

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PRIVZEM ESENCIALNIH ELEMENTOV V SOJI
(*Glycine max* (L.) Merr.)**

ŽAN JANKOVIČ

VELENJE, 2018

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PRIVZEM ESENCIALNIH ELEMENTOV V SOJI
(*Glycine max* (L.) Merr.)**

ŽAN JANKOVIČ

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik

Somentorica: dr. Nadja Romih

VELENJE, 2018

Številka: 726-6/2017-2
Datum: 10. 5. 2017

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Žan Jankovič** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Privzem esencialnih elementov v soji (*Glycine max* (L.) Merr.).

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Uptake of essential elements in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.).

Mentorica: **doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik.**

Somentorica: **dr. Nadja Romih.**

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

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 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Žan Jankovič, vpisna številka 34140017,

študent dodiplomskega visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Privzem esencialnih elementov v soji (*Glycine max* (L.) Merr.),

ki sem ga izdelal pod:

- mentorstvom doc. dr. Cvetke Ribarič Lasnik,
- somentorstvom dr. Nadje Romih.

Delo sem opravljal na Inštitutu za okolje in prostor Celje in Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano Celje.

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;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Irena Žunko, prof. slov. j.;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: ____ . ____ . _____

Podpis avtorja: _____

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svoji mentorici doc. dr. Cvetki Ribarič Lasnik in somentorici dr. Nadji Romih za strokovne nasvete, spodbudo in pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Kseniji Bošnjak iz Nacionalnega laboratorija za zdravje, okolje in hrano dolgujem veliko zahvalo, ker mi je omogočila prostore in vso strokovno pomoč pri laboratorijskem delu.

Posebna zahvala gre tudi mojim staršem in sestri Poloni, ker so mi vedno stali ob strani, me bodrili in verjeli vame.

Hvala tudi sorodnikom za moralno podporo.

Jankovič Ž.: Privzem esencialnih elementov v soji (*Glycine max* (L.) Merr.). Visoka šola za varstvo okolja, Velenje 2018.

IZVLEČEK

Raziskava je potekala na območju Celjske kotline, kjer je vsebnost nezaželenih snovi v tleh povečana. Lokacija Medlog je bila izbrana kot območje manjšega industrijskega vpliva onesnaževanja in lokacija Bukovžlak kot območje večjega industrijskega vpliva onesnaževanja. Opravljena je bila primerjava privzema elementov v različne sorte soje, ki je rasla na različno onesnaženih tleh. Sorti soje ES Dominator (00) in Naya (00) sta bili posejani v letu 2015 in sorti ES Mentor (00) in Ema (00) v letu 2016. Predpripravljeni vzorci za analizo so bili razdeljeni na korenine, stebila, stroke in zrna, ki smo jih analizirali v Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano v Celju. Izbrana je bila analizna metoda ICP-MS, pri čemer smo za končno določitev upoštevali slovenski standard SIST EN ISO 17294-2:2016 modificiran. Za razklop vzorca je bil uporabljen standard SIST EN 13805:2002. V laboratoriju smo merili privzeme desetih esencialnih elementov v soji. Osredotočili smo se predvsem na elemente, ki spadajo v skupino mikroelementov, to so: Zn, Mn, Cu, Ni, Mo in Fe. Ugotavljamo, da je privzem obravnavnih elementov v rastlinske dele različen med sortami in vzorčnimi mesti.

Ključne besede: soja, esencialni elementi, privzem, sorta, antagonizem, sinergizem

Jankovič Ž.: Privzem esencialnih elementov v soji (*Glycine max* (L.) Merr.). Visoka šola za varstvo okolja, Velenje 2018.

ABSTRACT

The research was conducted in Celje basin, the area with an increased level of undesirable substances in soil. The location Medlog was chosen as an area with a minor effect of industrial pollution, and the location Bukovžlak as an area indicating a major effect of industrial pollution on soil. A comparison was made with reference to absorption of elements by several soya bean varieties cultivated in various contaminated soils. ES Dominator (00) and Naya (00) soya bean varieties were sown in 2015, and ES Mentor (00) and Ema (00) were sown in 2016. Pre-prepared samples for the analysis were divided into roots, stems, pods and grains which were analysed by the National Laboratory of Health, Environment and Food located in Celje. The analysis method selected was ICP-MS method where the Slovenian standard SIST EN ISO 17294-2:2016 modified was taken into consideration for its final determination. The standard SIST EN 13805:2002 was used for sample digestion. In the laboratory we made measurements of ten essential elements absorbed by soya beans. Above all, the focus was on the elements belonging to microelements, such as: Zn, Mn, Cu, Ni, Mo and Fe. We found out that the absorption of these elements into plant parts varies among different varieties and different sampling points.

Key words: soya beans, essential elements, absorption, variety, antagonism, synergism

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Opredelitev raziskovalnega dela.....	2
1.2 Namen in cilji diplomskega dela	2
1.3 Načrtovane metode dela	2
1.4 Hipoteze	3
2 PREGLED LITERATURE	4
2.1 Namen pridelave soje.....	4
2.1.1 Pridelava soje v Sloveniji	5
2.1.2 Pridelava soje po svetu	6
2.2 Esencialni elementi	8
2.2.1 Esencialni elementi v tleh.....	9
2.3 Vsebnost esencialnih elementov v rastlini	12
3 MATERIALI IN METODE	16
3.1 Predstavitev raziskovalnih območij.....	16
3.2 Izvedba preskusa	18
3.3 Analizna metoda.....	18
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	20
4.1 Rezultati rastlinskih delov in diskusija.....	20
5 SKLEP	29
6 POVZETEK	30
7 SUMMARY	32
8 VIRI	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Shematski prikaz esencialnih elementov pri prehranjevanju rastlin	12
Slika 2: Krivulja razmerja med koncentracijo elementov in odgovorom rastline pri esencialnih elementih	13
Slika 3: Interakcija elementov v rastlinskih organizmih in bližini rastlinskih korenin.....	14
Slika 4: Vzorčno mesto, ki je od večjega vira onesnaženja (Cinkarna Celje) zračno oddaljen približno 4 km.....	16
Slika 5: Vzorčno mesto Bukovžlak, ki je v neposredni bližini večjega industrijskega območja (Cinkarna Celje).....	16
Slika 6: Predpripravljeni vzorci so bili shranjeni v epruvete, ki so bile označene glede na sorto, del rastline in paralelko	19
Slika 7: Na precizni tehnici smo v teflonske posodice zatehtali 0,5 g predpripravljenega vzorca	19
Slika 8: Vzorci so bili vstavljeni v rotor za mikrovalovni razklop, kjer so se približno po 55 minutah prenesli v merilne bučke (50ml).....	19
Slika 9: Analiza vzorcev je potekala na aparatu Varian 820-MS (ICP-MS)	19

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vsebnost posameznih elementov v kamninah in tleh v Sloveniji in po svetu	10
Preglednica 2: Antropogeno onesnaževanje.....	11
Preglednica 3: Približne koncentracije elementov v zrelih listnih tkivih, posplošeno za različne vrste rastlin	13
Preglednica 4: Vloga esencialnih elementov za rastlino ter znaki pomanjkanja in presežka (toksičnosti) določenega elementa v rastlini	15
Preglednica 5: Vsebnost elementov v vzorcih tal glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (mg/kg suhih tal).....	17

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Proizvodnja in količina zrn v Sloveniji od leta 1992 do 2016	5
Graf 2: Površina pridelave in količina pridelka na hektar od leta 1992 do 2016.....	6
Graf 3: Prikaz površine soje in količina pridelka za ZDA, Brazilijo, Argentino, Kitajsko in Evropo v letu 2014	7

Graf 4: Privzem Zn v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)	20
Graf 5: Privzem Mn v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)	22
Graf 6: Privzem Cu v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)	23
Graf 7: Privzem Ni v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)	24
Graf 8: Privzem Mo v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)	26
Graf 9: Privzem Fe v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)	27

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

CRP – Ciljni raziskovalni program

IOP – Inštitut za okolje in prostor

NLZOH – Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano

SURS – Statistični urad Republike Slovenije

FAO – Organizacija Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (angleško: Food and Agriculture Organization)

ROTS – Raziskave onesnaženosti tal Slovenije

EU – Evropska unija

ZDA – Združene države Amerike

ROS – Potencialno škodljive reaktivne kisikove spojine (angleško: Reactive oxygen species)

(00) – Zrelostni razred (zelo zgodnje sorte)

1 UVOD

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) spada v red stročnic (*Fabales*), družino metuljnic (*Fabaceae*) in rod *Glycine*. (Kocjan-Ačko in Ačko, 2016).

V 20. stoletju je soja postala vodilna oljnica in industrijska rastlina ter strateško in gospodarsko vse pomembnejša beljakovinska krmna poljščina (prav tam). Je enoletna rastlina grmičaste oblike, ki zraste od 20 do 100 cm visoko. Velikost rastline je odvisna od dolžine rastne dobe, sorte in pridelovalnih razmer, saj lahko pozne rastline v ugodnih razmerah zrastejo tudi več kot 1,5 m visoko (Čeh in sod., 2009). Zanj so najprimernejša območja z vlažnim in toplim podnebjem, brez velikih razlik in naglih nihanj med dnevnimi in nočnimi temperaturami. Območja, posejana s koruzo, so bolj ali manj primerna tudi za sojo (Nenadić, 1985).

Soja spada med živila z visoko vsebnostjo beljakovin in maščob ter razmeroma malo ogljikovih hidratov. V zrnju soje najdemo beljakovine (od 36,6 do 53,2 %), olja (od 14,9 do 22,9 %), celulozo (od 4,3 do 7,6 %), ogljikove hidrate (od 2,7 do 12,0 %) in pepel (od 3,7 do 5,9 %) (Pokorn, 1995). Beljakovine, ki so prisotne v suhem zrnju soje, so znane po esencialnih aminokislinah (lizin, triptofan), ki so nujno potrebne, saj jih človeški organizem ne more sintetizirati. V zrnju so prisotni tudi številni minerali, največ je kalcija, kalija, magnezija, fosforja in železa ter vitamina B in K. Ogljikovi hidrati v zrnju so zelo pomembni za dobro počutje. Imajo pa tudi druge pozitivne učinke na zdravje, saj zmanjšujejo vrednost holesterola, preprečujejo čezmerno izločanje inzulina, uravnavajo koncentracijo sladkorja v krvi in spodbujajo prebavo (Kocjan-Ačko in Ačko, 2016). Poleg beljakovin in ogljikovih hidratov vsebuje sojino zrnje tudi olje. To olje se ob pomoči industrijsko tehničnih postopkov (rafiniranje, degumiranje, avtomatizirana ekstrakcija, razbarvanje itd.) spremeni v dragoceno jedilno olje (Furlan, 1981).

