. Rezultate bomo statistično obdelali, vrednotili in predstavili.

3.2 Območje raziskav

Vrtove smo izbrali v radiju kroga območja stare Cinkarne z namenom ugotavljanja padanja koncentracij težkih kovin v različnih smereh in na podlagi zanimanja vrtničkarjev o kakovosti tal na katerem pridelujejo pridelke. Za analizo smo izbrali 10 vrtov, da bi bila primerjava med vsebnostmi težkih kovin v tleh lažje predstavljiva.



Slika 3: Prikaz lokacij izbranih vrtov

3.3 Način odvzema vzorca

Vzorčenje tal je bilo izvedeno 11.9. in 12.9.2019.

Pred začetkom vzorčenja tal na izbranih vrtovih v Celju smo pripravili vso potrebno opremo, ki je vključevala: plastično vedro, plastično lopatko, meter za merjenje globine, rokavice, vrečke PE-LD za shranjevanje vzorcev, vodo in papirnate brisače. Za vzorčenje tal se uporabi sondo ali plastično lopatko/leseno vevnico. V našem primeru smo izbrali plastično lopatko brez vsebnosti kovin, saj bi lahko pri uporabi sonde prišlo do morebitne kontaminacije zaradi kovin v orodju, kar bi lahko vplivalo na rezultate laboratorijske analize tal. Vzorčenje je na vseh 10 lokacijah potekalo enako. Povprečni vzorec tal pripravimo z združevanjem pod-vzorcev, ki smo jih odvzeli na več različnih odzemnih mestih iz katerih smo skopali jamo do globine 20 cm. Vsi pod vzorci so bili odvzeti enakomerno preko celotnega vzorčnega mesta (vrtička). Te smo dali v plastično vedro, kjer smo odstranili skelet, rastlinske dele in druge primesi. Vzorec smo dobro premešali, da je nastala homogena zmes. Po mešanju smo reprezentativni vzorec shranili v PE-LD vrečko, ki smo jo označili s potrebnimi informacijami.



Slika 4: Prikaz vzorčenja tal

Po vsakem končanem vzorčenju vrta smo plastično vedro in lopatko oprali z vodo in obrisali s papirnato brisačo, da ne-bi prišlo do morebitnega mešanja vzorcev med seboj. Na vsaki lokaciji smo uporabili nove rokavice. Vzorce smo do prenosa v laboratorij shranili na zračnem suhem prostoru.



Slika 5: Vrt 1 in Vrt 2



Slika 6: Vrt 3 in Vrt 4



Slika 7: Vrt 5 in Vrt 6



Slika 8: Vrt 7 in Vrt 8



Slika 9: Vrt 9 in Vrt 10

3.4 Laboratorijsko delo

Vzorci smo pripeljali na pred-obdelavo v laboratorij Visoke šole za varstvo okolja v Velenju. Tako kot na terenskem delu, smo si najprej pripravili opremo: terilnico s pestilom, 2 mm sito, tehtnico, male in velike PVC posodice, tehtnico, papirnate brisače, haljo in rokavice. Pred-obdelava je potekala za vse vzorce enako. V terilnico smo dali vzorec, ki smo ga s pomočjo pestila dobro strli oziroma uprašili. Uprašen vzorec smo presejali skozi sito (2 mm) v posodico. Na tehtnici smo odtehtali zahtevano težo (10 g) in malo PVC posodico zaprli in označili. V večje PVC posodice smo shranili še nekaj vzorca, ki smo ga poslali v začasen arhiv. Terilnice, pestila in žličko za prenos vzorca smo sproti redno sprali. Vzorce smo poslali na analizo v akreditiran laboratorij ACME labs na Poljsko, kjer je bilo po metodi AQ251 Aqua Regia ICP-ES/MS prisotno določevanje vsebnosti 37 elementov.



Slika 10: Upraševanje in presajanje vzorca



Slika 11: Tehtanje in končno pripravljen vzorec za nadaljnje analize

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 Rezultati analize vsebnosti težkih kovin v tleh

Vzorci smo poslali na analizo v akreditiran (v ZDA, Kanadi in Mehiki) laboratorij ACME labs na Poljsko, kjer je bilo po metodi AQ251 Aqua Regia ICP-ES/MS prisotno določevanje vsebnosti naslednjih 37 elementov: Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, As, U, Au, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, B, Al, Na, K, W, Sc, Tl, S, Hg, Se, Te in Ga. V slovenski zakonodaji so določene vrednosti za 10 elementov (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr, Co, Hg, Mo in As). Za ostale vrednosti nevarnih snovi, ki so navedene v prilogi še nimamo zakonskih podlag kjer so določene mejne, opozorilne in kritične vrednosti. V kolikor se v bodoče določijo jih imamo namen obravnavati.

4.1.1 Vsebnost težkih kovin v vrtu 01

Vrt se nahaja v okolici Leskovca pri Ljubečni. Lastnik uporablja hlevski gnoj in rastne substrate iz trgovine, fitofarmaceutskih sredstev pa ne uporablja. Vrtnine, ki jih prideluje so solata, paradižnik, paprika, čebula, fižol, por, kumare, česen, korenje in peteršilj, ki jih uživa 9 oseb. Pri opravljanju terenskega dela, sklepamo da možen vpliv onesnaženja tal s težkimi kovinami predstavlja prometnica.

Preglednica 2: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 01

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	2.70
Cu	60	100	300	25.40
Ni	50	70	210	20.30
Pb	85	100	530	106.40
Zn	200	300	720	465.00
Cr	100	150	380	36.00
Hg	0.8	2	10	0.09
Co	20	50	240	8.80
Mo	10	40	200	1.00
As	20	30	55	12.50

Vsebnost kadmija (Cd) znaša 2.70 mg/kg s.s. tal s čimer je za 35 % nad opozorilno vrednostjo (2 mg/kg s.s. tal), svinec (Pb) znaša 106,4 mg/kg s.s. tal oziroma je 6.4 % nad opozorilno vrednostjo (100 mg/kg s.s. tal), vsebnost cinka (Zn) je 465 mg/kg s.s. tal kar pomeni preseganje opozorilne vrednosti (300 mg/kg s.s. tal) za 55 %. Ostale kovine se nahajajo pod mejno vrednostjo.

Status onesnaženosti: Z prekoračitvijo opozorilnih vrednosti so tla po zakonodaji onesnažena, saj obstaja možnost prehoda kovin v rastline, vendar je manjša kot v primeru kritičnih vrednosti.

Priporočilo: Glede na visoko vrednost Cd, Pb in Zn v tleh svetujemo uporabo visokih gred z neonesnaženo zemljo, da se ne pripravlja komposta rastlin iz tega vrta saj lahko pride do akumulacije - dodatnega povečanja vsebnosti kovin. Dosledno in natančno peremo zelenjavo in umivamo roke. Če tla niso porasla s travo, je igranje otrok na teh tleh odsvetovano (možno zaužitje tal).

4.1.2 Vsebnost težkih kovin v vrtu 02

Vrt se nahaja v okolici Začreta na Ljubečni. Gre za kmetijsko zemljišče, ki je namenjeno vrtnarjenju. Za obdelovanje vrta je lastnica včasih uporabljala kompost, zdaj pa v večini rastni substrat iz trgovin, od fitofarmaceutskih sredstev pa uporabljajo herbicide. Vrtne, ki jih prideluje, so fižol, solata, peteršilj, maline, kumare, ipd., ki jih uživa 5 oseb. Med terenskim delom je bilo moč opaziti možen vpliv onesnaženja tal s težkimi kovinami zaradi prometa in industrije. Oddaljenost vrta od območja stare Cinkarne je 5,4 km v smeri vzhodnega dela Celja.

Preglednica 3: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 02

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	2.74
Cu	60	100	300	64.32
Ni	50	70	210	25.00
Pb	85	100	530	119.13
Zn	200	300	720	658.30
Cr	100	150	380	40.40
Hg	0.8	2	10	0.09
Co	20	50	240	10.90
Mo	10	40	200	1.42
As	20	30	55	12.60

Vsebnost kadmija (Cd) znaša 2.74 mg/kg s.s. tal oz. 37 % nad opozorilno vrednostjo (2 mg/kg s.s. tal), baker (Cu) znaša 64.32 mg/kg s.s. tal oz. za 7.20 % presega mejno vrednost (60 mg/kg s.s. tal), svinca (Pb) je 119.13 mg/kg s.s. tal oz. za 19.13 % prekoračuje opozorilno vrednost (100 mg/kg s.s. tal) in vsebnost cinka znaša 658.3 mg/kg s.s. tal oz. je za 119.43 % nad opozorilno vrednostjo (300 mg/kg). Nikelj (Ni), krom (Cr), živo srebro (Hg), kobalt (Co), molibden (Mo) in arzen (As) se nahajajo pod mejno vrednostjo.

Status onesnaženosti: Zaradi prekoračitve opozorilnih vrednosti (Cd, Pb in Zn) so tla po zakonodaji onesnažena, s tem pa prihaja do tveganja večjega prehoda kovin v pridelke in s tem v prehransko verigo človeka.

Priporočilo: Glede na visoko vrednost Cd, Pb in Zn v tleh svetujemo uporabo visokih gred z neonesnaženo zemljo, priprava komposta iz rastlin je odsvetovana, ker bi lahko prišlo do ponovnega vnosa kovin v tla in s tem akumulacije – dodatnega povečanja vsebnosti kovin. Dosledno in natančno peremo zelenjavo in umivamo roke. Če tla niso porasla s travo je igranje otrok na tleh odsvetovano (možno zaužitje tal).

4.1.3 Vsebnost težkih kovin v vrtu 03

Vrt se nahaja v okolici Gajev v Trnovljah. Je manjši vrtiček, namenjen preživetju prostega časa. Za obdelovanje je lastnica od dodatkov uporabljala kompost, hlevski gnoj in pepel lesa, v zadnjih letih pa se je odločila še za rastne substrate iz trgovine, fitofarmaceutskih sredstev pa ne uporablja. Prideluje solato, radič, paradižnik, papriko, buče, kumare, peteršilj, korenje, fižol, jajčevci, česen, čebulo, motovilec, blitvo in zelje, ki jih uživa 5 oseb nekaj pa jih deli prijateljem. Pri opravljanju terenskega dela je bilo opaziti možen vpliv onesnaženja s tal s strani prometnice, industrije in poplavnih vod.

Preglednica 4: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 03

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	4.70
Cu	60	100	300	48.50
Ni	50	70	210	26.50
Pb	85	100	530	233.10
Zn	200	300	720	887.00
Cr	100	150	380	30.00
Hg	0.8	2	10	0.11
Co	20	50	240	9.00
Mo	10	40	200	1.30
As	20	30	55	13.3

Vsebnosti kadmija (Cd) zaradi izmerjene vrednosti 4.7 mg/kg s.s. tal presegajo opozorilno vrednost (2 mg/kg s.s. tal) za 135 %, svinec presega opozorilno vrednost (100 mg/kg s.s. tal) za 133.1 % (233.1 mg/kg s.s. tal), vsebnost cinka (Zn) v tleh je 887.0 mg/kg s.s. tal oziroma 23.19 % nad kritično vrednostjo. Ostale kovine se nahajajo pod mejnimi vrednostmi.

Status onesnaženosti: Zaradi prekoračitve kritične in opozorilne vrednosti so tla po zakonodaji močno onesnažena, s tem pa prihaja do tveganja večjega prehoda kovin v pridelke in s tem v prehransko verigo človeka.

Priporočilo: Glede na visoko vrednost Cd in Pb ter zelo visoko vrednost Zn v tleh svetujemo uporabo visokih gred z neonesnaženo zemljo, da se ne pripravlja komposta iz rastlin ker bi lahko v nasprotnem primeru prišlo do ponovnega vnosa kovin v tla in s tem akumulacije – dodatnega povečanja vsebnosti kovin. Na vrtu bi se lahko vmesne površine zatravile (npr. s sajenjem trave in rednim vzdrževanjem le-te), da ne povzročajo nevarnosti (delci – možnost zaužitja ali vdihavanja). Dosledno in natančno peremo zelenjavo in umivamo roke. Če tla niso porasla s travo je igranje otrok na tleh odsvetovano (možno zaužitje tal).

4.1.4 Vsebnost težkih kovin v vrtu 04

Vrt se nahaja na območju krajevne skupnosti Aljaževega hriba v Celju. Manjši vrt je namenjen pridelavi hrane za lastno uporabo. Lastnica kot dodatek za obdelovanje uporablja kompost in pepel lesa, fitofarmacevtskih sredstev pa ne uporablja. Prideluje korenje, peteršilj, solato, krompir, fižol, čebulo, česen, zeleno, paradižnik, papriko, kumare in bučke, ki jih uživajo 4 osebe.

Preglednica 5: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 04

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	14.70
Cu	60	100	300	61.60
Ni	50	70	210	20.20
Pb	85	100	530	242.30
Zn	200	300	720	1609.00
Cr	100	150	380	25.00
Hg	0.8	2	10	0.18
Co	20	50	240	11.70
Mo	10	40	200	1.50
As	20	30	55	18.30

Vsebnosti kadmija (Cd) znašajo 14.7 mg/kg s.s. tal oziroma so 22.5 % nad kritično vrednostjo (12 mg/kg s.s. tal), mejno vrednost (60 mg/kg s.s. tal) je presegel baker za 2.67 % (61.6 mg/kg s.s. tal), svinec (Pb) z izmerjeno vrednostjo 242.3 mg/kg s.s. tal za 142.3 % presega opozorilno vrednost (100 mg/kg s.s. tal), rezultati za cink (Zn) pa so pokazali preseganje kritične vrednosti (720 mg/kg s.s. tal) za 123.47 % (1609 mg/kg s.s. tal).