Domovina soje je območje Kitajske. Pridelovali so jo v obdobju med leti od 1100 do 1700 pred našim štetjem, najbrž pa že veliko prej. V 1. stoletju našega štetja se je soja razširila po Kitajski in je bila v 15. in 16. stoletju glavna prehranska kultura narodov po vsej Aziji. V 18. in 19. stoletju sta se uporaba in pridelava soje postopoma razširili na vse celine sveta (Kocjan-Ačko in Ačko, 2016).

1.1 Opredelitev raziskovalnega dela

V državah EU poteka v zadnjem obdobju več aktivnosti v smeri povečanja deleža zrnatih stročnic. Dejstvo je, da je v državah EU izreden primanjkljaj zrnatih stročnic, zato je EU leta 2014 na podlagi zakonodaje omogočila pridelovanje gensko nespremenjene soje na območju reke Donave (Donau Soya). Samooskrba z beljakovinsko krmo je tako v Sloveniji kot EU zelo mala. Slovenija uvozi 97 % beljakovinske krme, večinoma iz Braziliije (Bavec, 2014). Med beljakovinsko krmo spada tudi soja. Težava je predvsem v premalo razpoložljivih površinah, ki jih še dodatno manjšamo s spremembo namembnosti (ceste, pozidava), onesnaževanjem in opuščanjem kmetovanja, vse to pa nas sili k uporabi degradiranih območij. Treba je preučiti tudi uporabo dodatnih kmetijskih zemljišč, ki bo omogočala pridelavo rastlin, primernih za človeško in živalsko prehrano, uporabo v energetske namene, za industrijske surovine (izolacijske in gradbene materiale itn.).

Diplomsko delo je nastalo v okviru CRP Soja, v obdobju 1.7.2014 — 30.6.2017, katerega vodja je bil red. prof. dr. Franc Bavec s Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (FKBV) z Univerze v Mariboru. Na projektu so sodelovali Kmetijski inštitut Slovenije (KIS), Biotehniška fakulteta (BF) - Univerza v Ljubljani in Inštitut za okolje in prostor (IOP). Na projektu so sodelovali tudi drugi študentje: Mitja Laznik, Katja Bobik in Nuša Pavlinc. Zaradi prepletanja diplomskih nalog lahko prihaja do podobnih ugotovitev pri interpretaciji rezultatov. Na IOP smo izbrali njivske površine, kjer so vrednosti nekaterih kovin glede na slovensko zakonodajo (Ur. l. RS 68/96) nad kritičnimi vrednostmi. Naše delo je potekalo na Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano (NLZOH) v Celju, kjer smo merili anorganske elemente v koreninah, steblih, strokih in zrnih rastlin, štirih vrst soje: Naya (00), ES Dominator (00), ES Mentor (00) in Ema (00).

1.2 Namen in cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je določiti vsebnosti esencialnih elementov v soji na onesnaženem območju Bukovžlaka in na malo onesnaženem območju Medloga z metodo ICP-MS.

Cilji:

- določiti vsebnost esencialnih elementov v 4 različnih sortah soje,
- primerjati rezultate privzema esencialnih elementov v soji na malo onesnaženem območju Medloga in na močno onesnaženem območju Bukovžlaka.

1.3 Načrtovane metode dela

Pri diplomski nalogi smo uporabili naslednje metode dela:

- opisno metodo pri zbiranju podatkov iz obstoječe literature,
- eksperimentalno analizo metodo, kjer bomo z analizo metodo ICP-MS izmerili vsebnost elementov v rastlinskih delih soje in
- statistično metodo; rezultati, dobljeni po analizi metodi, bodo statistično obdelani v programu Microsoft Excel

1.4 Hipoteze

- Več kot je esencialnih elementov v tleh, večja je vsebnost esencialnih elementov v reproduktivnih delih rastline (v zrnih).
- Povečana vsebnost nezaželenih snovi v tleh vpliva na pomanjkanje esencialnih elementov v nadzemnih delih rastline.
- Na močno onesnaženih tleh bo vsebnost obravnavanega elementa večja v koreninah v primerjavi z nadzemnimi deli rastlin.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 Namen pridelave soje

Glavni namen pridelave soje je njeno suho zrnje (Kocjan-Ačko in Mihelič, 2017). V sojinem zrnu je približno 30 % beljakovin, pri sortah, ki so gensko spremenjene, pa tudi do 55 %, zato je soja ena izmed najpomembnejših poljščin za pridelavo beljakovin na svetu. Sojine beljakovine so zelo podobne beljakovinom živalskega izvora. Ima tudi zelo globok in močno razvejan koreninski sistem, ki zelo ugodno vpliva na izboljševanje in vzdrževanje strukture tal (Čeh in sod., 2009). Soja pomembno vpliva na rodovitnost zemljišča, zlasti povečuje bilanco dušika v tleh (Tanjšek in Šentavec 1998 v Kocjan-Ačko in Mihelič, 2017, str. 14).

Soja je surovina, ki se uporablja za prehransko industrijo (peciva, otroška hrana, kruh, margarine, testenine itd.). V prehrani ljudi uporabljamo moko, mleko, sir, sojino zrno itd. V primerjavi z drugimi živali je biološka vrednost beljakovin v sojinih zrnih zelo visoka. V zrnih najdemo tudi veliko vsebnost mineralov (provitamina A, B1, B2, B3, B6, C, D, E in K). Za diabetike je zelo primerna sojina moka pri pripravi kruha, ker vsebuje namesto škroba dekstrin (Čeh in sod., 2009).

Soja je pomembna oljnica tudi za pridobivanje biodizla. Transesterifikacija je postopek, s katerim iz surovega olja odstranijo glicerol. Sojin biodizel lahko v motorjih z notranjim izgorevanjem deloma ali v celoti zamenjuje dizelsko gorivo (Kocjan-Ačko in Ačko, 2016).

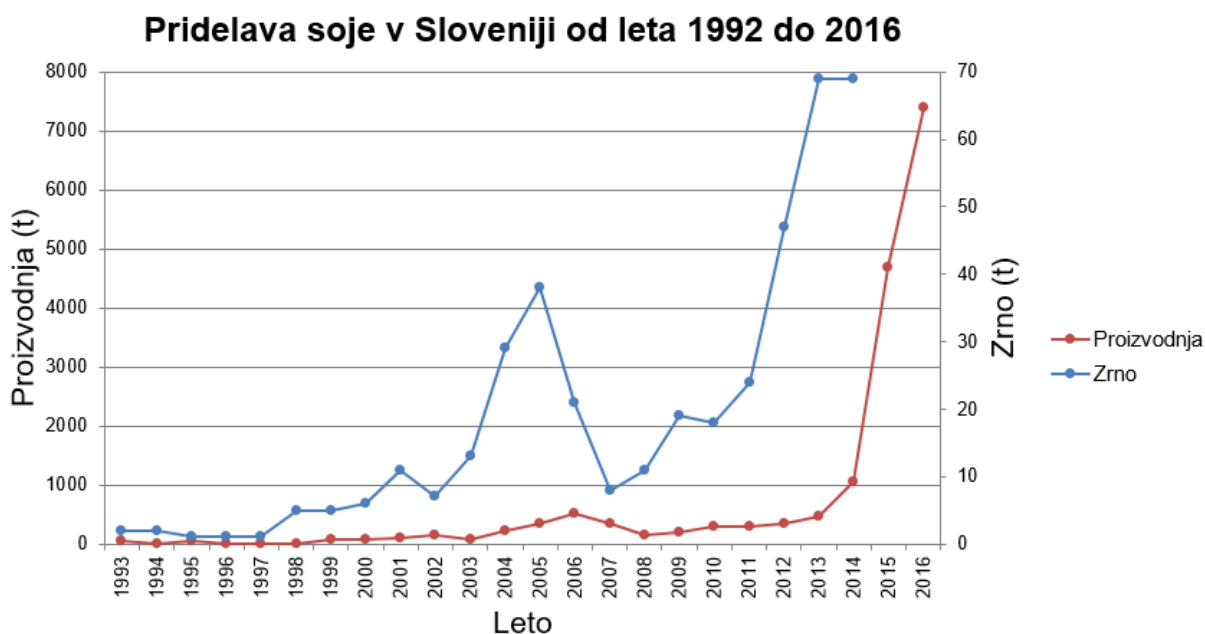
Sojine beljakovine so zelo slabo prebavljive zaradi prisotnosti tripsinskega inhibitorja in hemaglutinina, ki zavirata prebavo beljakovin. Prebavljivost se izboljša že s petnajstminutnim fermentiranjem (kuhanjem zrnja, pečenjem ali praženjem). Zaradi slabše prebavljivosti beljakovin se suho zrnje brez toplotne obdelave ne sme uporabljati za krmo živine. Najboljši način je, da se sojino zrnje silira skupaj z zrnjem koruze, saj toplotna obdelava pri tem načinu ni potrebna, ker se v procesu fermentacije tripsinski inhibitor razgradi. Pri tem pa dobimo zelo ugodno škrobno-beljakovinsko razmerje. Pri ekološkem kmetijstvu je zelo pomemben vir beljakovin sojina tropina in pogača, ki jo dobimo kot ostanek pri ekstrahiranju in hladnem stiskanju olja, prav tako pa tudi moka in zdrob iz praženih zrn (prav tam).

Uporabnost soje:

- v industriji (za izdelavo sveč, mil, lakov, zdravil, papirja, lepil, sojine volne, različnih emulgatorjev, barv za tekstil, elektro-izolacijskega materiala, za krmila itd.);
- v prehrani ljudi (mleko in mlečni izdelki, pecivo, omake, kruh, juhe, solate, kalčki, solatno olje, nadomestek za meso itd.);
- v prehrani živali (zelena masa, sojine pogače, moka in zdrob iz posušenih zrn, posušena rastlina itd.) (prav tam).

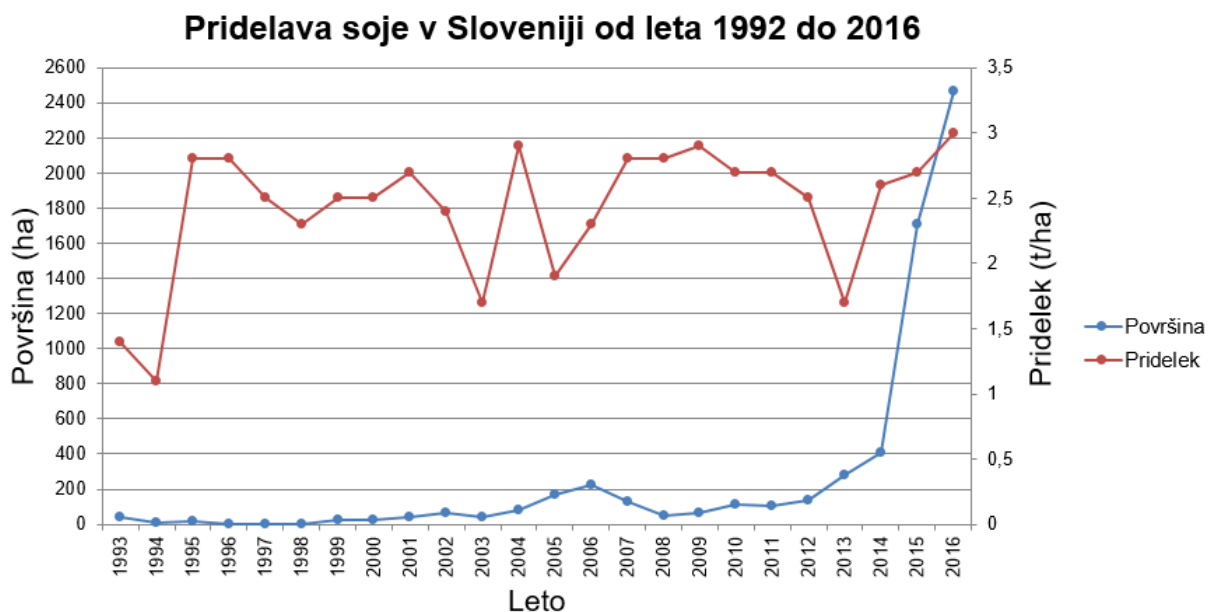
2.1.1 Pridelava soje v Sloveniji

Leta 1980 se je s sojo v Sloveniji ukvarjal profesor poljedelstva dr. Jože Spanring. To so bila prva uvajanja soje pri nas. Deset let kasneje so imeli kmetje težave zaradi soji neprilagojene tehnike spravila zrnja, zapleveljenosti posevkov, prepoznih sort in predvsem zaradi tega, ker ni bilo pražarn za sojino zrnje (Kocjan-Ačko in Ačko, 2016).



Graf 1: Proizvodnja in količina zrn v Sloveniji od leta 1992 do 2016
(Vir: Povzeto po medmrežje 1 in medmrežje 2)

Po statističnih podatkih grafa 1 je razvidno, da so kmetje pridelali zelo malo količino zrn v obdobju od leta 1992 do 2011. Številke so se vseskozi gibale od 1 tone (t) (1996 in 1997) do 38 t (2005). Največja pridelava zrn je v letu 2013 in 2014 znašala 69 t. V Sloveniji pridelamo zelo malo soje v primerjavi z drugimi večjimi pridelovalkami soje po svetu. Najmanjša količina proizvedene soje je bila v letu 1997, ko je znašala 1 t, največja v letu 2006, ko je znašala 527 t. Razlike med proizvodnjo soje in proizvodnjo zrn se kažejo v tem, da je Slovenija močno odvisna od uvoza soje. Tako smo v letu 2005 uvozili približno 295 t soje in pridelali za približno 38 t. Največ uvožene soje v Sloveniji se uporabi kot beljakovinska krma. Soja je doživela zagon leta 2014 z evropskim projektom širjenja soje v državah Podonavja, s katerim so želeli spodbuditi kmete k predelavi beljakovin z domačih njiv brez gensko spremenjenih organizmov. Od leta 2014 do leta 2016 se je proizvodnja povečala iz 1046 t na 7387 t, kar kaže na uspešnost Skupne kmetijske politike EU (2014–2020) ter evropskega projekta širjenja soje tudi pri nas.



Graf 2: Površina pridelave in količina pridelka na hektar od leta 1992 do 2016
(Vir: Povzeto po medmrežje 1 in medmrežje 2)

Iz statističnih podatkov (graf 2) FAO in SURS lahko opazimo, da je imela Slovenija od leta 1992 in 2013 majhno količino hektarjev, ki so bili posajeni s sojo. Vrednosti se niso pretirano razlikovale v tem obdobju, nekoliko večji porast je soja doživela v letu 2006, ko je bila posejana na 226 hektarjih (ha) in leta 2013, ko je bila posejana na 278 ha. Od leta 2013 do 2016 se je količina pridelovalnih površin povečala za 2188 ha. Povprečni pridelek je v letu 2016 znašal 3 t/ha, kar je tudi največji pridelek do zdaj in kaže na delno pokritje potreb po beljakovinah z domačih njiv (medmrežje 1; medmrežje 2).

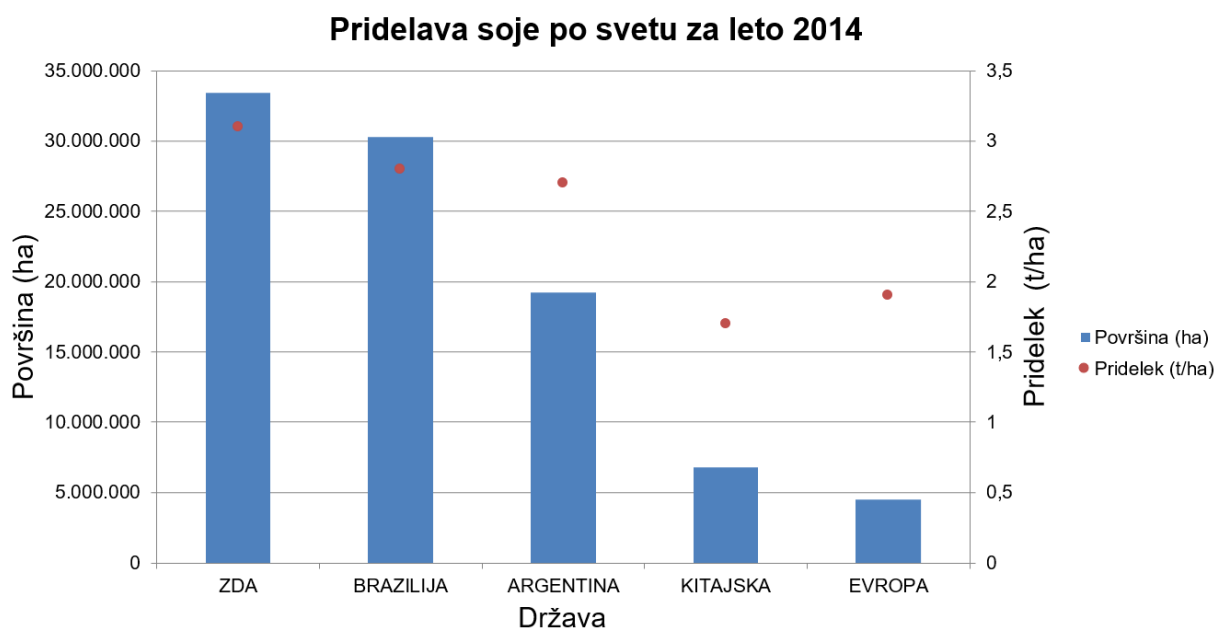
2.1.2 Pridelava soje po svetu

Pet največjih pridelovalk soje na svetu v letu 2014:

- Združene države Amerike (106.877.870 t),
- Brazilija (86.760.520 t),
- Argentina (53.397.715 t),
- Kitajska (12.155.173 t),
- Indija (10.528.000 t) (medmrežje 1).

Pet največjih pridelovalk soje v Evropi:

- Ukrajina (3.881.930 t),
- Italija (933.140 t),
- Srbija (545.898 t),
- Francija (227.262 t),
- Romunija (202.892 t) (prav tam).



Graf 3: Prikaz površine soje in količina pridelka za ZDA, Brazilijo, Argentino, Kitajsko in Evropo v letu 2014
(Vir: Povzeto po medmrežje 1)

Iz statističnih podatkov FAO (graf 3) lahko opazimo, da ZDA namenja največ površin za pridelovanje soje. V letu 2014 je bila vrednost kmetijskih zemljišč soje v ZDA približno 33 milijonov ha, kar je za 3 milijone ha več kot v Braziliji (medmrežje 1).

V povprečju ZDA dosegajo 3,1 t/ha, kar predstavlja najvišjo količino pridelka med državami (medmrežje 1). ZDA, Brazilija in Argentina kot največje pridelovalke soje na svetu (graf 3) pridelujejo največjo količino gensko spremenjene soje in dosegajo tudi večje količine pridelka kot manjše pridelovalke. Med manjše pridelovalke sodi tudi Evropa, ki je prepovedala vzgojo gensko spremenjene soje. Gensko spremenjena soja ima namreč večjo odpornost na insekticide in viruse, ima dobro toleranco na herbicide in dobro prilagoditev na neugodne rastne razmere. Vendar pa gensko spremenjena soja zmanjšuje biotsko raznovrstnost in povzroča okoljske probleme. Na človeku lahko povzroča alergije, deluje lahko tudi toksično (Bergant, 2008).

Nasprotniki soje poročajo, da adaptirano sojino mleko povzroča na nosečnicah hormonsko neravnovesje, saj povzroča veliko raven estrogena. Velike težave imajo fantki, saj njihova spolovila niso razvita, prsi pa so. Hollingsworth navaja tudi to, da dolgotrajno uživanje soje povzroča primere raka, neplodnost, levkemijo in motnje v delovanju žlez z notranjim izločanjem (Hollingsworth, 2014).

Od leta 2000, ko je imela Brazilija 13 milijonov ha površin soje, so se njene površine postopoma večale na 30 milijonov ha v letu 2014 (graf 3). Zaradi povečanega povpraševanja po soji so na območjih deževnega gozda Amazonije (Brazilija) začeli z gojenjem soje. Še pred nekaj desetletji so bila tla deževnega gozda neprimerna, toda napredek v metodah kmetovanja in izbira sorte sta omogočila, da je soja postala primerna tudi za področja deževnega gozda (medmrežje 3). Da Brazilija dosega dobre rezultate kmetovanja in izbire primernih sort, prikazuje tudi podatek iz zgornjega grafa. Brazilija dosega v povprečju 2,8 t pridelka na ha. Je tudi druga vodilna država za pridelovanje soje in ena največjih gonilnih sil krčenja tropskega gozda za pridelovanje soje.