Status onesnaženosti: Po zakonodaji so tla zaradi prekoračitve kritične vrednosti močno onesnažena, s tem pa prihaja do tveganja večjega prehoda kovin v pridelke in s tem v prehransko verigo človeka.

Priporočilo: Glede na visoko vrednost Cu in Pb ter zelo visoko vrednost Cd in Zn v tleh svetujemo, da se tla zatravijo (npr. s sajenjem trave in njenim vzdrževanjem), da se izognemo vnosu TK v prehransko verigo.

4.1.5 Vsebnost težkih kovin v vrtu 05

Vrt se nahaja na območju Bukovžlaka na Teharjah. Gre za kmetijsko zemljišče za namen vrtnarjenja. Družina kot dodatke za obdelovanje vrta uporablja hlevski gnoj, kompost in rastne substrate iz trgovine, fitofarmaceutskih sredstev ne uporablja. Prideluje paradižnik, papriko, solato, krompir in fižol za potrebe 5 oseb. Pri terenskem delu je možen način onesnaženja s težkimi kovinami industrija. Oddaljenost vrta od območja stare Cinkarne je 2 km v smeri vzhodnega roba Celja.

Preglednica 6: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 05

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	3.92
Cu	60	100	300	56.64
Ni	50	70	210	33.60
Pb	85	100	530	170.78
Zn	200	300	720	984.80
Cr	100	150	380	30.80
Hg	0.8	2	10	0.11
Co	20	50	240	11.80
Mo	10	40	200	1.43
As	20	30	55	16.90

Vsebnost kadmija (Cd) znaša 3.92 mg/kg s.s. tal oz. 96.00% nad opozorilno vrednostjo (2 mg/kg s.s. tal), svinec (Pb) je 170. mg/kg s.s. tal oz. je za 70.78% nad opozorilno vrednostjo (100 mg/kg s.s. tal) in cink (Zn) znaša 984. mg/kg s.s. tal kar pomeni, da za 36.78% prekoračuje kritično vrednost (720 mg/kg s.s. tal). Vsebnosti bakra (Cu), niklja (Ni), kroma (Cr), živega srebra (Hg), kobalta (Co), molibdena (Mo) in arzena (As) so pod mejno vrednostjo.

Status onesnaženosti: Kadar kovine prekoračijo opozorilno vrednost se tla po Uredbi označijo za onesnažena, ko pa je prekoračena kritična vrednost se tla po Uredbi uvrščajo med močno onesnažena. V primeru prekoračitve opozorilne vrednosti obstaja velika verjetnost prehoda kovin v pridelke in s tem v prehransko verigo človeka.

Priporočilo: Glede na visoko vrednost Cd in Pb ter zelo visoko vrednost Zn v tleh svetujemo zatrvitev tal (sajenje trave in njeno redno vzdrževanje), da se izognemo nevarnosti vnosa TK v prehransko verigo. V primeru nadaljevanja vrtnarjenja, se lahko na zatrvljenih površinah uporabijo visoke grede z neonesnaženo zemljo.

4.1.6 Vsebnost težkih kovin v vrtu 06

Vrt se nahaja na območju Celja. Gre za kmetijsko zemljišče z namenom vrtnarjenja. Kot dodatek lastnik uporablja kompost in hlevski gnoj, fitofarmaceutskih sredstev pa ne. Prideluje fižol, krompir, korenje, solato, paradižnik, kumare, ipd., za 2-3 osebe. Pri terenskem delu je bilo možno kot vpliv onesnaženja tla opaziti prometnice in industrijo. Oddaljenost vrta od območja stare Cinkarne je 1 km v smer centra Celja.

Preglednica 7: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 06

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	12.78
Cu	60	100	300	117.98
Ni	50	70	210	34.10
Pb	85	100	530	554.50
Zn	200	300	720	2600.60
Cr	100	150	380	32.00
Hg	0.8	2	10	0.40
Co	20	50	240	11.80
Mo	10	40	200	2.34
As	20	30	55	39.50

Vsebnost kadmija (Cd) znaša 12.78 mg/kg s.s. tal oz. za 6.60 % prekoračuje kritično vrednost (12 mg/kg s.s. tal), baker (Cu) znaša 117.98 mg/kg s.s. tal oz. za 17.98 % presega opozorilno vrednost (100 mg/kg s.s. tal), svinca je 554.5 mg/kg s.s. tal oz. 4.62 % nad kritično vrednostjo (530 mg/kg s.s. tal), cink, ki znaša 2600.6 mg/kg s.s. tal prekoračuje kritično vrednost za 261.19 % in arzen, ki je prisoten v 39.5 mg/kg se nahaja za 31.67 % nad opozorilno vrednostjo (30 mg/kg s.s. tal). Vsebnosti niklja (Ni), kroma (Cr), živega srebra (Hg), kobalta (Co) in molibdena (Mo) se nahajajo pod mejno vrednostjo.

Status onesnaženosti: Kadar kovine prekoračijo opozorilno vrednost se tla po uredbi označijo za onesnažena, ko pa je prekoračena kritična vrednost se tla po uredbi uvrščajo med močno onesnažena. V primeru prekoračitve opozorilne vrednosti obstaja velika verjetnost prehoda kovin v pridelke, pri prekoračitvi kritične vrednosti pa kovine prehajajo v pridelke preko tal.

Priporočilo: Glede na visoke vrednosti Cu in As in zelo visoke vrednosti Cd, Pb in Zn svetujemo, da se vrtnarjenje opusti in površine zatravimo (sajenje trave in njeno vzdrževanje), da se izognemo nevarnosti vnosa kovin v prehransko verigo. Zaradi lokacije (tik ob železniški progi) in sami postavitvi vrta (krajša vodoravna linija na klancu) uporaba visokih gred ni možna zaradi zelo majhnega prostora.

4.1.7 Vsebnost težkih kovin v vrtu 07

Vrt se nahaja na območju Ljubljanske ceste v Celju. Gre za kmetijsko zemljišče z namenom vrtnarjenja. Kot dodatke uporablja kompost in rastne substrate iz trgovine, fitofarmaceutskih sredstev ne uporablja. Prideluje vrtnine, kot so solata, bučke, paradižnik, korenje, peteršilj, ipd., za 2 osebi. Med možnimi vplivi onesnaženosti tal s težkimi kovinami je bilo opaziti prometnice, industrijo in poplavne vode. Oddaljenost vrta od območja stare Cinkarne je 3,3 km v smeri zahodnega dela Celja.

Preglednica 8: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 07

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	6.35
Cu	60	100	300	62.26
Ni	50	70	210	32.00
Pb	85	100	530	137.84
Zn	200	300	720	662.60
Cr	100	150	380	30.10
Hg	0.8	2	10	0.62
Co	20	50	240	10.80
Mo	10	40	200	0.99
As	20	30	55	12.00

Vsebnost kadmij (Cd) znaša 6.35 mg/kg s.s. tal kar je 217.50 % nad opozorilno vrednostjo (2 mg/kg s.s. tal), baker (Cu) je za 3.77 % presegel mejno vrednost (60 mg/kg s.s. tal), svinca (Pb) je 137.84 mg/kg s.s. tal oz. 37.84 % nad opozorilno vrednostjo (100 mg/kg s.s. tal) ter cinka (Zn) 662.6 mg/kg s.s. tal s čimer je prekoračena opozorilna vrednost za 120.87 %. Vsebnosti niklja (Ni), kroma (Cr), živega srebra (Hg), kobalta (Co), molibdena (Mo) in arzena (As) so pod mejno vrednostjo.

Status onesnaženosti: Po Uredbi se tla, kjer kovine prekoračijo opozorilno vrednost uvrščajo med onesnažene, kjer je velika verjetnost prehoda nevarnih snovi v pridelke in s tem v prehransko verigo človeka.

Priporočilo: Glede na visoke vrednosti Cd, Pb in Zn v tleh svetujemo uporabo visokih gred z neonesnaženo zemljo, komposta iz rastlin ne pripravljamo saj lahko prihaja do ponovnega vnosa kovin v tla in s tem akumulacije – dodatnega povečanja vsebnosti kovin. Dosledno in natančno peremo zelenjavo in umivamo roke, tla za igro otrok niso primerna (možnost zaužitja tal) dokler niso porasla s travo.

4.1.8 Vsebnost težkih kovin v vrtu 08

Vrt se nahaja v okolici Lopate na območju Celja. Gre za kmetijsko zemljišče z namenom veselja do vrtnarjenja. Kot dodatek uporabljajo hlevski gnoj, fitofarmacevtskih sredstev pa ne. Pridelujejo korenje, solato, peteršilj, paradižnik, papriko, ipd. za 6 oseb. Kot možen vpliv onesnaženosti tal je opaziti prometnice. Oddaljenost vrta od območja stare Cinkarne je 5,5 km v smeri severozahodnega roba Celja.

Preglednica 9: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 08

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	0.97
Cu	60	100	300	30.53
Ni	50	70	210	21.70
Pb	85	100	530	134.53
Zn	200	300	720	549.20
Cr	100	150	380	32.70
Hg	0.8	2	10	0.10
Co	20	50	240	12.10
Mo	10	40	200	1.28
As	20	30	55	15.20

Vsebnost svinca (Pb) znaša 134.53 mg/kg s.s. tal oz. 34.53 % nad opozorilno vrednostjo (100 mg/kg s.s. tal), medtem ko je vsebnost cinka (Zn) 549.2 mg/kg s.s. tal s čimer je opozorilna vrednost (300 mg/kg s.s. tal) presežena za 83.07 %. Vsebnosti kadmija (Cd), bakra (Cu), niklja (Ni), kroma (Cr), živega srebra (Hg), kobalta (Co), molibdena (Mo) in arzena (As) so pod mejno vrednostjo.

Status onesnaženosti: Po Uredbi so tla, kjer kovine presežejo opozorilno vrednost onesnažena, s tem pa prihaja do tveganja večjega prehoda kovin v pridelke v prehransko verigo človeka.

Priporočila: Glede na visoke vrednosti Pb in Zn v tleh svetujemo uporabo visokih gred z neonesnaženo zemljo, komposta iz rastlin ne pripravljamo, saj lahko pride do ponovnega vnosa kovin v tla in s tem akumulacije – dodatnega povečanja vsebnosti kovin. Dosledno in natančno peremo zelenjavo in umivamo roke. Tla za igro otrok niso ustrezna (morebitno zaužitje tal), razen če niso porasla s travo.

4.1.9 Vsebnost težkih kovin v vrtu 09

Vrt se nahaja na območju Jamove v Celju. Gre za kmetijsko zemljišče z namenom vrtnarjenja. Za dodatek tlom uporablja kompost. Prideluje paradižnik, solato, fižol, kumarice, čajoto, radič, feferone, ipd.,. Možen vpliv onesnaženosti tal s težkimi kovinami predstavlja industrija. Oddaljenost vrta od območja stare Cinkarne je 2 km.

Preglednica 10: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 09

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	2.97
Cu	60	100	300	44.44
Ni	50	70	210	24.10
Pb	85	100	530	200.94
Zn	200	300	720	813.20
Cr	100	150	380	38.20
Hg	0.8	2	10	0.18
Co	20	50	240	11.70
Mo	10	40	200	1.54
As	20	30	55	18.80

Vsebnost kadmija (Cd) znaša 2.97 mg/kg s.s. tal oz. 48.50 % nad opozorilno vrednostjo (2 mg/kg s.s. tal), svinca (Pb) je 200.44 mg/kg s.s. tal kar je 100.44 % nad opozorilno vrednostjo (100 mg/kg s.s. tal) in cink (Zn) znaša 813.2 mg/kg s.s. tal s čimer je kritična vrednost (720 mg/kg s.s. tal) prekoračena za 12.94 %. Vsebnosti bakra (Cu), niklja (Ni), kroma (Cr), živega srebra (Hg), kobalta (Co), molibdena (Mo) in arzena (As) so pod mejnimi vrednostmi.

Status onesnaženosti: Kadar kovine prekoračijo kritično vrednost se tla po uredbi uvrščajo med močno onesnažena. V primeru prekoračitve kritične vrednosti obstaja velika verjetnost prehoda kovin v pridelke in s tem v prehransko verigo človeka.

Priporočilo: Glede na visoke vsebnosti Cd in Pb ter zelo visoke vrednosti Zn v tleh svetujemo da se tla zatravijo (s sajenjem trave in njenim vzdrževanjem), da se izognemo nevarnosti vnosa kovin v prehransko verigo. V primeru nadaljevanja vrtnarjenja lahko upravljavec uporabi visoke grede (na zatravljenih površinah) z neonesnaženo zemljo.