Od leta 2004 do 2014 se je krčenje gozdov v Braziliji zmanjšalo za 70 %. Posledično so se zmanjšale tudi emisije ogljikovega dioksida, kar je uspelo sojinemu moratoriju. Čeprav je bil neposredni vpliv soje močno zmanjšan, se še vedno dogajajo krčenja deževnega gozda. Predvsem kmetje povzročajo krčenje gozdov tako, da s prodajanjem svojih pašnikov, ki se spremenijo v površine za gojenje soje, s svojim dobičkom nadaljnjo poslujejo v gozdnem prostoru (medmrežje 3).

Tretja največja pridelovalka na svetu je Argentina (graf 3), ki ima približno 19 milijonov ha površin soje in dosega 2,7 t pridelka na ha. Evropa ima v primerjavi s štirimi največjimi pridelovalkami na svetu soje komaj za vzorec. V letu 2014 je imela približno 4.500.000 ha površin, namenjenih pridelovanju soje. Dosegala je 1,9 t pridelka na ha, kar je nekoliko več kot na Kitajskem (1,7 t/ha). Vzrok je verjetno ta, da ima Evropa boljše pogoje za gojenje (rodovitnejša prst, ugodnejše klimatske razmere itd.) in boljše metode kmetovanja. Tudi Kitajska, ki je četrta največja pridelovalka soje na svetu, namenja večjo površino za pridelavo soje kot Evropa (medmrežje 1).

2.2 Esencialni elementi

Kovine so naravno prisotne v okolju in se kopičijo v naravi in človeškem telesu, v katerem igrajo različne vloge. Lahko so komponente kontrolnih mehanizmov (npr. v mišicah in živcih), komponente redoks sistemov in strukturni elementi (Černe, 2009). Katarina Černe v svojem članku navaja: »Za kovine, ki so esencialne, je značilno okno esencialnosti oz. optimalna koncentracija. Njihovo pomanjkanje tako izzove poslabšanje bioloških funkcij in določene simptome, kadar pa je njihova koncentracija v telesu presežena, pride do toksičnih učinkov« (Černe, 2009). Številni dejavniki, ki vplivajo na toksičnost kovin, so: stanje in staranje imunskega sistema pri posamezniku, speciacija ali kemična oblika kovine (anorganske spojine, organokovinske spojine, kovinski kompleksi in elementarna oblika), interakcije toksičnih kovin z esencialnimi. Pomembna je tudi zmanjšana vsebnost kovin v človeškem telesu, ki je za neesencialne kovine (kadmij in svinec) bistveno višja (20–30 let) kot za esencialne kovine (kobalt in krom samo nekaj ur ali dni) (Černe, 2009). Esencialne kovine so bistvenega pomena tudi za vse rastline. Znano je, da jih ima večina stimulatívne učinke na rast rastlin, v višjih koncentracijah pa imajo lahko tudi toksične učinke na celice rastlin (Kabata-Pendias, 2011).

Po definiciji spadajo v skupino težkih kovin tisti elementi, katerih gostota je večja od 7 g/cm³ (Černe, 2009). Obstajajo tudi različne definicije za težke kovine, saj Duffus navaja tudi, da med skupino težkih kovin spadajo elementi, katerih gostota je večja od 5 g/cm³ (Duffus 1980 v Matini in sod. 2011, str. 89). Izraz težke kovine se opušča, ker izraz ne upošteva različnih lastnosti čistih kovin in njihovih spojin (biološke, fizikalno-kemijske in toksikološke). Prav tako med težke kovine uvrščamo vse kovine in polkovine (metaloide), ki jih radi povezujemo s potencialno toksičnostjo, ne glede na njihovo gostoto elementa. Zaradi vsega naštetega toksikološka literatura navaja samo izraz kovine (Černe, 2009).

V človeškem organizmu potrebujemo poleg dušika, kisika, vodika in ogljika tudi naslednje elemente, ki so: natrij (Na), kalij (K), kalcij (Ca), magnezij (Mg), fosfor (P), žveplo (S) in klor (Cl). Ti elementi so zelo pomembni za človeški organizem, saj jih potrebujemo kot sestavne dele strukturnih spojin, nukleinskih kislin in aminokislin. Kovine, ki jih potrebujemo v manjših količinah in so esencialne za človeka oz. njegovo zdravje, so cink (Zn), molibden (Mo), železo (Fe), kobalt (Co), selen (Se), krom (Cr) in baker (Cu). Na podlagi novih študij štejemo med esencialne elemente tudi bor (B), nikelj (Ni), vanadij (V), mangan (Mn) in silicij (Si). Černetova navaja tudi, da obstajajo antagonizmi predvsem med neesencialnimi kovinami (kadmij (Cd) in živo srebro (Hg)) in esencialnimi kovinami za aktivna mesta na molekulah, saj povzročijo pomanjkanje prav slednjih. Lahko pa se pojavijo tudi med esencialnimi kovinami. Prevelika koncentracija molibdena (Mo) lahko povzroči pomanjkanje bakra (Cu) (prav tam).

2.2.1 Esencialni elementi v tleh

Tla so tridimenzionalno telo, ki zajema vse sloje oz. horizonte od površine do matične podlage. Nastajajo s preperevanjem kamnin in nastankom ter akumulacijo organske snovi. So življenjski prostor živim organizmom. Tla vsebujejo trdno snov, vodo in zrak, zato pravimo, da so trifazni sistem (Vrščaj, 2016). Trdni del tal (organska snov in mineralni delci) vsebuje sistem por, v katerih sta voda in zrak (talna raztopina), ki omogoča rodovitnost tal (Zupan in sod., 2007). Talna raztopina obliva trdne delce in omogoča hidrolizo in izmenjavo ionov (Zupan in sod., 2008).

Kovine so naravno prisotne v tleh, zaradi preperevanja kamninske osnove ali pa so posledica dejavnosti človeka. V tleh najdemo mikrohranila, ki so nujno potrebna (esencialna) v prehrani rastlin. To so: Zn, Ca, Al, Cu, Co, Fe, K, Mn, Na, Ni, B, Mg, Mo, J, F, Ti, V, Rb in Si. Geološke in antropogene dejavnosti povečujejo koncentracijo teh elementov do takšne količine, ki so škodljive za rastline, živali in človeka (Chibuike, G. U., Obiora, S. C., 2014; Zupan in sod., 2008).

Vsi elementi, ki jih najdemo v tleh, izhajajo iz magmatskih kamnin in glinenih sedimentov. Preglednica 2 prikazuje podatke o vsebnosti šestih elementov (Mo, Zn, Cu, Ni, Mn, in Fe), ki se pojavljajo v zemeljski skorji in ki jih bomo kasneje obravnavali kot elemente v rastlini. Prikazane so samo največje vrednosti oz. glavni izvori elementov v posamezni kamnini (Kabata-Pendias, 2011). Vzorci projekta ROTS iz obdobja 1989 do 2007 so pokazali, da so vrednosti elementov v večini primerov posledica naravnega izvora (preglednica 2). Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh, mejno imisijsko vrednost prekoračuje Zn v površinskih vzorcih (od 0 do 5 cm) za 4 % in podpovršinskih vzorcih (od 5 do 20 cm) za 2 %. Ti vzorci so posledica antropogenega izvora in prihajajo iz urbanega območja Celja in Maribora. V obdelovalnih tleh (od 0 do 20 cm) je mejna opozorilna vrednost presežena za 6 % v bližini industrijskih izvorov onesnaževanja (Zupan in sod., 2007; Zupan in sod., 2008).

Preglednica 1: Vsebnost posameznih elementov v kamninah in tleh v Sloveniji in po svetu (Vir: Povzeto po Kebata – Pendias, 2011; Zupan in sod. 2008)

element	zemeljska skorja ¹ (mg/kg)	Svet				Slovenija	
		magmatske kamnine		sedimentne kamnine		vzorci tal ROTS	
		največji izvor elementa v kamnini ¹ (mg/kg)	vrste kamnin ¹	največji izvor elementa v kamnini ¹ (mg/kg)	vrste kamnin ¹	vsebnost elementa v tleh ² (mg/kg)	izvor ²
Mo	1,1	1,0-2,0	granitne	2,0-2,5	gline	0,17-39 (1,0*)	pod mejo določljivosti
Zn	52-80	80-120	mafične	80-120	gline	16-1060 (95*)	antropogeni (Celje in Maribor)
Cu	25-27	10-120	mafične	40-60	gline	27*	naravni in antropogeni (sadjarstvo in vinogradništvo)
Ni	20	1400-2000	ultramafične	40-90	gline	3,8-205 (32,5*)	naravni
Mn	716-1400	850-2000	mafične	200-1000	apnenci	20-2900 (870*)	naravni
Fe	4,5-5	3,7-8,7 (%)	mafične	3,3-4,7 (%)	gline	/	/

* Mediana

¹ (Vir: Kabata-Pendias, 2011)

² (Vir: Zupan in sod., 2008)

Rudarjenje in taljenje rude, industrija, atmosferske usedline, kmetijstvo, promet in odlaganje so področja, v katerih človek povečuje vsebnosti elementov v okolju (preglednica 2). Nekatere kovine so glede na razmerje med antropogenim vnosom in naravno vsebnostjo elementov v tleh močno na strani antropogenega vnosa. Glavna mikroelementa, ki lahko pokažeta povišane koncentracije onesnaženja v tleh, sta Zn (21 : 1) in Cu (13 : 1) (Campell in sod, 1983 v Zupan in sod. 2007, str. 22). Proces onesnaževanja v tleh lahko delimo na točkovno, razpršeno in linijsko. Točkovno onesnaženje (npr. odlagališča odpadkov in deponije) poteka v lokalnem okolju, mesto onesnaženja pa je veliko bolj kontaminirano v primerjavi z razpršenim (npr. izpusti v zrak) in linijskim onesnaževanjem (npr. izpusti v zrak vzdolž prometnic), kjer se emisije širijo na večje razdalje (Zupan in sod., 2008).

Preglednica 2: Antropogeno onesnaževanje
(Vir: Povzeto po Ross, 1994 v Romih in sod., 2010, str. 82)

Rudarjenje in taljenje rude

Jalovina in žlindra (preperavanje in vetrna erozija): As, Cd, Hg, Pb

Rečni sedimenti in poplave: As, Cd, Hg, Pb

Izgube pri transportu rude in njenih separatov: As, Cd, Hg, Pb

Taljenje rude (vetrno prenašanje prahu in aerosolov): As, Cd, Hg, Pb, Sb, Se

Železarne in jeklarne: Cu, Ni, Pb

Brušenje kovin: Zn, Cu, Ni, Cr, Cd

Industrija

Plastike: Co, Cr, Cd, Hg

Tekstilna: Zn, Al, Ti, Sn

Mikroelektronika: Cu, Ni, Cd, Zn, Sb

Zaščita lesa: Cu, Cr, As

Rafinerije: Pb, Ni, Cr

Atmosferski depozit

Urbana in industrijska središča skupaj s sežigalnici: Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V

Metalurška industrija: As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn

Avtomobilski izpusti: Mo, Pb, V

Izgorevanje fosilnih goriv in termoelektrarne: As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd

Kmetijstvo

Mineralna gnojila: As, Cd, Mn, U, V, Zn

Organska gnojila: As, Cu, Mn, Zn

Apno: As, Pb

Fitofarmaceutska sredstva: Cu, Mn, Zn, As, Pb

Voda za namakanje: Cd, Pb, Se

Odlaganje odpadkov

Blata čistilnih naprav: Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn

Vode, ki odtekajo iz deponij: As, Cd, Fe, Pb

Odlagališča kovin: Cd, Cr, Cu, Pb, Zn

Požari in pepel: Cu, Pb

TALNE LASTNOSTI

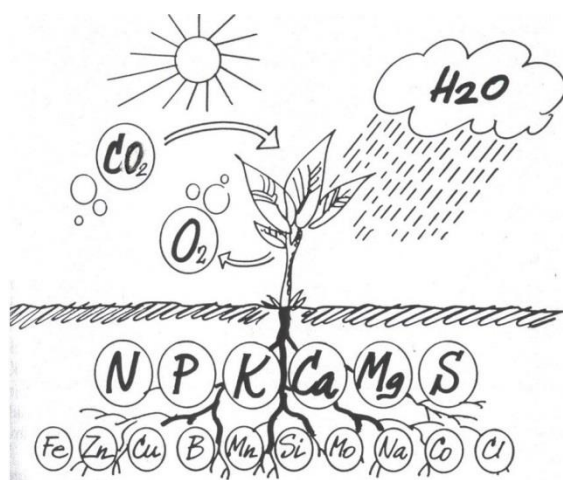
Lastnosti tal delimo na opisne (npr. barva, oblika strukturnih agregatov, konsistenca itd.) in merjene lastnosti (npr. pH, KIK, organska snov itd.). Pomagajo nam pri razlagi usode nevarnih snovi v tleh (Zupan in sod., 2008). Glavni parametri tal, ki urejajo postopke sorpcije in desorpcije elementov, so:

- pH in Eh-vrednost,
- kationska izmenjevalna kapaciteta (KIK),
- fine granulometrične frakcije (glina < 0,02 mm),
- organska snov,
- oksidi in hidroksidi, predvsem Al, Mn in Fe,
- mikroorganizmi (Kabata-Pendias, 2011; Zupan in sod., 2008).

Kislost tal izražamo z vrednostjo pH in je posledica vsebnosti bazičnih kationov (Mg in Ca) v matični podlagi. Vpliva na topnost anorganskih nevarnih snovi (Alloway, 1990 v Zupan in sod., 2008, str. 22). Cu in Zn sta veliko bolj topna v pH območju od 4 do 5 kot pa v območju od 5 do 7. Topnost in biodostopnost kovin se torej poveča v kislem območju (Brummer in Herms, 1983 v Zupan in sod. 2008, str. 22). Redoks potencial (Eh) vpliva na pH. Z redukcijo se pH poveča, z oksidacijo pa se pH zmanjša (Alloway, 1995). Za zadrževanje nevarnih in koristnih snovi v tleh je pomembna kationska izmenjevalna kapaciteta. Odvisna je od deleža glin in organske snovi v tleh. Navadno je v območju med 20 in 40 mmolc/100 g tal (Zupan in sod., 2007). Visok KIK pomeni, da se možnost vezave negativnih nabojev poveča. Večja vsebnost glin in organske snovi poveča pH, daljši pa je tudi zadrževalni čas v zemlji (Greger, 2004).

2.3 Vsebnost esencialnih elementov v rastlini

Rastlina potrebuje za svoj razvoj esencialne elemente, ki se delijo na makro in mikroelemente. Makroelementi so tista rastlinska hranila, ki jih potrebuje rastlina sorazmerno veliko in so potrebna v koncentracijah, večjih od 20 mg/kg. V to skupino spadajo C, O, H, K, Ca, S, N, P in Mg. Po drugi strani pa so mikroelementi tista rastlinska hranila, ki jih potrebuje rastlina le v manjših količinah, torej v količinah, manjših od 0,5 mg/kg. Imenujemo jih tudi sledovna hranila in zajemajo Cu, Mo, B, Mn, Zn in Fe. Nekatere rastline potrebujejo tudi Cl, Na in Si, vsebujejo pa tudi elemente, ki jih ne potrebujejo, to so: Se, I in Co (Mihelič in sod., 2010; Hagemeyer, 1999 v Pavšič-Mikuž 2005, str. 11).



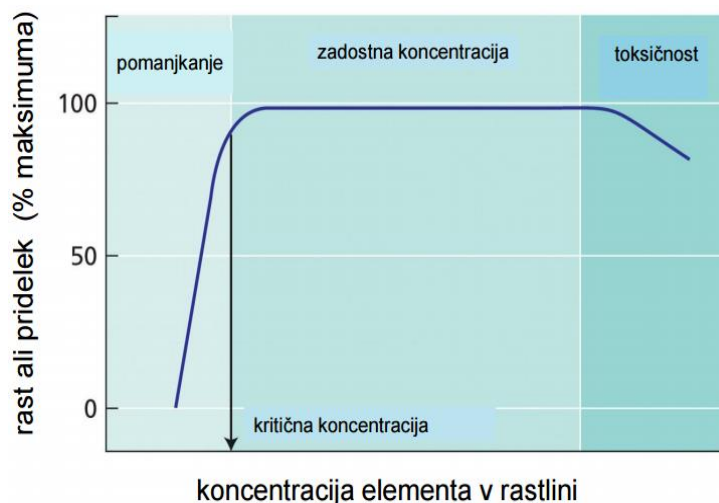
Slika 1: Shematski prikaz esencialnih elementov pri prehranjevanju rastlin
(Vir: medmrežje 4)

Esencialnih kovin v rastlini z vidika biokemijskih in fizikalnih funkcij ne moremo nadomestiti z drugimi elementi in so bistveni za vse rastline. Značilnosti fiziologije teh elementov so, da čeprav so mnogi ključnega pomena za rast, imajo lahko tudi toksične učinke na celice v višjih koncentracijah in lahko vodijo k zmanjšanju in zaviranju rasti v rastlinah (Kabata-Pendias, 2011; Emamverdian, 2015). Če je enega hranila premalo, rastlina prav tako ne more uspevati, kar pravi tudi Liebigov zakon minimuma (Rojc-Polanec in sod., 2014).

Kovine vstopajo v rastlino preko korenin iz tal (npr. Mo, Zn, Cu in Ni) ali listnih površin in se kopičijo v vseh delih rastline. Glede na kopičenje elementov v rastlini jih delimo v tri skupine: enaka vsebnost elementov v koreninah in nadzemnih delih (Mn, Zn in Ni), večja vsebnost v koreninah (Mo in Cu) in velika vsebnost v koreninah in majhna v nadzemnih delih (Ti, Cr, V) (Adriano, 2001 v Romih, 2013, str. 9).

Rastline se lahko delijo tudi glede na sposobnost akumulacije elementov. Delijo se na akumulatorske rastline, pri katerih je prevzem elementov v nadzemne dele večji, kot je vsebnost elementov v tleh; indikatorje, ki pokažejo vsebnost določenih elementov v rastlini, ki prevladujejo v okolju in ekskludorje, ki preprečujejo vstop esencialnih elementov v korenine in nadzemne dele rastline (Baker, 1981; Seregin in Ivanov, 2001 v Romih, 2013, str. 10).

Slika 2 prikazuje shematski prikaz odziva rastline na povečane koncentracije esencialnih elementov, kar lahko privede do oksidativnega stresa rastline (Pavšič-Mikuž, 2005; Kabata-Pendias, 2011). Ti elementi imajo tri faze: pomanjkanje, zadostno koncentracijo in toksičnost. Pri določeni kritični vrednosti postane večina esencialnih elementov toksičnih, kar je odvisno tudi od fizikalno-kemijskih lastnosti kovin, vrste organizma in dejavnikov okolja (Pavšič-Mikuž, 2005).



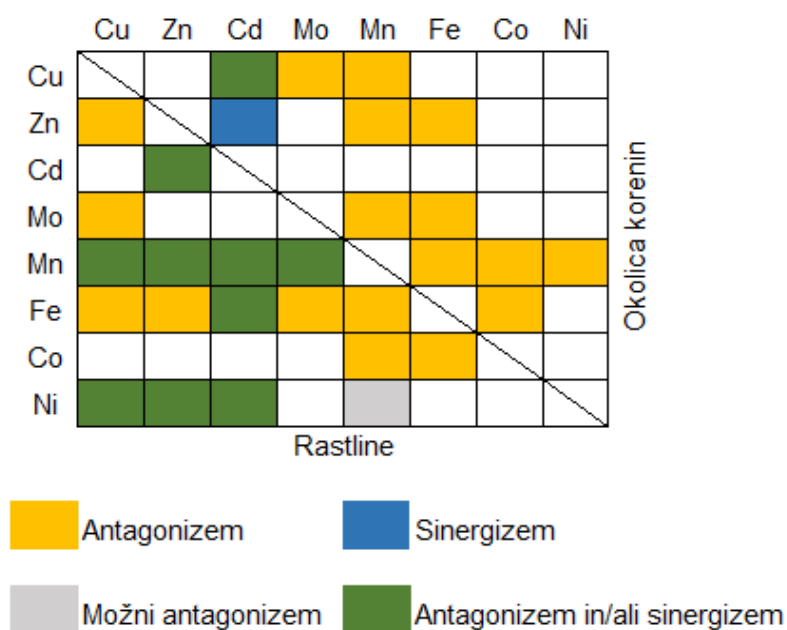
Slika 2: Krivulja razmerja med koncentracijo elementov in odgovorom rastline pri esencialnih elementih
(Vir: medmrežje 5)

Približne količine, ki so potrebne za rast rastlin, so prikazane v preglednici 3. Kabata-Pendias je elemente razdelila v tri skupine, in sicer imamo v tabeli nezadostne, zadostne in čezmerne vrednosti (Kabata-Pendias, 2011).