4.1.10 Vsebnost težkih kovin v vrtu 10

Vrt se nahaja na območju Šmarjete pri Celju. Gre za kmetijsko zemljišče z namenom vrtnarjenja. Kot dodatek v obdelovanju uporabljajo kompost in hlevski gnoj, od fitofarmaceutskih sredstev pa herbicide in fungicide. Na vrtu pridelujejo solato, paradižnik, por, buče, fižol, zelje, korenje, peteršilj, papriko, ipd. za 6-8 oseb. Oddaljenost vrta od območja stare Cinkarne je 4 km v smeri severnega roba Celja.

Preglednica 11: Rezultati analize tal s težkimi kovinami na izbranem vrtu 10

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	1	2	12	1.30
Cu	60	100	300	34.31
Ni	50	70	210	30.50
Pb	85	100	530	76.34
Zn	200	300	720	343.40
Cr	100	150	380	36.10
Hg	0.8	2	10	0.072
Co	20	50	240	10.60
Mo	10	40	200	1.32
As	20	30	55	10.30

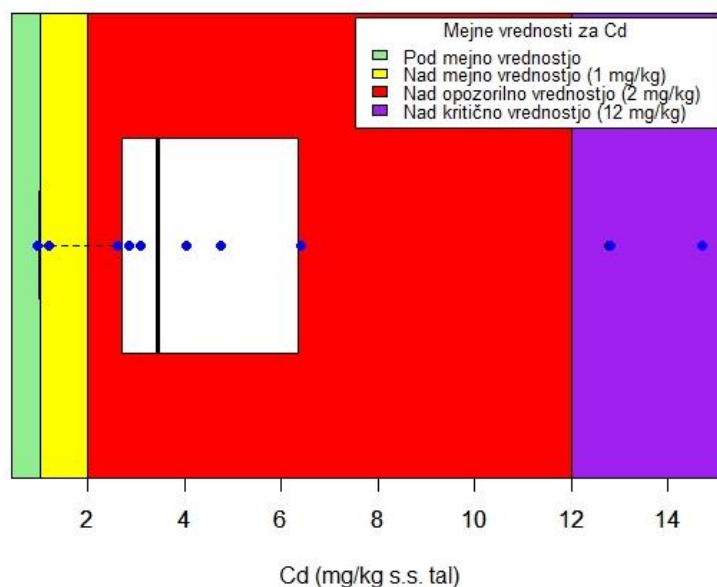
Vsebnost cinka (Zn) znaša 343.4 mg/kg s.s. tal kar je 14.47 % nad opozorilno vrednostjo (300 mg/kg s.s. tal). Vsebnosti kadmija (Cd), bakra (Cu), niklja (Ni), svinca (Pb), kroma (Cr), živega srebra (Hg), kobalta (Co), molibdena (Mo) in arzena (As) so pod mejno vrednostjo.

Status onesnaženosti: Po zakonodaji, so tla onesnažena ko kovina presega opozorilno vrednost ob enem pa je velika možnost prehoda nevarnih snovi v pridelke in s tem v prehransko verigo človeka.

Priporočilo: Glede na visoke vrednosti Zn v tleh svetujemo uporabo visokih gred z neonesnaženo zemljo. Komposta iz rastlin ne pripravljamo zaradi morebitnega ponovnega vnosa kovin v tla in s tem akumulacije – dodatnega povečanja vsebnosti kovin. Dosledno in natančno peremo zelenjavo in umivamo roke. Igra otrok na vrtu ni priporočljiva (možno zaužitje tal), razen v primeru, ko so tla porasla s travo.

VSEBNOST POSAMEZNIH TEŽKIH KOVIN NA IZBRANIH VRTOVIH

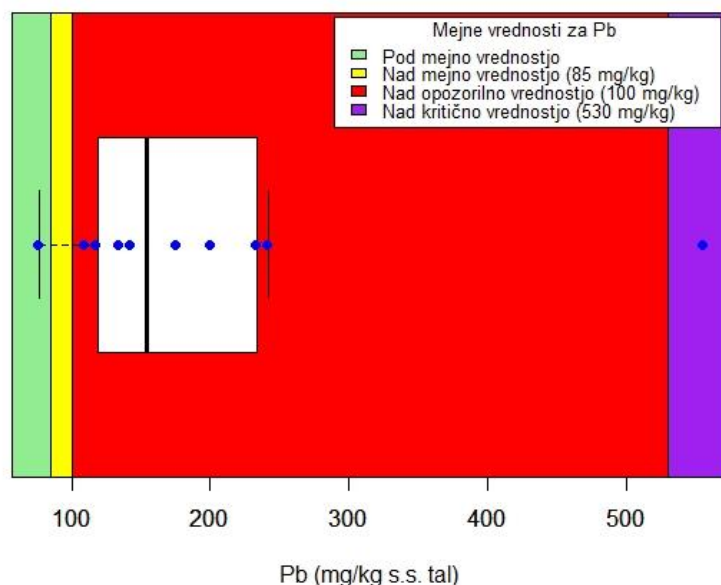
Že na začetku smo omenili, da Celje povezujemo z okoljskimi težavami kar potrjujejo tudi raziskave (Lobnik in sod., 1989; Lobnik in sod.; 1994, Vrščaj in sod., 2000, Šajn, 2001) opravljene tudi v povezavi s tlemi.



Slika 12: Vsebnosti Cd na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Cd

KOMENTAR: Z rezultati vsebnosti Cd v tleh, lahko ugotovimo, da srednja vrednost nahaja v območju opozorilne vrednosti, večina (6/10) rezultatov presega mejno vrednost (rdeča obarvanost), 2 rezultata presegata pa presegata kritično vrednost (vijolična obarvanost). Leva in desna stran grafa ponazarjata variacijski razmik, ki na levi strani sega do minimalne vrednosti (0.97 mg/kg s.s.) in desni do maksimalne vrednosti (14.70 mg/kg s.s.).

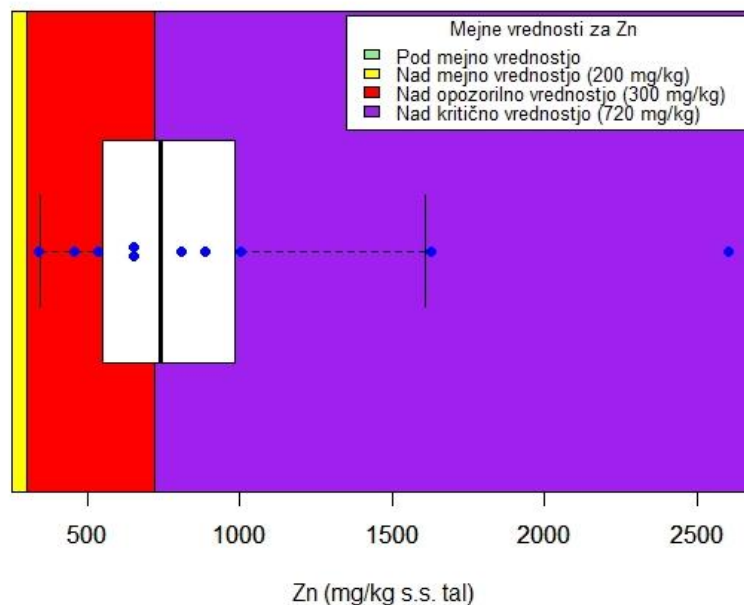
Analiza je pokazala, da so tla izbranih vrtov v veliki večini onesnažena s kadmijem, na dveh vrtovih (4 in 6) pa kritično onesnažena s kadmijem.



Slika 13: Vsebnosti Pb na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Pb

KOMENTAR: Rezultati vsebnosti Pb v tleh kažejo, da srednja vrednost pade v območje opozorilne vrednosti, v večini (8/10) vrtovi presegajo mejno vrednost (rdeča obarvanost), kritično vrednost (vijolična) je presegel le en vrt (vrt 6). Minimalna vrednost znaša 76.34 mg/kg s.s, maksimalna vrednost je 554.50 mg/kg s.s.

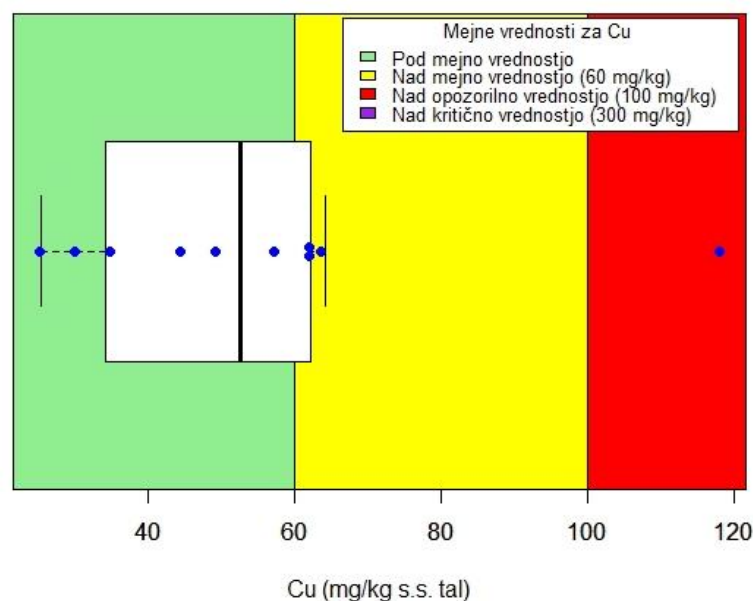
Analiza je pokazala, da so tla vseh izbranih vrtov z izjemo vrta 10 onesnažena s svincem. Tla enega vrta (6) pa so kritično onesnažena z svincem.



Slika 14: Vsebnosti Zn na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Zn

KOMENTAR: Rezultati analize vsebnosti za Zn se pokazale, da se srednja vrednost nahaja v območju kritične vrednosti, vsi vrtovi so tudi presegli mejno vrednost. Polovica (5) se nahaja na območju opozorilne vrednosti (rdeča), druga polovica pa na območju kritične vrednosti (vijolična). Minimalna vrednost znaša 343.4 mg/kg s.s., maksimalna vrednost je bila ugotovljena na vrtu 6 (2600.60 mg/kg s.s.).

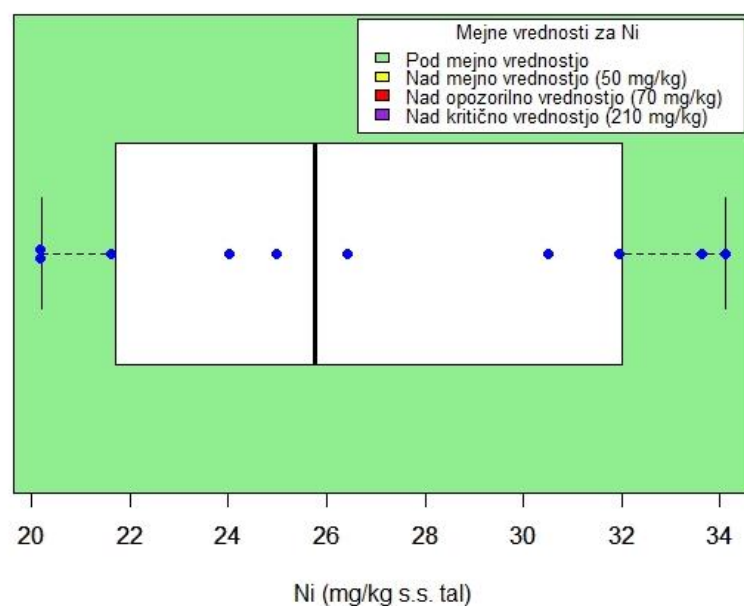
Analiza tal kaže na močno onesnaženost vrtov s cinkom, saj je kritično vrednost prekoračilo pet vrtov (3, 4, 5, 6 in 9).



Slika 15: Vsebnosti Cu na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Cu

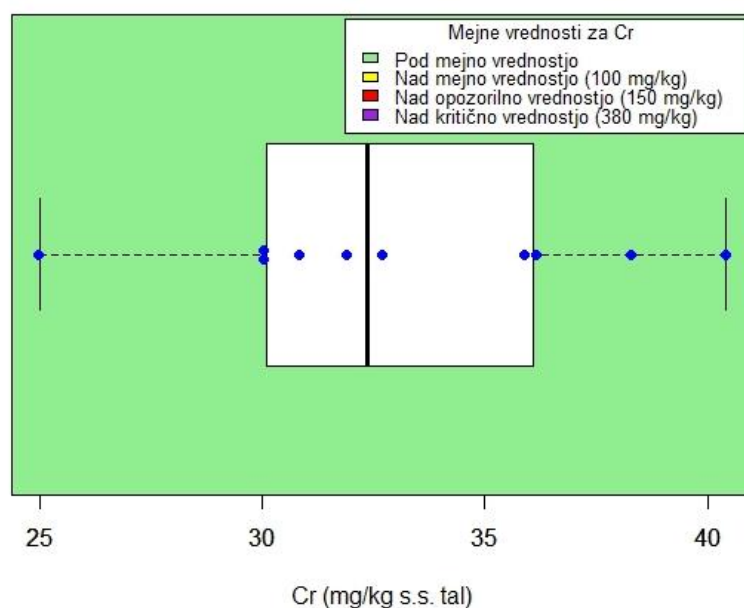
KOMENTAR: Rezultati analize za Cu kažejo, da se srednja vrednost nahaja v območju pod mejnimi vrednostmi, je pa zanimivo, da je na vrtu 6 vsebnost bakra v območju opozorilne vrednosti (rdeča obarvanost), za kar bi lahko bilo vzrok točkovno onesnaževanje (uporaba Cu kot surovine, odpadne vode). Minimalna vrednost je znašala 25.40 mg/kg s.s., maksimalna pa je bila 117.98 mg/kg s.s.