Preglednica 3: Približne koncentracije elementov v zrelih listnih tkivih, posplošeno za različne vrste rastlin
(Vir: Kabata-Pandias, 2011)

Element	Koncentracije (mg/kg suhe snovi)			Dopustno za kmetijske pridelke
	Nezadostne	Zadostne	Čezmerne	
Mn	10–30	30–300	400–1000	300
Ni	–	0,1–5	10–100	1–10
Cu	2–5	5–30	20–100	5–20
Zn	10–20	27–150	100–400	50–100
Mo	0,1–0,3	0,2–5	10–50	–

Interakcije kemijskih elementov so osnovni pogoj za njihovo pravilno rast in razvoj. Interakcije so lahko antagonistične ali sinergistične. Njihove neuravnovešene reakcije lahko v rastlini povzročijo kemični stres (Kabata-Pendias, 2011). Tako lahko povišana koncentracija določenega elementa v zemlji zavira ali pospešuje absorpcijo drugega elementa (Rojc-Polanec in sod., 2014). Antagonizem se pojavi, ko je kombiniran fiziološki efekt dveh ali več elementov manjši kot vsota njihovih neodvisnih učinkov, medtem ko se sinergizem pojavi, ko je kombiniran učinek teh elementov večji kot vsota njihovih neodvisnih učinkov. Ta interakcija se nanaša predvsem na sposobnost enega elementa, da stimulira absorpcijo drugih elementov v rastlini. Te reakcije so zelo spremenljive in se lahko pojavljajo znotraj celic, torej v membranskih površinah kot tudi okoli rastlinskih korenin. Najpogosteje se antagonistični učinki pojavljajo na dva načina tako, da lahko zavirajo absorpcijo mikrohranil, po drugi strani pa lahko elementi v sledovih zavirajo absorpcijo makrohranil (Kabata-Pendias, 2011).



Slika 3: Interakcija elementov v rastlinskih organizmih in bližini rastlinskih korenin
(Vir: Povzeto po Kabata-Pendias, 2011)

Bioaktivne kovine na osnovi njihovih fizikalno-kemijskih lastnosti so razdeljene v dve skupini. Prva skupina so redoks aktivne kovine (npr. Cu, Fe in Mn), ki lahko neposredno ustvarjajo oksidativne poškodbe po Haber-Weissovi in Fontanovi reakciji, ki vodi do proizvodnje ROS ali do kisikovih prostih radikalov v rastlini. Reakciji povzročata prekinitev celične homeostaze, zlom verige DNA, razdrobljenost proteinov ali celične membrane in poškodbo fotosintetskih pigmentov, ki lahko sprožijo celično smrt. Druga skupina so ne-redoks aktivne kovine (npr. Ni, Zn in Al), ki posredno povzročajo oksidativni stres preko več mehanizmov, vključno z izčrpavanjem glutaciona, zaviranjem antioksidacijskih procesov itd. (Emamverdian in sod., 2015).

Na podlagi ogromne baze podatkov opazovanj je bilo mogoče opredeliti lastnosti tal, ki lahko vplivajo na pomanjkanje mikrohranil v občutljivih rastlinah, ki se kažejo kot kloroze in nekroze predvsem v mladih listih, v obliki venenja, melanizma (rjava, vijolična, rdeča), v zaviranju rasti in listne deformacije (Kabata-Pendias, 2011).

Preglednica 4: Vloga esencialnih elementov za rastlino ter znaki pomanjkanja in presežka (toksičnosti) določenega elementa v rastlini

(Vir: Povzeto po Kabata-Pendias, 2011; Rojc-Polanec in sod., 2014)

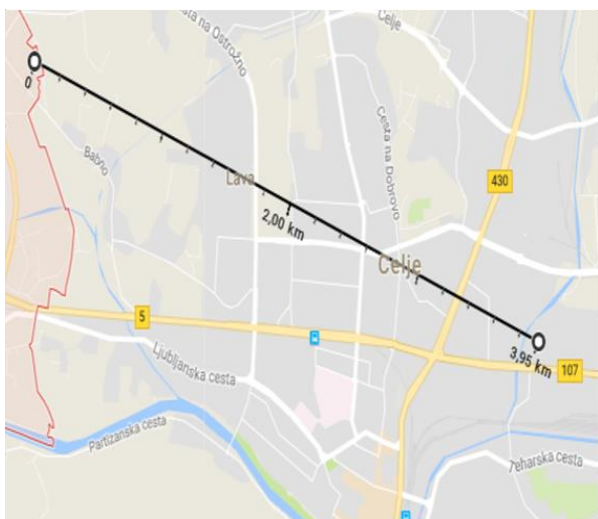
Element	Vloga elementa za rastlino	Znaki pomanjkanja	Znaki toksičnosti
Mn	Udeležjen je pri tvorbi ogljikovih hidratov, beljakovin, sladkorja in klorofila; pomemben pri sintezi vitamina C in pri aktivaciji encimov.	Klorotične lise, nekroze mladih listov in zmanjšan turgor.	Plasirani listi, potemnenje listnih žil v starejših listih, klorotične in nekrotične (črnkasto-rjave ali rdeče pege) lezije na starih listih in črne lise na steblih.
Ni	Vpleten je v presnove ureaze.	–	Medžilna kloroza v novih listih, sivo-zeleni listi in zakrnele korenine.
Cu	Vpleten je v biokemične procese rastline; sodeluje pri metabolizmu ogljikovih hidratov in beljakovin; je del encimov, ki pomaga pri dihanju rastlin.	Venenja, melanizem in motnje lignifikacije in plodnosti cvetnega prahu.	Temno zeleni listi, ki jim sledijo inducirane železove kloroze, nekroze, debele kratke korenine, izgube polipeptidov, ki sodelujejo v fotokemičnih dejavnostih.
Zn	Prisoten je pri tvorbi klorofila, sodeluje pri fotosintezi; pospešuje aktivnost vitaminov in spodbuja rast.	Medžilna kloroza, zakrnela rast, malo listov in vijolično-rdeče točke na listih.	Kloroze pri mladih listih, nekrotični madeži na zrelih listih, zaostala rast celotne rastline, manjše korenine.
Fe	Je sestavni del klorofila in nekaterih proteinov v beljakovinah; zelo pomemben pri dihanju; pomaga pri prenosu energije, redukcijskih reakcijah.	Medžilna kloroza mladih organov.	Temno zeleno listje, zaviranje rasti vrhov in korenin.
Mo	Pomemben je pri procesu redukcije nitratov; je kovinska komponenta različnih encimov.	Kloroze na robovih listov, deformacije listov.	Porumenelost ali porjavelost listov, depresivna rast korenin

3 MATERIALI IN METODE

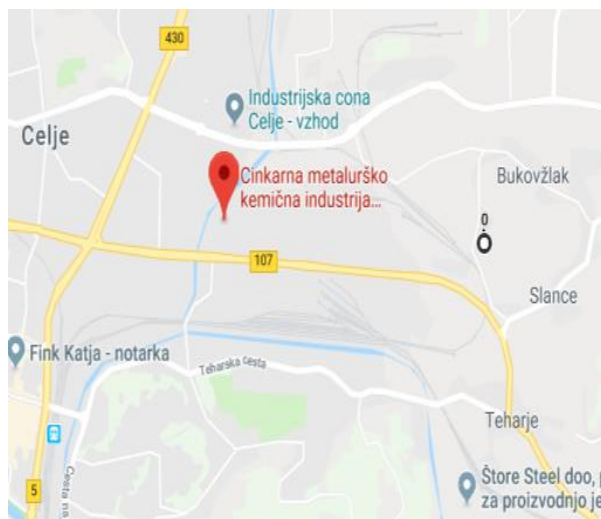
3.1 Predstavitev raziskovalnih območij

Celjska kotlina spada v območja v Sloveniji, ki so močno onesnažena (Ribarič-Lasnik in Grabner, 2010). Obremenjenost s kovinami v Celju je nedvomno posledica 100-letne predelave cinkove rude v Cinkarni Celje, kurjenju premoga za ogrevanje, delovanju Železarne v Štorah in delovanju druge industrije (Žibret in Šajn, 2013).

Vzorčni mesti sta prikazani na sliki 1 in 2 in označeni z odebeljeno številko 0. Medlog (slika 1) je od večjega vira onesnaženja (Cinkarna Celje) zračno oddaljena približno 4 km. Vzorčno mesto v Medlogu se uporablja za kmetijske namene. Bukovžlak (slika 2) se nahaja v neposredni bližini od večjega vira onesnaženja (Cinkarna Celje). Vzorčno mesto se uporablja kot vrt..



Slika 4: Vzorčno mesto, ki je od večjega vira onesnaženja (Cinkarna Celje) zračno oddaljen približno 4 km (Vir: medmrežje 6)



Slika 5: Vzorčno mesto Bukovžlak, ki je v neposredni bližini večjega industrijskega območja (Cinkarna Celje) (Vir: medmrežje 7)

Rezultate analize tal smo pridobili na Inštitutu za okolje in prostor (IOP). Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96) so presežene opozorilne vrednosti v Bukovžlaku za kovine Cd in Pb ter presežene kritične vrednosti za Zn. V Medlogu so presežene mejne vrednosti za Cd in presežene opozorilne vrednosti za As (preglednica 5).

Tla v Medlogu smo označili kot malo onesnažena tla in v Bukovžlaku kot močno onesnažena tla.

Preglednica 5: Vsebnost elementov v vzorcih tal glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (mg/kg suhih tal)
(Vir: Ur. l. RS 68/96, 2017)

Element	Vzorčno mesto		Imisijska vrednost (mg/kg suhih tal)		
	Bukovžlak	Medlog	mejna	opozorilna	kritična
Cd	11,68	1,4	1	2	12
Pb	181,37	38	85	100	530
As	14,4	30,4	20	30	55
Zn	1445,8	139	200	300	720
Cu	52,13	17,7	60	100	300
Ni	20,5	33,1	50	70	210
Mn	605	817			
Mo	0,74	0,40	10	40	200
Fe	2,190 (%)	3,000 (%)			

3.2 Izvedba preskusa

Na IOP Celje smo vzorčili štiri vrste soje. Vzorčenje je potekalo na območju Celja, in sicer na močno onesnaženem območju Bukovžlaka, ki se nahaja v neposredni bližini večjega vira onesnaževanja in malo onesnaženem območju Medloga (glej sliki 1 in 2). V letu 2015 sta bili posajeni dve sorti soje: ES Dominator (00) in Naya (00). V tem letu so bili poslani vzorci rastlin in zemlje (Bukovžlak) v Vancouver (Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.), kjer je bila opravljena analizna metoda ICP-MS v vodnem mediju z enakim deležem HCl in HNO₃. V letu 2016 pa sta bili posajeni ES Mentor (00) in Ema (00), katere vzorce smo analizirali v Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano (NLZOH) v Celju.