Analiza je pokazala, da je območje Celja z bakrom neonesnaženo, vendar je v enem vrtu (6) baker v območju opozorilne vrednosti.



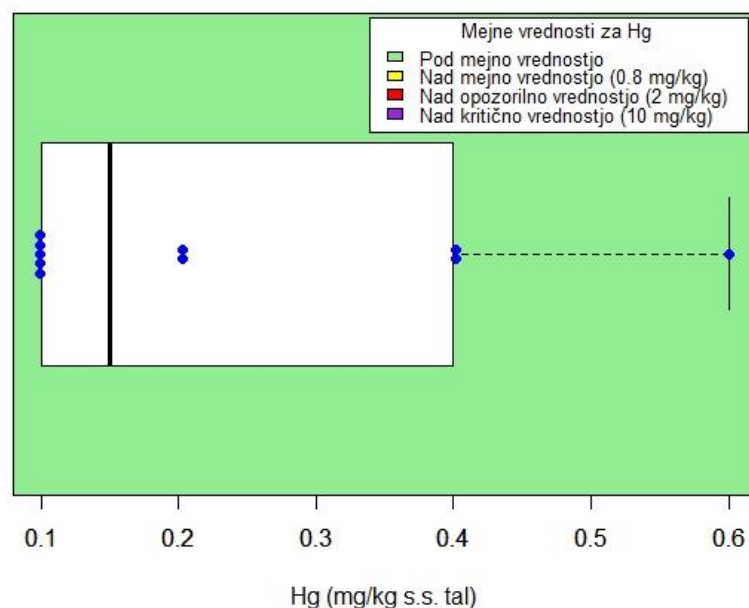
Slika 16: Vsebnosti Ni na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Ni

KOMENTAR: Izmerjene vrednosti Ni v vseh vrtovih so pod mejnimi vrednostmi, zato so tla neonesnažena z nikljem.



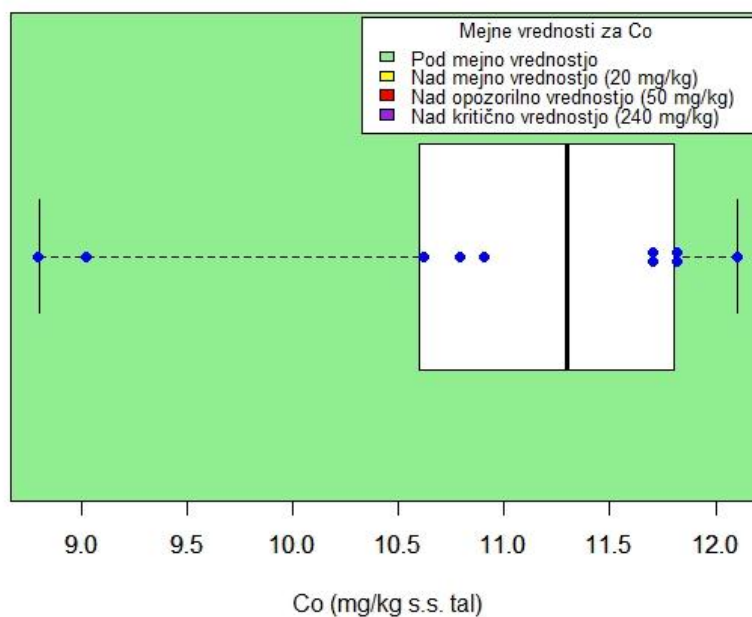
Slika 17: Vsebnosti Cr na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Cr

KOMENTAR: Izmerjene vrednosti Cr v vseh vrtovih so pod mejnimi vrednostmi, kar pomeni, da Celje nima težav z onesnaženostjo tal s kromom.



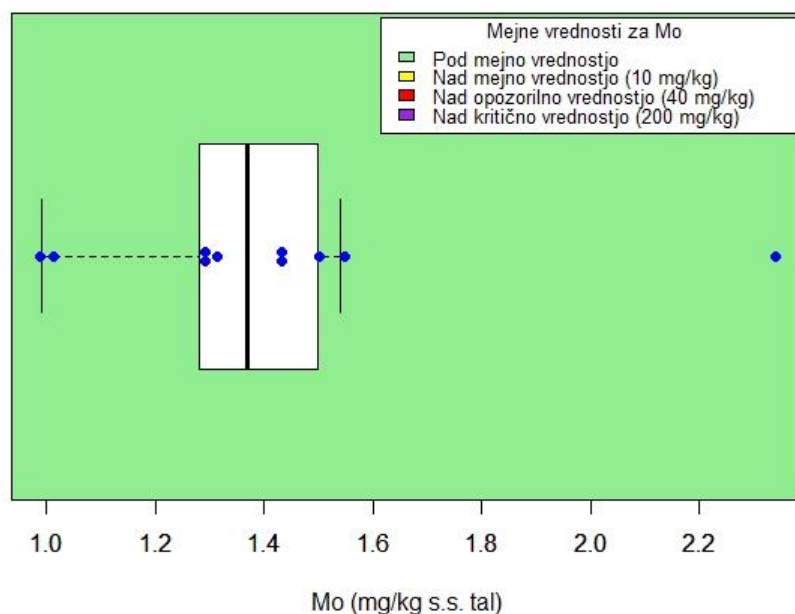
Slika 18: Vsebnosti Hg na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Hg

KOMENTAR: Izmerjene vrednosti Hg v vseh vrtovih so pod mejnimi vrednostmi, zato lahko tla označimo kot neonesnažena z živim srebrom.



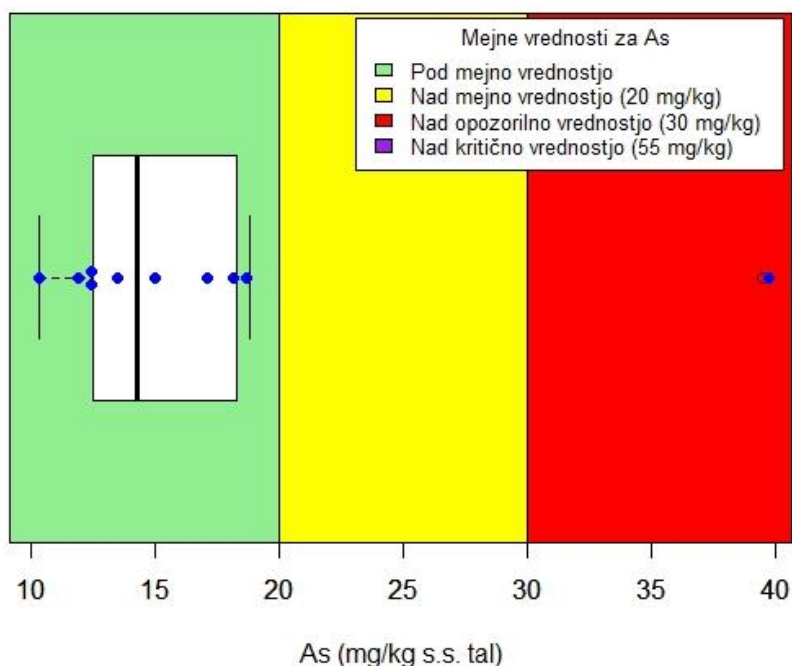
Slika 19: Vsebnosti Co na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Co

KOMENTAR: Izmerjene vrednosti Co v vseh vrtovih so pod mejnimi vrednostmi, to pa pomeni, da so tla neonesnažena s kromom.



Slika 20: Vsebnosti Mo na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za Mo

KOMENTAR: Izmerjene vrednosti Mo v vseh vrtovih so pod mejnimi vrednostmi, zato so tla neonesnažena z molibdenom.



Slika 21: Vsebnosti As na vseh obravnavanih vrtovih in mejne vrednosti za As

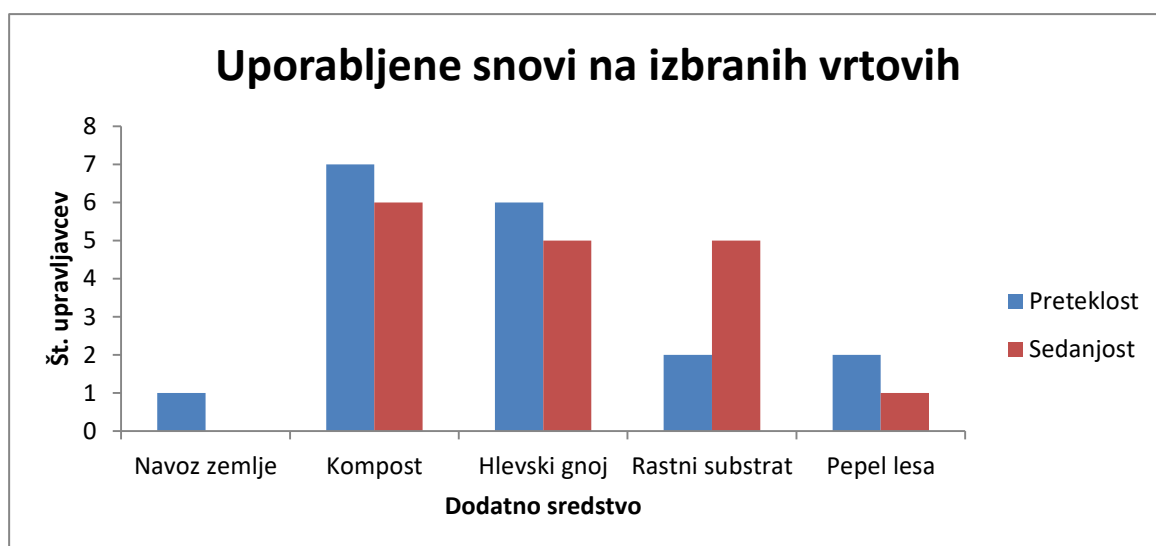
KOMENTAR: Rezultati analize za As kažejo, da se srednja vrednost nahaja pod mejno vrednostjo. Tako kot v primeru Cu prihaja do odstopanja, saj je bila opozorilna vrednost ponovno zaznana na vrtu 6 (39.5 mg/kg s.s.), kar bi lahko bila posledica točkovnega onesnaževanja. Z izjemo vsebnosti As v območju opozorilne vrednosti na vrtu 6, so tla na območju neonesnažena z azbestom.

4.2 Analiza ankete

Lastnikom smo zastavili kratko anketo, ki se nanaša na njihovo upravljanje vrta in splošnemu mnenju problema onesnaženosti vrtnih tal. Rezultati ankete so podani za vsako vprašanje posebej.

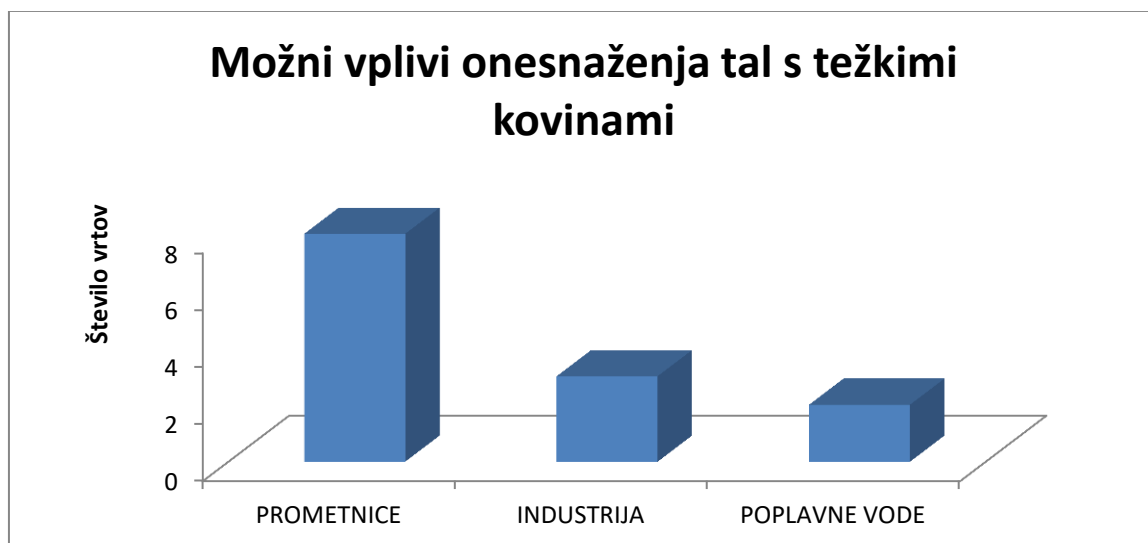
Vrtičkarji so v preteklosti v veliki večini uporabljali kompost (7) in hlevski gnoj (6). Na dveh vrtovih sta bila prisotna lesni pepel in rastni substrat, pri enem je prišlo do navoza zemlje iz bližnjega gozda.

Trenutno na vrtovih prevladuje kompost (6), hlevski gnoj in rastni substrati iz trgovine so prisotni na petih vrtovih. Večina vrtičkarjev zaupa v enake dodatke od samega začetka. Določeni vrtičkarji dobijo kompost/hlevski gnoj od bližnjega soseda, kar pomeni, da verjetno živali, ki so vir gnoja hranijo s pridelki, ki so pridelani v neposredni bližini, torej so verjetno tudi onesnaženi s težkimi kovinami.