Vzorčenje tal je bilo opravljeno v letu 2009 na globini od 0–30 cm, po mednarodnem standardu SIST ISO 10381-1 in po sistemu diagonalnega vzorčenja.

Vzorčenje rastlin je potekalo po metodi naključnega izbora. Naključno izbrani skupki rastlin so bili združeni v en skupen vzorec. Vzorce posamezne sorte so pobrali v treh ponovitvah (paralelkah). Pobrali so od pet do osem celih delov rastline za obe sorti soje. Rastline so ločili po delih, in sicer na koreninski del, stebelni del in na stroke z zrnji, ki so jih štiri tedne zračno sušili. Ko so stroki začeli pokati, so zrnje ločili od strokov. Vzorce so mleli v ultracentrifugalnem mlinu ZM 200 Retsch. Nato so jih shranili v epruvete, ki so bile označene glede na sorto, del rastline in paralelko.

3.3 Analizna metoda

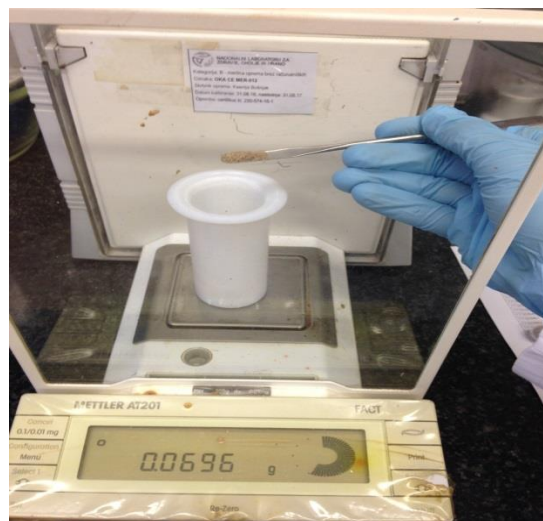
Pri analizni metodi smo uporabili metodo ICP-MS v vodnem mediju z vsebnostjo vodikovega peroksida (H₂O₂) in dušikove kisline (HNO₃) v razmerju 1 : 3. Pri analizni metodi ICP-MS smo za končno določitev upoštevali slovenski standard SIST EN ISO 17294-2:2016 modificiran. Za razklop vzorca je bil uporabljen standard SIST EN 13805:2002 (NLZOH, 2014).

Za laboratorijsko delo smo potrebovali: rokavice, pisalo, zaščitna očala, haljo, natančno tehtnico, plastične epruvete, stojalo za epruvete, stekleni lij, teflonske posodice, merilne bučke, kovinsko palico, mikropipete, merilne pipete, puhalko, opremo za razklop (mikrovalovna sežigna peč, aparat za določevanje kovin Varian 820-MS (ICP-MS), nasadni ključ, vklopne posodice).

2. 3. 2017 smo začeli delo v laboratoriju. Ker je bila masa odvisna od zatehte živil glede na vsebnost suhe snovi, smo v teflonske posodice zatehtali 0,5 g predpripravljenega vzorca. Zatehte so bile pripravljene v dveh ponovitvah (paralelkah) glede na različen del rastline (korenine, steblo, strok in zrno). V teflonske posodice smo poleg 24 vzorcev zatehtali tudi kontrolni vzorec. V kontrolni vzorec smo dodali certificirani referenčni material NCS ZC73013.



Slika 6: Predpripravljeni vzorci so bili shranjeni v epruvete, ki so bile označene glede na sorto, del rastline in paralelko (Foto: Ž. Jankovič, 2017)



Slika 7: Na precizni tehtnici smo v teflonske posodice zatehtali 0,5 g predpripravljenega vzorca (Foto: Ž. Jankovič, 2017)

V vzorce smo odpipetirali 2 ml vodikovega peroksida (H_2O_2) in 6 ml dušikove kisline (HNO_3). Zaprli smo teflonske posodice in jih vstavili v rotor za mikrovalovni razklop ter začeli program. Program je bil odvisen predvsem od izbire mikrovalovne peči in od vrste živila. Največja temperatura v mikrovalovni peči je bila približno $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po približno 55 minutah, ko so se vzorci ohladili, smo vzorce kvantitativno prenesli v 50-ml bučke in dopolnili do oznake z deionizirano vodo. Primerno smo jih označili in oštevilčili ter vstavili v stojala za epruvete. Aparat za določevanje kovin ICP-MS je bilo treba kalibrirati pred meritvami. Vzorci so bili pripravljeni za analizo, kjer smo analizirali naslednje elemente: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cr, Zn, Mn, Cu, Ni, Ba, Tl, Mo, Co, Pb, As in Cd.



Slika 8: Vzorci so bili vstavljeni v rotor za mikrovalovni razklop, kjer so se približno po 55 minutah prenesli v merilne bučke (50ml) (Foto: Ž. Jankovič, 2017)



Slika 9: Analiza vzorcev je potekala na aparatu Varian 820-MS (ICP-MS) (Foto: Ž. Jankovič, 2017)

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 Rezultati rastlinskih delov in diskusija

Opravljen je bil primerjava privzema mikroelementov (Zn, Mn, Cu, Ni, Mo in Fe) v rastlinskih delih (korenina, steblo, strok in zrno) štirih sort soje (Naya (00), ES Dominator (00), Ema (00) in ES Mentor (00)).

PRIVZEM CINKA V RASTLINSKE DELE SOJE

Graf 4 prikazuje, da so najmanjše povprečne vsebnosti Zn v steblo za vse obravnavane sorte soje. Največje povprečne vsebnosti Zn so v zrnu, razen na močno onesnaženem območju v letu 2015, kjer privzem povprečnih vsebnosti Zn v rastlinske dele pada v zaporedju korenina > strok > zrno > steblo. Privzem povprečnih vsebnosti Zn v rastlinske dele pada v zaporedju zrno > strok > korenina > steblo za sorti Ema (00) in ES Mentor (00) na močno onesnaženem območju in na malo onesnaženem območju za sorto Naya (00) (priloga 3). V sorti Naya (00) povprečna vsebnost Zn v zrnih kaže večji privzem v Bukovžlaku, kjer je bila tudi večja vsebnost Zn v tleh v primerjavi z Medlogom (preglednica 5).



Graf 4: Privzem Zn v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)

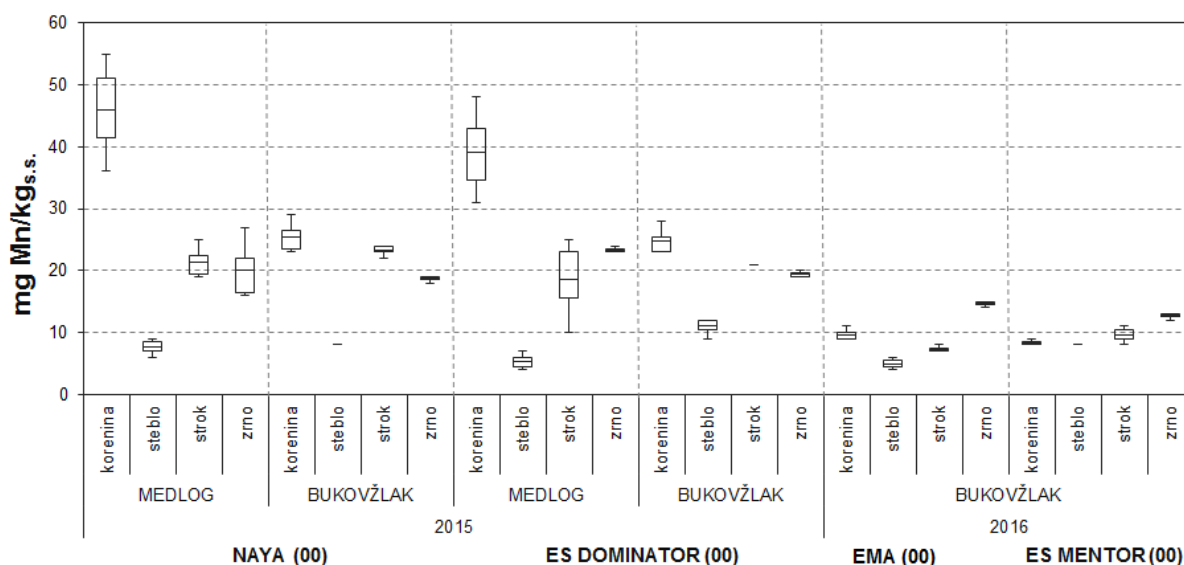
Avtorji navajajo, da je presežek Zn lahko vezan preko fitinske kisline v koreninah soje, vendar pa ta mehanizem ne deluje, če je presežek Cd (Steveninck in sod., 1994 v Kebata-Pendias, 2011, str. 284). Iz literature je mogoče razbrati, da je omejitev strupenosti za Zn odvisna od rastlinskih vrst in genotipov kot tudi od stopnje rasti (Davis in sod., 1978; Hondenberg in Finck, 1975 v Kebata-Pendias, 2011, str. 284). Kritična koncentracija Zn je zelo visoka v tkivih korenin, kjer je imobiliziran v celičnih stenah ali kompleksiran na nedificirane Zn-proteine. Pri občutljivih rastlinskih vrstah so poročali, da tkiva, ki vsebujejo od 150 do 200 mg/kg Zn, takšne rastline zaostajajo v rasti (Kloke in sod., 1984 v Kebata-Pendias, 2011, str. 284). Najpogostejše zgornje kritične vsebnosti Zn različnih vrst rastlin so v razponu od 100 do 500 mg/kg (Macnicol in Beckett, 1985 v Kebata-Pendias, 2011, str. 284). Pomanjkljiva vsebnost Zn je določena od 10 do 20 mg/kg (preglednica 3). Te vrednosti se lahko zelo razlikujejo, saj se pomanjkljivost Zn odraža tudi od zahteve genotipov in interakcije z drugimi elementi v rastlinskih tkivih (Kebata-Pendias, 2011). Rastline, ki rastejo na z Zn močno onesnaženih tleh, kopičijo velik delež kovin v koreninah (Dos Santos in sod., 2006 v Kabata-Pendias, 2011, str. 287). Če primerjamo svoje rezultate s preglednico 3, lahko iz grafa 4 razberemo, da so bile leta 2015 največje kritične vsebnosti Zn v koreninah na močno onesnaženih tleh Bukovžlaka. Te vrednosti so v razponu med 95,9 (min.) in 165,5 mg/kg_{s.s.} (maks.) in lahko pomenijo, da bo takšna rastlina zaostajala v rasti. V letu 2016 so vrednosti v koreninah od 2-krat do 3,4-krat manjše kot v letu 2015 (priloga 2).