Slika 22: Uporabljene snovi za izboljšavo rodovitnosti tal vrtov

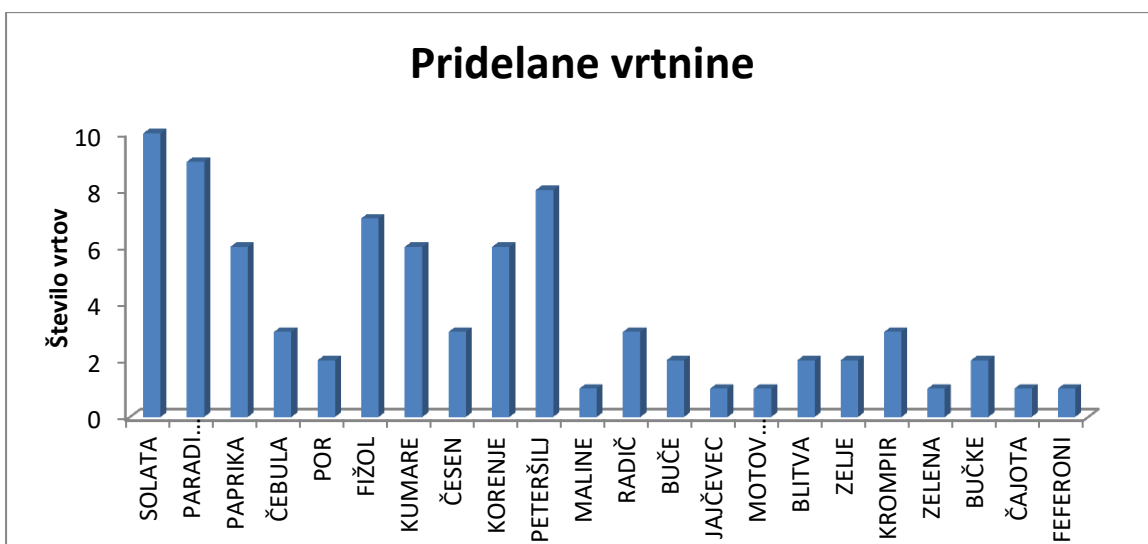
V bližini prometnic se nahaja osem vrtov, od tega je v bližini štirih prisotno območje industrije. Med poplavno ogrožena območja pa sodita dva vrta.



Slika 23: Možni viri onesnaženja

Vir: Vprašalnik (Priloga)

Domača pridelana zelenjava je dobra alternativa kupljeni. Vse več ljudi se odloča za doma vzgojeno zelenjavo predvsem zaradi prepričanja, da je ta veliko bolj varnejša kot tista v trgovini. Solata, radič, motovilec in blitva sodijo med listnate dele rastlin, ki imajo velik sprejem TK. Med korenovke uvrščamo korenje, peteršilj in zeleno, ki imajo prav tako velik sprejem TK. Zmeren sprejem imajo zelje, krompir, čebula, česen, por in maline. Vrtnine, kot so fižol, paradižnik, paprika, jajčevci, kumare, feferoni, bučke, buče in čajota pa imajo nizek sprejem.



Slika 24: Pridelane vrtnine na obravnavanih vrtovih

Namen uporabe fitofarmacevtskih sredstev je varstvo rastlin. Prevelika uporaba lahko povzroča težave v okolje in posledično zdravju ljudi. Velika večina upravljalcev ne

uporablja FFS. Herbicidi in fungicidi so uporabljeni na dveh vrtovih. Nobena skrivnost ni, ko govorimo o Celju kot mestu z veliko onesnaženostjo. Tega se zavedajo tudi upravljavci vrtov. Dva upravljavca sta tla svojega vrta ocenila z veliko zaskrbljenostjo, saj se nahajata v bližini industrije, ki že veliko let predstavlja težavo na območju Celja. Oceno 9 in 6 je izbral en upravljavec, z 8 so ocenili tla trije upravljavci, enako velja tudi za oceno 7, ki so jo izbrali trije upravljavci.

Ob vprašanju zakaj kljub sumu onesnaženosti vrt uporabljajo si je vsak upravljavec vzel nekaj časa za razmislek. Večini obdelovanje vrtov predstavlja rekreacijo, hobi in pridelava za preživetje. Kot odgovor so navedli tudi to, da nimajo drugih obdelovalnih površin ter da je zelenjava brez FFS, kar je boljše kot kupiti zelenjavo iz tujine.

Natančne številke o količini vzorčenih pridelkov upravljavci ne vedo. Večina vrtnin ostane v družinah, v določenih primerih pa jih dajejo tudi prijateljem. Za vzorčenje smo uporabili solato, korenje in paradižnik.

4.3 Ukrepi za manj tvegano vrtnarjenje na območjih z onesnaženimi tlemi

Ukrepi, ki lahko pripomorejo k manj tveganemu vrtnarjenju in varovanju zdravja ljudi na območjih z onesnaženimi tlemi so naslednji:

Zamenjava tal

V primeru manjših površin odstranimo onesnažena tla in jo nadomestimo z neonesnaženo zemljo. Ta vrsta tehnologije je poceni, a celoten postopek in izvedba sta draga. Pomembno pa se je tudi prepričati, da je nova zemlja neonesnažena. Idealna (in dražje) bi bilo, če zemlje ne bi mešali ampak staro odstranili in pripeljali novo neonesnaženo (ta postopek se uporablja na primeru sanacije onesnaženih tal celjskih vrtcev).

Uporaba visokih gred

Kakovostno in neonesnaženo zelenjavo se lahko na onesnaženem urbanem območju varno prideluje v dvignjenih gredah v katerih pa morajo biti neonesnažena tla. Gredo obdaja lesen okvir, napolnjen z zemljo. Prednosti so izboljšana drenaža tal, s tem se zemlja hitro posuši in hitreje segreje (spomladi), omogoča vrtnarjenje na območjih z malo ali več zemlje ter na neprimernih oziroma onesnaženih tleh, lepo se prilagajajo na majhnem prostoru kjer je vrtnar omejen s površino in zaradi višine predstavlja lažjo dostopnost predvsem ljudem, ki imajo težave pri prepogibanju. Pomembno je tudi opozoriti, da se v dvignjenih gredah tla hitreje sušijo kot domača tla, zato je v poletnih časih potrebno veliko zalivanja.



Slika 25: Primer dvignjenih korit na onesnaženih tleh

Vir: <https://www.klubgaia.com/si/vrtnarski-nasveti/4351-Dvignjena-greda-idealen-dom-za-vrtnine>

Pravilna izbira materiala za gradnjo dvignjenih gred

Gradbeni materiali, ki jih pogosto uporabljajo pri dvignjenih gredah so neobdelan les, beton in plošče iz reciklirane plastike. Les je poceni in enostaven za uporabo. Obdelan les (obrušen) je sicer dražji od neobdelanega, vendar ima daljši rok trajanja. Pomembno je omeniti impregnacijo (zaščito) lesa z biocidi. Biocidi so kemijska snov, namenjeni, da kemično ali biološko zatirajo delovanje škodljivega organizma. Pojavljajo se tudi v

sredstvih za zaščito lesa. V Sloveniji področje zaščitnih pripravkov nadzoruje Urad RS za kemikalije. Les, namenjen zunanji uporabi (visoke grede) mora biti zaščiten tako, da se učinkovine vežejo v les in da se v primeru padavin te učinkovine ne izpirajo. Za izgradnjo visokih gred se priporoča les, odporen proti gnitju ali nakup lesenih plošč obdelanih pod pritiskom. V preteklosti je bila uporaba obdelanega lesa sporna, saj je ta vseboval težke kovine kot so As, Cu in Cr, ki so se akumulirale v vrtna tla. Od leta 2003 ta les ne vsebuje As, jih pa večina vsebuje Cu. Tveganje kontaminacije hrane z uporabo obdelanega lesa je zelo majhno (v primeru skrbi se lahko vrtnar odloči za drug material ali pa se les v notranji strani prekrije s plastično gumbasto folijo). Beton je dolgotrajen vendar veliko dražji in težji za oblikovanje. Plošče iz recikliranih materialov so bile prvotno namenjene za talne obloge. So drage, a enostavne za delo.

Ohranjanje ustrezne kislosti tal in vsebnosti hranil

Dopolnila se uporabljajo tudi za vezavo onesnaževalcev, s tem postanejo manj mobilni oziroma biorazpoložljivi. Izboljšujejo kakovost tal na splošno in so dober dodatek vsaki zemlji.

Pranje in vzdrževanje čistoče

Pred prihodom v hišo je pomembno vrtno orodje in pridelke očistiti. Priporočljivo je imeti obušalo, ki je namenjeno samo za območje vrtov.

Umivanje rok

Redno umivanje rok po delu na vrtu pri odraslih in prav tako otrok, ki se na njem igrajo. Pri vrtnih opravilih je priporočljivo uporabljati rokavice.

Temeljito pranje pridelkov

Pridelke temeljito operemo, predvsem koreninski in listnati del na katerem je več zemlje kot pri plodovih.

Prilagojena raba onesnaženih tal

Kot možna rešitev za zmanjševanje nevarnosti vnosa nevarnih snovi v človeka je sprememba rabe tal v manj tvegano. Zlasti na vrtovih, kjer so ugotovljene vsebnosti TK nad mejno, opozorilno in kritično vrednostjo bi bilo smiselno razmisliti o alternativni rabi, npr. okrasni vrt.

Ustrezna izbira rastlinskih vrst

Prehod TK v prehransko verigo se lahko zmanjša s pravilno izbiro rastlin. Najmanj TK se nahaja v semenih in plodovih, malo več v zelenih delih in največ v koreninah.

Kompostiranje na onesnaženih tleh

Kompostiranje je naravni proces kontrolirane, biooksidativne razgradnje organskih snovi pri čemer nastane humusu podobno organsko gnojilo. Za uspešno kompostiranje so pomembni naslednji pogoji: primerna vlaga, hranilno razmerje, oblika kompostnih kupov in toplota. Materiali, ki sodijo na kompost so kuhinjski odpadki (kava, čaj, lupine jajc, ostanki zelenjave in sadje, ipd.) in vrtni odpadki (plevel, pokošena trava, lubje, zelenjava in sadje, ipd.). Snovi, kot so maščobe, olja, barve, kemikalije, pesticidi, plastika, steklo, kovine, ostanki tekstila, keramika, zdravila, žagovina obdelanega lesa, cigaretni ogorki, obolele rastline, plevel s koreninami pa v kompost ne sodijo.

Uporaba rastlinjakov

V primeru onesnaženega zraka lahko rešitev predstavljajo rastlinjaki. Lahko so narejeni iz plastike (plastenjaki) ki so cenovno ugodni ali pa iz stekla (steklenjaki) ki ohranjajo toplo temperaturo tudi pozimi. Večina steklenjakov in plastenjakov ima vgrajen sistem za zračenje. Pri večjih se lahko zrači bočno ali skozi okna, pri manjših pa preko strešnih odprtín. Prednost rastlinjakov je tudi v tem, da se s primerno temperaturo, zračenjem, vlaženjem, senčenjem in zalivanjem lahko rastline pridelujejo celo leto.

5 SKLEPI

Celje je mesto, ki se ubada z okoljsko problematiko kar kažejo tudi študije, opravljene v segmentih okolja (zrak, vode, tla, odpadki), v javnosti pa velja v Sloveniji za najbolj onesnaženo mesto, verjetno bi ga lahko uvrstili tudi med bolj onesnažena mesta v Evropi. Glede na znano situacijo, smo pričakovali povečane vsebnosti težkih kovin (TK) na obravnavanih vrtovih, vendar nas je presenetila višina visokih koncentracij posameznih kovin. Izbrali smo 10 vrtov, ki se nahajajo na območju Celja, razporejenih v različnih smereh in različno oddaljenostjo, katerih vzorce tal smo poslali na analizo vsebnost TK. Na splošno so ljudje izpostavljeni onesnaževalom, ki so prisotni v tleh zaradi zaužitja (oralno) in uživanja rastlin ali živali, ki so kopičile velike količine onesnaževal, z izpostavljenostjo kože pri uporabi vrtov in parkov ter sproščanjem iz tal v zrak in posledično vdihavanjem. Kot možni vnos lahko omenimo še spiranje v pitno vodo, vendar v Celju pijemo vodo iz Vitanja in Medloga, tako da vpliva na Celjskem primeru naj ne bi bilo.

Talne vzorce 10 vrtov smo poslali v ACME labs na Poljsko na analizo vsebnosti TK kjer so izmerili mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti glede na izmerjene vsebnosti. Rezultati analize izbranih vrtov na območju Celja so pokazali, da so tla prekomerno onesnažena predvsem z višjimi vsebnostmi cinka ki so same po sebi razumljive, vzrok katerih je tehnologija postopka pridobivanja cinkove rude v preteklosti, ki je imela slab izkoristek in veliko izgubo (ostanki kovin v metalurških odpadkih, uhajanje materiala skozi dimnik-atmosferski prah). Najvišje izmerjene vrednosti Zn so na vrtu 06 (2600.6 mg/kg s.s. tal) in vrtu 04 (1609.0 mg/kg s.s.tal). Predvidevamo, da so povišane vsebnosti Pb posledica prometa, predvsem v obdobju uporabe osvinčenega bencina. Uporaba neosvinčenega bencine ne pomeni, da se je količina Pb v tleh zmanjšala, ampak le emisij v okolje z uvedbo bencina brez svinca ni več. Najvišja vrednost je bila zopet ugotovljena na vrtu 06 (544.50 mg/kg s.s. tal), medtem ko je na vrtu 10 vsebnost pod mejnimi vrednostmi. Vrtovom, ki so prekoračili kritično vrednost je pridelava na njih močno odsvetovana (zlasti na vrtu 06, kjer je visoka vrednost pri več kovinah).

5.1 Potrditev hipotez

5.1.1 Hipoteza 1

Hipotezo, kjer pričakujemo, da so vsi izbrani vrtovi glede na zakonodajo onesnaženi, predvsem zaradi visokih vsebnosti posameznih težkih kovin (Cd, Zn in Pb) kar vodi do možnosti prenosa kovin v rastline in naprej v prehransko verigo, kar lahko potrdimo, saj so rezultati pokazali preseganje mejne, opozorilne in kritične vrednosti za Cd, Zn in Pb, dvakrat je mejno vrednost in enkrat opozorilno vrednost presegel Cu, enkrat je opozorilno vrednost presegel As. (Preglednica 12).

Preglednica 12: Rezultati analize izbranih vrtov

	Enota	Vrt 1	Vrt 2	Vrt 3	Vrt 4	Vrt 5	Vrt 6	Vrt 7	Vrt 8	Vrt 9	Vrt 10
Cd	(mg/k g s.s)	2.70	2.74	4.70	14.70	3.92	12.78	6.35	0.97	2.97	1.30
Cu	(mg/k g s.s)	25.40	64.32	48.50	61.60	56.64	117.98	62.26	30.53	44.44	34.31
Ni	(mg/k g s.s)	20.30	25.00	26.50	20.20	33.60	34.10	32.00	21.70	24.10	30.50
Pb	(mg/k g s.s)	106.4	119,1 3	233.1 0	242.30	170,7 8	554,50	137,8 4	134,5 3	200,9	76,34
Zn	(mg/k g s.s)	465.0 0	658,3 0	887.0 0	1609.0 0	984,8 0	2600,6 0	662,6 0	549,2 0	813,2 0	343,4 0
Cr	(mg/k g s.s)	36.00	40,40	30.00	25.00	30,80	32,00	30,10	32,70	38,20	36,10
Hg	(mg/k g s.s)	0.09	0.09	0.11	0.18	0,11	0,40	0,62	0,10	0,18	0,07
Co	(mg/k g s.s)	8.80	10,90	9.00	11.70	11,80	11,80	10,80	12,10	11,70	10,60
M o	(mg/k g s.s)	1.00	1,42	1.30	1.50	1,43	2,34	0,99	1,28	1,54	1,32
As	(mg/k g s.s)	12.50	12,60	13.3	18.30	16,90	39,50	12,00	15,20	18,80	10,30

Povečane vsebnosti Pb so lahko rezultat uporabe osvinčenega bencina pred zakonodajo, ta sedaj zahteva uporabo neosvinčenega bencina. Večje količine Cd se lahko nahajajo v mineralnih gnojilih, prometu in žlindri. Zn pa skupaj s Cu dodajajo krmi, lahko pa je Zn prisoten v deževnici, ki jo uporabniki uporabljajo za zalivanje vrtov. Tudi raziskave, omenjene v končnem poročilu (Ribarič-Lasnik in sod., 2012) so pokazale onesnaženost s Cd, Pb in Zn na večjem območju Celja. Vsebnosti Cd, ki so nad opozorilno vrednostjo zavzemajo 4091 ha zemljišč, od tega je 332,5 ha vrtov, s Zn je onesnaženih preko 6000 ha zemljišč v Celju, od tega 560 ha vrtov. Kljub visokim vrednostim cinka v tleh je pomembno omeniti, da je ta veliko manj toksičen kot Cd in Pb. Prav tako je 4750 ha celjskega območja onesnaženega s Pb, od tega 407 ha vrtov.

Kot glavni vir onesnaženosti Celja izpostavljamo industrijo. Če je na eni strani mesto rastlo kot gospodarska panoga je na drugi strani postajalo vedno bolj onesnaženo. V okolje (zrak, voda in tla) so se sproščala onesnaževala kot so: Cr, Fe, Co, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, As, Ti, Mg, Ca...Preteči mora kar nekaj časa, da se koncentracije kovin v tleh razpolovijo: Zn 70-510 let, Cd 13-1100 let, Cu 310-1500 let in Pb 740 -5900 let (Kabata-Pendia in Pendias, 2001). V primeru, ko so tla onesnažena (vsebnost ene ali več kovin v tleh je visoka, s tem pa obstaja verjetnost prehajanja kovin iz tal v vrtnine) (Ur.l.RS, št. 68/96) se priporoča uporaba varnejših rastlin, tistih, ki imajo zelo nizko akumulacijo kovin (paprika, kumare, fižol, cvetača, koleraba, ipd...), ko pa imamo močno onesnažena tla (vrt 6) pa je pridelava vrtnin odsvetovana.

5.1.2 Hipoteza 2

Drugo hipotezo, kjer smo predpostavljali, da so ostale kovine na obravnavanih vrtovih pod mejnimi vrednostmi, lahko ovržemo, saj je baker na treh vrtovih prekoračil mejno vrednost, na enem vrtu pa sta opozorilno vrednost prekoračila baker in arzen.

Praviloma je z oddaljenostjo onesnaženost s TK manjša, vendar so vrednosti še naprej visoke (točkovno onesnaževanje). Predvidevam, da koncentracije kovin z oddaljenostjo od Cinkarne padajo, poleg tega bi pričakovala, da malo počasneje padajo v prevladujočih smereh vetra (od Cinkarne proti Proseniškememu – vrt 5) in od Cinkarne proti

centru mesta. Najbolj onesnažena sta najbližja (vrt 4 in 6), nato pričakovano vrt 5 (veter), sledita vrta 3 (veter) in 9 (sekundarno onesnaženje- relativno blizu vrtca na Hudinji, kjer se je nasipavalo odpadke iz Cinkarne). Približno enako oddaljen, a že manj onesnažen je vrt 7 (verjetno zaradi manjšega vetra iz smeri Cinkarne). Vrt 2 je že bistveno bolj oddaljen, a v smeri vetra. Vrta 1 in 8 sta relativno neonesnažena (glede na ostale vrte), bi pa pri njiju razmišljala tudi o vplivu avtoceste (svinec). Medtem ko vrt 10, ki je najbolj oddaljen in v smeri kamor ne piha veter od Cinkarne, in je hkrati tudi precej oddaljen od drugih virov pričakovano ni onesnažen z drugim kot cinkom.

Zaradi povišanih vsebnosti določenih TK je na vrtovih stanje zaskrbljujoče, saj so vrta primarno namenjeni pridelavi vrtnin za prehrano lastnikov. Kot je že znano, lahko višje vsebnosti TK škodujejo zdravju ljudi. Vendar samo na podlagi rezultatov izbranih vrta ne moremo trditi, da je stanje enako na celotnem območju Celja, kajti sosednji vrt je lahko tudi neonesnažen ali pa so vrednosti težkih kovin manjše (v času praženja cinkove rude se je lahko iz Cinkarne dalo zastoj dobiti odpadni material iz peči, ki ga je lokalno prebivalstvo lahko uporabilo za urejanje neravnin). Vsem upravljavcem vrta v Celju, ki jih zanima morebitna onesnaženost oz. primernost vrta za pridelavo hrane, lahko priporočamo, da opravijo analize tal in v primeru, da so tla onesnažena tudi vrtnin oziroma v primeru onesnaženosti tal vsaj razmisliti o vrsti vrtnin, ki se pridelujejo na vrtu. Analize tal so lahko relativno poceni, vendar je pomembno, da je vzorec strokovno odvzet kajti v nasprotnem primeru lahko pride do nepravilnih rezultatov analize. Osebnost analitike vsem vrtnarjem v Celju nebi priporočila, bolj bi jim predlagala, da prilagodijo rabo tal (npr. okrasni vrta), uporabo visokih gred ali pa se odločijo za bolj ustrezno izbiro rastlinskih vrst (če ne želijo uporabljati visokih gred).

5.1.3 Možni ukrepi za manj tvegano vrtnarjenje na območjih z onesnaženimi tlemi

V primeru onesnaženosti vrta so tri glavne rešitve oz. ukrepi naslednji: prilagojena raba na onesnaženih tleh (prenos kovin v prehransko verigo je ključna vez, največ onesnaževal se nahaja v koreninah ali listih zato se na onesnaženem vrtu odsvetuje pridelava rastlin z veliko akumulacijo kovin), uporaba visokih gred (gojenje zelenjave v gredi z neonesnaženimi tlemi, možna je uporaba tudi na močno onesnaženih tleh) in zamenjava tal. Ostali priporočeni ukrepi so: ohranjanje pH in hranil, kompostiranje neonesnaženih vrtnin in trave. Pomembno je izpostaviti tudi splošne oziroma samoumevne ukrepe kot so predvsem: umivanje rok, pranje zelenjave, pomembna je tudi skrb za otroke (možen vnos onesnaževal iz tal vrta pri igri, igrače in druge predmete je pomembno očistiti).

5.1.4 Raziskovalno delo na območju Celja

Za raziskovalno delo na območju Celja bi bilo zanimivo narediti še več analiz vrta, razporejenih širom Celja in bližnje okolice, v manjšem obsegu analiz, saj smo s pomočjo analize ugotovili, da določene kovine niso problem, bi se pa osredotočili na Zn, Pb, Cd in mogoče še Cu. Z večjim številom vzorcev bi lahko ugotovili ali je širjenje onesnaževanja konstantno v vseh smereh ali pa morda vpliva še kaj drugega (npr. veter bi povzročil elipsasto širjenje namesto krožnega).

6 SUMMARY

Celje is a city that deals with environmental issues, as shown by studies conducted in the segments of the environment (air, water, soil, waste), and in public it is considered the most polluted city in Slovenia, it could probably be classified as more polluted cities. in Europe. Given the known situation, we expected increased heavy metal contents in the considered gardens, but we were surprised by the height of the high concentrations of individual metals. We selected 10 gardens located in the Celje area, arranged in different directions and at different distances, whose soil samples were sent for analysis of heavy metal content. In general, humans are exposed to contaminants present in the soil due to ingestion (orally) and consumption of plants or animals that have accumulated large amounts of pollutants, through skin exposure when using gardens and parks and release from the soil into the air and consequent inhalation. As a possible intake, we can also mention rinsing in drinking water, but in Celje we drink water from Vitanje and Medlog, so there is no impact on the Celje case.

The results of the analysis of selected gardens in the Celje area showed that the soil is excessively polluted mainly with higher zinc contents which are self-evident, the cause of which is the technology of zinc ore mining in the past, which had poor efficiency and high loss (metal residues in metallurgical waste, material leakage through chimney-atmospheric dust). The highest measured Zn values are in garden 06 (2600.6 mg / kg s.s. soil) and garden 04 (1609.0 mg / kg s.s. tal). We assume that the increased Pb contents are due to traffic, especially during the period of use of leaded gasoline. The use of unleaded petrol does not mean that the amount of Pb in the soil has decreased, but only emissions into the environment with the introduction of lead-free petrol are no more. The highest value was again found in garden 06 (544.50 mg / kg s.s. soil), while in garden 10 the content was below the limit values. Gardens that have exceeded the critical value are strongly discouraged from growing on them (especially in garden 06, where the value is higher for several metals).

The hypothesis where we expect that all selected gardens are polluted according to the legislation, mainly due to the high content of individual heavy metals (Cd, Zn and Pb) which leads to the possibility of metal transfer to plants and further into the food chain can be confirmed (Table 12).

Due to the increased content of certain heavy metals, the situation in the gardens is worrying, as the gardens are primarily intended for the production of vegetables for the owners. As is already known, higher levels of TK can be harmful to human health. However, based only on the results of the selected gardens, we cannot claim that the situation is the same in the entire area of Celje, because the neighboring garden may also be unpolluted or the values of heavy metals may be lower. All garden managers in Celje who are interested in possible pollution or suitability of gardens for food production, we can recommend to perform soil analyzes and in case the soil is also contaminated with vegetables or in case of soil contamination at least consider the type of vegetables grown in the garden. Soil analyzes can be relatively inexpensive, but it is important that the sample is professionally taken because otherwise incorrect analysis results may occur. Personally, I would not recommend analysts to all gardeners in Celje, I would rather suggest that they adjust the use of soil (eg ornamental gardens), the use of tall shafts or decide on a more appropriate choice of plant species (if they do not want to use tall shafts).

In case of garden pollution, there are three main solutions or measures as follows: adapted use on contaminated soils (transfer of metals to the food chain is a key link, most pollutants are in the roots or leaves, so the production of plants with a large accumulation of metals is not recommended in a polluted garden), use of tall shafts (growing vegetables in shafts with unpolluted soil, it can also be used on heavily contaminated soils) and soil replacement. Other recommended measures are: maintaining pH and nutrients, composting uncontaminated vegetables and grass. It is also important to point out general or self-evident measures such as: hand washing, washing vegetables, caring for children is also important (possible input of pollutants from the garden soil during play, toys and other objects are important to clean).

7 VIRI IN LITERATURA

1. Benavides, M.P., Tomaro, M., Gallego, S. (2005). Cadmium Toxicity in Plants. V: *Brazilian Journal of Plant Physiol.* Vol. 17.
2. Bosch, A.C., O'Neill, B., Gunnar, O.S., Kerwath, S.E., Hoffman, L.C. (2015): Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review.
3. Cambardella, C.A. (2005). Carbon Cycle in Soils I Formation and Decomposition. V: *Encyclopedia of soils in the Environment*, str. 170-175.
4. Carroll, K.C., Artiola, J.F., Brusseau, M.L. (2006). Transport of molybdenum in a biosolid-amended alkaline soil. V: *Chemosphere* 65, str. 778-785.
5. Finch, H.J.S, Samuel, A.M., Lane, G.P.F. (2014). Soils and soil management. V: *Lockhart & Wiseman's Crop Husbandry Including Grassland, Edition 9*, str. 37-62.
6. Gupta, N., Kumar Yadav, K., Kumar, V., Kumar, S., Chadd, R.P., Kumar, A. (2019). Trace elements in soil-vegetables interface: Translocation, bioaccumulation, toxicity and amelioration – A review. V: *Science of the Total Environment, Volume 651, Part 2*, str. 2927-2942.
7. Havugimana, E., Bhopale, S.B., Kumar, A., Byiringiro, E., Mugabo, J.P., Kumar, A. (2017). Soil Pollution – Major Sources and Types of Soil Pollutants. V: *Environmental Sci. & Eng. Vol 11: Soil Pollution and Phytoremediation*, str. 54-86.
8. Hoover, D.B., Klein, D.P., Campbell, D.C. (1995). Geophysical methods in exploration and mineral environmental investigation. V: *Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposit models*, str. 19-27.
9. Inkham, R., Kijjanapanich, V., Huttagosol, P., Kijjanapanich, P. (2019). Low-cost alkaline substances for the chemical stabilization of cadmium-contaminated soils. V: *Journal of Environmental Management* 250, str. 1-9.
10. Irem, S., Islam, E., Maathuis, F.J.M., Niazi, N.K., Li, T. (2019). Assessment of potential dietary toxicity and arsenic accumulation in two contrasting rice genotypes: Effect of soil amendments. V: *Chemosphere* 225, str. 104-114.
11. Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (2001) Trace Elements in Soils and Plants. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton.
12. Kalev, D.S., Toor, G.S. (2017). The Composition of Soils and Sediments. V: *Green Chemistry, Edition 1st*, str. 339-357.
13. Kirinčič S. (2013). Onesnaženost vzorcev solate in rdeče pese z območja Celjske kotline s potencialno strupenimi elementi. Ljubljana, Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije: 20 str.
14. Linhares, D., Pimentel, A., Borges, C., Cruz, J.V., Garcia, P., Santos Rodrigues, A. (2019). Cobalt distribution in the soils of Sao Miguel Islands (Azores): From volcanoes to health effects. V: *Science of the Total Environment*, str. 715-721.

15. Medmrežje 1: <http://cwmi.css.cornell.edu/WhatGardenersCanDoEnglish.pdf> (citirano 20.9.2019).
16. Medmrežje 2: <https://www.kamra.si/digitalne-zbirke/item/ledino-je-zaorala-metalurska-dejavnost.html> (citirano 5.4.2020) in <https://www.kamra.si/digitalne-zbirke/item/sledila-je-proizvodnja-zveplove-kisline.htm> (5.4.2020).
17. Medmrežje 3: https://www.kis.si/Raziskave_in_projekti/MOCvrt (17.5.2020).
18. Medmrežje4: <https://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/tla.pdf> (citirano 28.6.2020).
19. Napoli, M., Cecchi, S., Grass, C., Baldi, A., Zanch, C.A., Orlandini, S. (2018). Phytoextraction of copper from a contaminated soil using arable and vegetable crops. V: *Chemosphere* 219, str. 122-129.
20. Prus, T., Kralj, T., Vrščaj, B., Zupan, M., Grčman, H. (2015). Slovenska klasifikacija tal. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta; Kmetijski inštitut Slovenije.
21. Plum, L.M., Rink, L., Haase, H. (2010). The essential Toxic: Impact of Zinc on Human Health. V: *International Journal of Environmental research and Public Health*, 7, str. 1342-1365.
22. PRAVILNIK o monitoringu kakovosti tal. Dostopno: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV12716>.
23. Reddy, V.A., Solanki, C.H., Kumar, S., Reddy, K.R., Du, Y. (2019). New ternary blend limestone calcined clay cement for solidification/stabilization of zinc contaminated soil. V: *Chemosphere* 235, str. 308-315.
24. Ribarič-Lasnik, Cvetka (avtor, vodja projekta), Grabner, Boštjan, Romih, Nadja, Grčman, Helena, Leštan, Domen, Zupan, Marko, Voglar, Grega E., Lakota, Miran, Grilc, Viktor, Eržen, Ivan, Žibret, Gorazd, Šajn, Robert, Lapajne, Slavko, Uršič, Andrej, Gobec, Matevž, Uršič, Simona. *Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji - modelni pristop za degradirana območja : končno poročilo*. Celje: [Inštitut za okolje in prostor], marec 2012.
25. Rodriguez Eugenio, N., McLaughlin, M., Pennock, D., (2018). Soil Pollution: a hidden reality. Rome, FAO, 142pp.
26. Schoonover, E.J. in Crim, F.J. (2015). An introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. V: *Journal of Contemporary Water Research & Education* 154, Issue 1, str. 21-47.
27. Sharma, P., Shanker Dubey, R. (2005). Lead toxicity in Plants. V: *Brazilian Journal of Plant Physiol.* Vol. 17 no. 1.
28. Su, C., Jiang, L., Zhang, W.(2014). A review on heavy metal contamination techniques. V: *Environmental Skeptics and Critics*, 3(2), str. 24-38.

29. Swanson, B.T. (2010). Magic from the Manual: Soil Texture versus Soil Structure. Swanson's Nursery consulting, Inc.
30. Špes, M. (1981). Problemi življenjskega okolja v Celju. *Geographica Slovenica* št. 12, Ljubljana.
31. Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K, Sutton, D.J. (2012). Heavy metal Toxicity and the Environment. V: *Luch, A. (eds) Molecular, Clinical and Environmental Toxicology. Experientia Supplementum, vol 101*, Springer, Basel, str. 133-164).
32. Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS, št. 68/96).
33. Uredba o merilih za ugotavljanje stopnje obremenjenosti okolja zaradi onesnaženosti tal z nevarnimi snovmi (Uradni list RS, št. 7/19).
34. Wang, G., Xia, X., Yang, J., Tariq, M., Zhao, J., Zhang, M., Huang, K., Lin, K., Zhang, W. (2019). Exploring the bioavailability of nickel in a soil system: Physiological and histopathological toxicity study to the earthworms (*Eisenia Fetida*). V: *Journal of Hazardous Materials* 383.
35. WHO 2001. International Programme on Chemical Safety: Environmental Health Criteria 221: ZINC
36. Willacy, H. (2019). Zinc Deficiency, Excess and Supplementation. <https://patient.info/doctor/zinc-deficiency-excess-and-supplementation-pro>
37. Wuana, R.A., Okieimen, F.E. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available strategies for Remediation. *ISRN Ecology*, vol. 2011, Article ID 402647, 20 pages. Doi: 10.5402/2011/402647.
38. Yan, Y., Li, H., Yu, X., Li, S., Huang, X., Li, D., Jiao, B. (2019). Efficient removal of chromium from soil in a modified electrokinetic system using iron-treated activated carbon as third electrode. V: *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 101, str. 15-23.
39. Zupan, M., Grčman, H., Kočevar, H. (1999). Navodila za vaje iz pedologije. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana.

8 PRILOGA

VRT 01		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	1.0
Baker (Cu)	mg/kg	25.4
Svinec (Pb)	mg/kg	106.4
Cink (Zn)	mg/kg	456.0
Srebro (Ag)	mg/kg	0.1
Nikelj (Ni)	mg/kg	20.3
Kobalt (Co)	mg/kg	8.8
Mangan (Mn)	mg/kg	499.0
Železo (Fe)	%	2.28
Arzen (As)	mg/kg	12.5
Uran (U)	mg/kg	1.8
Zlato (Au)	mg/kg	0.0057
Torij (Th)	mg/kg	2.9
Stroncij (Sr)	mg/kg	39.0
Kadmij (Cd)	mg/kg	2.7
Antimon (Sb)	mg/kg	0.8
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.3
Vanadij (V)	mg/kg	35.0
Kalcij (Ca)	%	1.77
Fosfor (P)	%	0.166
Lantan (La)	mg/kg	15.0
Krom (Cr)	mg/kg	36.0
Magnezij (Mg)	%	0.47
Barij (Ba)	mg/kg	175.0
Titan (Ti)	%	0.009
Bor (B)	mg/kg	4.0
Aluminij (Al)	%	2.0
Natrij (Na)	%	0.01
Kalij (K)	%	0.17
Volfram (W)	mg/kg	0.2
Skandij (Sc)	mg/kg	3.0
Talij (Tl)	mg/kg	0.4
Žveplo (S)	%	0.08
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.09
Selen (Se)	mg/kg	0.7
Telur (Te)	mg/kg	<0.2
Galij (Ga)	mg/kg	5.0

VRT 02		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	1.42
Baker (Cu)	mg/kg	64.32
Svinec (Pb)	mg/kg	119.13
Cink (Zn)	mg/kg	658.3
Srebro (Ag)	mg/kg	0.243
Nikelj (Ni)	mg/kg	25.0
Kobalt (Co)	mg/kg	10.9
Mangan (Mn)	mg/kg	705
Železo (Fe)	%	2.49
Arzen (As)	mg/kg	12.6
Uran (U)	mg/kg	1.8
Zlato (Au)	mg/kg	10.7
Torij (Th)	mg/kg	4.4
Stroncij (Sr)	mg/kg	56.2
Kadmij (Cd)	mg/kg	2.74
Antimon (Sb)	mg/kg	1.51
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.34
Vanadij (V)	mg/kg	37.0
Kalcij (Ca)	%	3.09
Fosfor (P)	%	0.208
Lantan (La)	mg/kg	18.4
Krom (Cr)	mg/kg	40.4
Magnezij (Mg)	%	0.87
Barij (Ba)	mg/kg	322.1
Titan (Ti)	%	0.014
Bor (B)	mg/kg	10.0
Aluminij (Al)	%	2.13
Natrij (Na)	%	0.010
Kalij (K)	%	0.23
Volfram (W)	mg/kg	0.2
Skandij (Sc)	mg/kg	4.5
Talij (Tl)	mg/kg	0.34
Žveplo (S)	%	0.07
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.9
Selen (Se)	mg/kg	0.4
Telur (Te)	mg/kg	0.03
Galij (Ga)	mg/kg	6.6

VRT 03		
Nevarna snov	Enota	Izmerjena vrednost
Molibden (Mo)	mg/kg	1.3
Baker (Cu)	mg/kg	48.5
Svinec (Pb)	mg/kg	233.1
Cink (Zn)	mg/kg	887.0
Srebro (Ag)	mg/kg	0.2
Nikelj (Ni)	mg/kg	26.5
Kobalt (Co)	mg/kg	9.0
Mangan (Mn)	mg/kg	510.0
Železo (Fe)	%	2.23
Arzen (As)	mg/kg	13.3
Uran (U)	mg/kg	1.8
Zlato (Au)	mg/kg	0.0083
Torij (Th)	mg/kg	2.5
Stroncij (Sr)	mg/kg	49.0
Kadmij (Cd)	mg/kg	4.7
Antimon (Sb)	mg/kg	1.0
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.4
Vanadij (V)	mg/kg	31.0
Kalcij (Ca)	%	1.75
Fosfor (P)	%	0.219
Lantan (La)	mg/kg	14.0
Krom (Cr)	mg/kg	30.0
Magnezij (Mg)	%	0.45
Barij (Ba)	mg/kg	232.0
Titan (Ti)	%	0.005
Bor (B)	mg/kg	8.0
Aluminij (Al)	%	1.42
Natrij (Na)	%	0.007
Kalij (K)	%	0.22
Volfram (W)	mg/kg	0.1
Skandij (Sc)	mg/kg	2.9
Talij (Tl)	mg/kg	0.3
Žveplo (S)	%	0.12
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.11
Selen (Se)	mg/kg	0.9
Telur (Te)	mg/kg	<0.2
Galij (Ga)	mg/kg	4.0

VRT 04		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	1.5
Baker (Cu)	mg/kg	61.6
Svinec (Pb)	mg/kg	242.3
Cink (Zn)	mg/kg	1609.0
Srebro (Ag)	mg/kg	0.4
Nikelj (Ni)	mg/kg	20.2
Kobalt (Co)	mg/kg	11.7
Mangan (Mn)	mg/kg	558.0
Železo (Fe)	%	2.68
Arzen (As)	mg/kg	18.3
Uran (U)	mg/kg	3.2
Zlato (Au)	mg/kg	0.01
Torij (Th)	mg/kg	3.8
Stroncij (Sr)	mg/kg	77.0
Kadmij (Cd)	mg/kg	14.7
Antimon (Sb)	mg/kg	1.4
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.06
Vanadij (V)	mg/kg	34.0
Kalcij (Ca)	%	1.16
Fosfor (P)	%	0.160
Lantan (La)	mg/kg	20.0
Krom (Cr)	mg/kg	25.0
Magnezij (Mg)	%	0.4
Barij (Ba)	mg/kg	561.0
Titan (Ti)	%	0.015
Bor (B)	mg/kg	4.0
Aluminij (Al)	%	2.09
Natrij (Na)	%	0.013
Kalij (K)	%	0.26
Volfram (W)	mg/kg	<0.1
Skandij (Sc)	mg/kg	3.4
Talij (Tl)	mg/kg	1.0
Žveplo (S)	%	<0.05
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.18
Selen (Se)	mg/kg	0.90
Telur (Te)	mg/kg	<0.2
Galij (Ga)	mg/kg	6.0

VRT 05		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	1.43
Baker (Cu)	mg/kg	56.64
Svinec (Pb)	mg/kg	170.78
Cink (Zn)	mg/kg	984.8
Srebro (Ag)	mg/kg	0.24
Nikelj (Ni)	mg/kg	33.6
Kobalt (Co)	mg/kg	11.8
Mangan (Mn)	mg/kg	646
Železo (Fe)	%	2.59
Arzen (As)	mg/kg	16.9
Uran (U)	mg/kg	1.2
Zlato (Au)	mg/kg	0.0058
Torij (Th)	mg/kg	4.3
Stroncij (Sr)	mg/kg	61.1
Kadmij (Cd)	mg/kg	3.92
Antimon (Sb)	mg/kg	1.36
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.34
Vanadij (V)	mg/kg	31.0
Kalcij (Ca)	%	3.53
Fosfor (P)	%	0.140
Lantan (La)	mg/kg	16.8
Krom (Cr)	mg/kg	30.8
Magnezij (Mg)	%	1.27
Barij (Ba)	mg/kg	239.1
Titan (Ti)	%	0.014
Bor (B)	mg/kg	9.0
Aluminij (Al)	%	1.47
Natrij (Na)	%	0.008
Kalij (K)	%	0.24
Volfram (W)	mg/kg	0.2
Skandij (Sc)	mg/kg	4.1
Talij (Tl)	mg/kg	0.29
Žveplo (S)	%	0.06
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.112
Selen (Se)	mg/kg	< 0.1
Telur (Te)	mg/kg	0.03
Galij (Ga)	mg/kg	4.6

VRT 06		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	2.34
Baker (Cu)	mg/kg	117.98
Svinec (Pb)	mg/kg	554.50
Cink (Zn)	mg/kg	2600.6
Srebro (Ag)	mg/kg	1.475
Nikelj (Ni)	mg/kg	34.1
Kobalt (Co)	mg/kg	11.8
Mangan (Mn)	mg/kg	677
Železo (Fe)	%	2.73
Arzen (As)	mg/kg	39.5
Uran (U)	mg/kg	2.4
Zlato (Au)	mg/kg	0.1237
Torij (Th)	mg/kg	3.1
Stroncij (Sr)	mg/kg	81.0
Kadmij (Cd)	mg/kg	12.78
Antimon (Sb)	mg/kg	4.50
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.76
Vanadij (V)	mg/kg	36.0
Kalcij (Ca)	%	4.78
Fosfor (P)	%	0.145
Lantan (La)	mg/kg	15.2
Krom (Cr)	mg/kg	32.0
Magnezij (Mg)	%	1.75
Barij (Ba)	mg/kg	866.0
Titan (Ti)	%	0.019
Bor (B)	mg/kg	22.0
Aluminij (Al)	%	1.52
Natrij (Na)	%	0.026
Kalij (K)	%	0.22
Volfram (W)	mg/kg	0.6
Skandij (Sc)	mg/kg	4.4
Talij (Tl)	mg/kg	0.93
Žveplo (S)	%	0.09
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.4
Selen (Se)	mg/kg	0.6
Telur (Te)	mg/kg	0.05
Galij (Ga)	mg/kg	4.8

VRT 07		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	0.99
Baker (Cu)	mg/kg	62.26
Svinec (Pb)	mg/kg	137.84
Cink (Zn)	mg/kg	662.6
Srebro (Ag)	mg/kg	0.442
Nikelj (Ni)	mg/kg	32.0
Kobalt (Co)	mg/kg	10.8
Mangan (Mn)	mg/kg	794.0
Železo (Fe)	%	2.33
Arzen (As)	mg/kg	12.0
Uran (U)	mg/kg	1.4
Zlato (Au)	mg/kg	0.0261
Torij (Th)	mg/kg	2.5
Stroncij (Sr)	mg/kg	53.7
Kadmij (Cd)	mg/kg	6.35
Antimon (Sb)	mg/kg	1.15
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.55
Vanadij (V)	mg/kg	33.0
Kalcij (Ca)	%	5.44
Fosfor (P)	%	0.175
Lantan (La)	mg/kg	12.1
Krom (Cr)	mg/kg	30.1
Magnezij (Mg)	%	2.77
Barij (Ba)	mg/kg	253.7
Titan (Ti)	%	0.025
Bor (B)	mg/kg	8.0
Aluminij (Al)	%	1.50
Natrij (Na)	%	0.015
Kalij (K)	%	0.17
Volfram (W)	mg/kg	0.2
Skandij (Sc)	mg/kg	4.0
Talij (Tl)	mg/kg	0.33
Žveplo (S)	%	0.06
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.628
Selen (Se)	mg/kg	< 0.1
Telur (Te)	mg/kg	< 0.02
Galij (Ga)	mg/kg	4.8

VRT 08		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	1.28
Baker (Cu)	mg/kg	30.53
Svinec (Pb)	mg/kg	134.53
Cink (Zn)	mg/kg	549.2
Srebro (Ag)	mg/kg	0.124
Nikelj (Ni)	mg/kg	21.7
Kobalt (Co)	mg/kg	12.1
Mangan (Mn)	mg/kg	551.0
Železo (Fe)	%	2.23
Arzen (As)	mg/kg	15.2
Uran (U)	mg/kg	1.6
Zlato (Au)	mg/kg	0.0018
Torij (Th)	mg/kg	5.3
Stroncij (Sr)	mg/kg	26.9
Kadmij (Cd)	mg/kg	0.97
Antimon (Sb)	mg/kg	0.91
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.27
Vanadij (V)	mg/kg	31.0
Kalcij (Ca)	%	1.46
Fosfor (P)	%	0.118
Lantan (La)	mg/kg	20.6
Krom (Cr)	mg/kg	32.7
Magnezij (Mg)	%	0.70
Barij (Ba)	mg/kg	248.5
Titan (Ti)	%	0.011
Bor (B)	mg/kg	6.0
Aluminij (Al)	%	1.74
Natrij (Na)	%	0.010
Kalij (K)	%	0.18
Volfram (W)	mg/kg	0.1
Skandij (Sc)	mg/kg	4.2
Talij (Tl)	mg/kg	0.29
Žveplo (S)	%	0.06
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.01
Selen (Se)	mg/kg	0.1
Telur (Te)	mg/kg	0.05
Galij (Ga)	mg/kg	5.4

VRT 09		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	1.54
Baker (Cu)	mg/kg	44.44
Svinec (Pb)	mg/kg	200.94
Cink (Zn)	mg/kg	813.2
Srebro (Ag)	mg/kg	0.194
Nikelj (Ni)	mg/kg	24.1
Kobalt (Co)	mg/kg	11.7
Mangan (Mn)	mg/kg	565.0
Železo (Fe)	%	2.79
Arzen (As)	mg/kg	18.8
Uran (U)	mg/kg	2.3
Zlato (Au)	mg/kg	0.0129
Torij (Th)	mg/kg	4.3
Stroncij (Sr)	mg/kg	25.6
Kadmij (Cd)	mg/kg	2.97
Antimon (Sb)	mg/kg	1.13
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.34
Vanadij (V)	mg/kg	41.0
Kalcij (Ca)	%	0.86
Fosfor (P)	%	0.114
Lantan (La)	mg/kg	20.9
Krom (Cr)	mg/kg	38.2
Magnezij (Mg)	%	0.52
Barij (Ba)	mg/kg	344.4
Titan (Ti)	%	0.020
Bor (B)	mg/kg	8.0
Aluminij (Al)	%	2.26
Natrij (Na)	%	0.009
Kalij (K)	%	0.13
Volfram (W)	mg/kg	0.2
Skandij (Sc)	mg/kg	4.3
Talij (Tl)	mg/kg	0.44
Žveplo (S)	%	0.04
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.188
Selen (Se)	mg/kg	< 0.1
Telur (Te)	mg/kg	0.03
Galij (Ga)	mg/kg	6.7

VRT 10		
NEVARNA SNOV	ENOTA	IZMERJENA VREDNOST
Molibden (Mo)	mg/kg	1.32
Baker (Cu)	mg/kg	34.31
Svinec (Pb)	mg/kg	76.34
Cink (Zn)	mg/kg	343.4
Srebro (Ag)	mg/kg	0.136
Nikelj (Ni)	mg/kg	30.5
Kobalt (Co)	mg/kg	10.6
Mangan (Mn)	mg/kg	468.0
Železo (Fe)	%	2.35
Arzen (As)	mg/kg	10.3
Uran (U)	mg/kg	1.2
Zlato (Au)	mg/kg	0.0031
Torij (Th)	mg/kg	3.9
Stroncij (Sr)	mg/kg	67.2
Kadmij (Cd)	mg/kg	1.30
Antimon (Sb)	mg/kg	0.81
Bizmut (Bi)	mg/kg	0.24
Vanadij (V)	mg/kg	29.0
Kalcij (Ca)	%	4.72
Fosfor (P)	%	0.115
Lantan (La)	mg/kg	15.5
Krom (Cr)	mg/kg	36.1
Magnezij (Mg)	%	1.69
Barij (Ba)	mg/kg	128.6
Titan (Ti)	%	0.017
Bor (B)	mg/kg	6.0
Aluminij (Al)	%	1.31
Natrij (Na)	%	0.008
Kalij (K)	%	0.19
Volfram (W)	mg/kg	0.2
Skandij (Sc)	mg/kg	3.7
Talij (Tl)	mg/kg	0.19
Žveplo (S)	%	0.05
Živo srebro (Hg)	mg/kg	0.072
Selen (Se)	mg/kg	< 0.1
Telur (Te)	mg/kg	0.03
Galij (Ga)	mg/kg	4.3

VPRAŠALNIK

Sva Samantha Veber in Klemen Simšič, študenta 2. In 1. stopnje na Visoki šoli za varstvo okolja v Velenju. V okviru magistrskega dela pod naslovom **Vsebnosti težkih kovin na izbranih vrtovih na območju Celja in možna zmanjšanja tveganj prehajanja kovin v pridelke**, bomo vzorce tal in vrtnin iz vašega vrta in jih poslali na analizo, da določijo vsebnost težkih kovin.

Osebnih podatkov ne zbiramo, rezultati vsebnosti kovin pa bodo namenjeni izključno raziskovalnemu in pedagoškemu delu, bodo anonimizirani in nedostopni izven raziskovalnega in pedagoškega procesa.

Lastnik/upravljalac (podpis),

se strinjam z uporabo podatkov za raziskovalne in pedagoške namene.

Pred Vami je kratek vprašalnik, ki se navezuje na obdelovanje vrta.

Lokacija vrta:

Ali ste v preteklosti uporabljali katerega od spodaj navedenih dodatkov za obdelovanje Vašega vrta?

- Navoz zemlje (lokacija pripeljane zemlje),
- Kompost,
- Hlevski gnoj,
- Rastni substrati iz trgovine,
- Pepel lesa,
- Pepel premoga,
- Pepel neznanega izvora,
- Žlindra,
- Drugo.

Ali trenutno uporabljate katerega od spodaj navedenih dodatkov za obdelovanje Vašega vrta?

- Navoz zemlje (lokacija pripeljane zemlje),
- Kompost,
- Hlevski gnoj,
- Rastni substrati iz trgovine,
- Pepel lesa,
- Pepel premoga,
- Pepel neznanega izvora,
- Žlindra,

- Drugo.

Možni vplivi onesnaženja tal s težkimi kovinami (lastno opažanje):

- Prometnice,
- Industrija,
- Poplavne vode.

Katere vrtnine pridelujete na Vašem vrtu?

Ali uporabljate fitofarmacevtska sredstva? Katera?

- Herbicidi,
- Fungicidi,
- Insekticidi,
- Rodenticidi,
- Limacidi,
- Pripravki, ki jih pripravite sami.

Kakšno skrb Vam predstavlja onesnaženost tal (1 - malo/nič, 10 zelo močno):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Zakaj v primeru suma na onesnaženost tal še vseeno vztrajate pri pridelavi vrtnin?

Koliko vzorčenih pridelkov predelate? Koliko oseb uživa plodove Vašega vrta?

Vzeti vzorec (obkroži):

- Povprečni vzorec tal,
- Paradižnik,
- Korenje,
- Endivija,
- Solata.

Za sodelovanje se Vam najlepše zahvaljujemo!