Obstajajo tudi poročila (Kebata-Pendias, 2011) o interakcijah Zn z drugimi elementi, kot sta Cd in Fe. Pri Cd gre predvsem za antagonizem ali sinergizem (slika 3). Avtorji (Nan in sod., 2002 v Kebata-Pendias, 2011, str. 285) navajajo, da velika vsebnost Zn in Cd v tleh poveča akumulacijo teh elementov v rastline.

Glede na naše rezultate (graf 4), enako ugotavlja tudi Laznik v diplomskem delu (Laznik, 2017). Vsebnosti Cd so do približno 2-krat večje v koreninah pri sortah ES Mentor (00) in Ema (00) in vsebnosti Zn so za približno 3,5-krat manjše v koreninah v omenjenih sortah, kar nakazuje na antagonizem med Cd in Zn. Zn in Fe sta splošno znana antagonista, kar se v našem primeru ni pokazalo.

PRIVZEM MANGANA V RASTLINSKE DELE SOJE

Graf 5 prikazuje, da vsebujeta sorti Naya (00) in ES Dominator (00) največje povprečne vsebnosti Mn v koreninah v letu 2015. Najmanjša povprečna vsebnost Mn je izmerjena v steblo v vseh obravnavanih sortah soje. Privzem povprečnih vsebnosti Mn v rastlinske dele pada v zaporedju korenina > strok > zrno > steblo na malo onesnaženem območju Medloga za sorto Naya (00) in na močno onesnaženem območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00). Čeprav je bila izmerjena vsebnost Mn med rastlinskimi deli v letu 2016 največja v zrnu, je vsebnost Mn v zrnu bila še večja v letu 2015 in ne največja med rastlinskimi deli. V sortah Naya (00) in ES Dominator (00) povprečna vsebnost Mn v zrnih kaže večji privzem v Medlogu, kjer je bila večja vsebnost Mn v tleh v primerjavi z Bukovžlakom (preglednica 5).



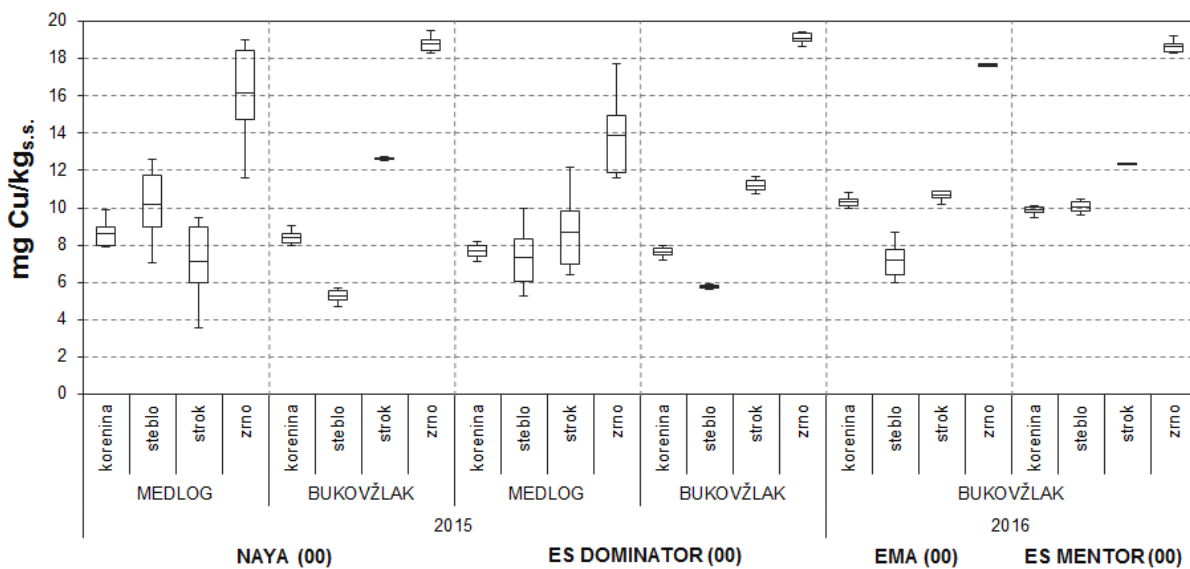
Graf 5: Privzem Mn v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)

Avtorji (Skinner in sod., 2005 v Kebata-Pendias, 2011, str. 207) navajajo, da se Mn hitro privzema in prenaša v rastlini. Rastline, ki rastejo na kislih tleh (pH = 5,5 ali manj), imajo večjo toleranco do presežka Mn v tleh (Kebata-Pendias, 2011). Prav stročnice so najbolj občutljive na presežek Mn v rastnem mediju (Greger, 1999 v Kebata-Pendias, 2011, str 210). Vsebnost Mn kaže na izreden variacijski razmik za rastlinske vrste, stopnjo rasti in različne organe. Kritična pomanjkljivost Mn pri večini rastlin znaša od 15 do 25 mg/kg. Na splošno je večina rastlin prizadeta z vsebnostjo Mn nad 400 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011). Če primerjamo svoje rezultate s preglednico 3, lahko iz grafa 5 razberemo, da vsebuje soja v letu 2016 manjše vsebnosti Mn v koreninskih delih za sorti Naya (00) in ES Dominator (00) na močno onesnaženem območju Bukovžlaka v primerjavi z Medlogom.

Tudi v letu 2015 so v koreninah na onesnaženem območju Bukovžlaka od 1,6-krat do 1,8-krat manjše vsebnosti Mn v primerjavi z malo onesnaženem Medlogom. Vse celokupne vsebnosti Mn predstavljajo zadostne koncentracije v soji (preglednica 3). Mn in Fe sta antagonist in se pojavljata na kislih tleh (slika 3). Grafa 5 in 9 ne kažeta antagonistično interakcijo med Mn in Fe.

PRIVZEM BAKRA V RASTLINSKE DELE SOJE

Graf 6 prikazuje, da so največje povprečne vsebnosti Cu v zrnih v letu 2015 in 2016 za vse obravnavane sorte soje. Privzem povprečnih vsebnosti Cu v rastlinske dele soje pada v zaporedju zrno > strok > korenina > steblo za sorto Naya (00), ES Dominator (00) in Ema (00) na močno onesnaženem območju Bukovžlaka in v Medlogu za sorto ES Dominator (00). V sortah Naya (00) in ES Dominator (00) povprečne vsebnosti Cu kažejo od 1,2-krat do 1,4-krat večji privzem v zrna v Bukovžlaku, kjer je bila tudi za približno 3-krat večja vsebnost Cu v tleh v primerjavi z Medlogom (preglednica 5).



Graf 6 Privzem Cu v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)

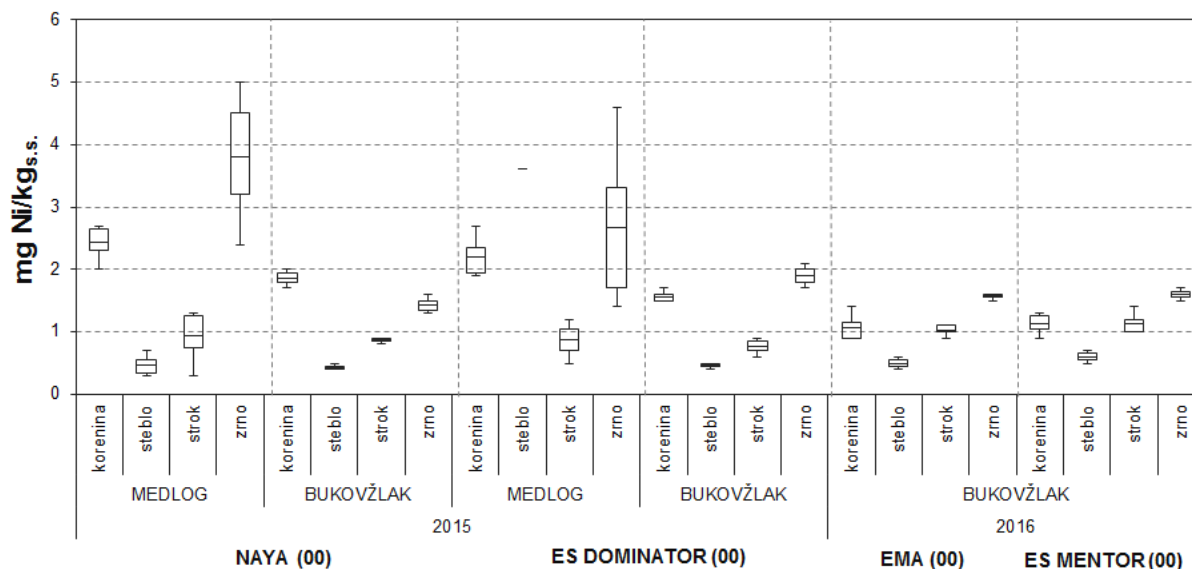
Literaturni viri (Rossini Oliva in Fernandez Espinoza, 2007 v Kebata-Pendias, 2011, str. 260) navajajo, da je vedno več dokazov o aktivni absorpciji Cu. Pasivna absorpcija je verjetna zlasti v toksičnem območju te kovine (Rossini Oliva in Fernandez Espinoza, 2007 v Kebata-Pendias, 2011, str. 260). Cu ima nizko mobilnost v primerjavi z drugimi elementi v rastlinah in večina te kovine ostaja v tkivih korenin in listov do senescence. Samo majhne količine Cu prehajajo v mlade organe, zato že mladi organi nakazujejo na simptome pomanjkanja Cu (Kebata-Pendias, 2011). Po drugi strani pa obstaja nagnjenost, da se Cu kopiči v reproduktivnih organih, kar pa se močno razlikuje med rastlinskimi vrstami (Kebata-Pendias, 2011). Ponavljajoča se bakrova aplikacija v tleh lahko privede do toksičnih koncentracij za nekatere poljščine. Tako je lahko koncentracija Cu v tleh med 25 in 40 mg/kg in pH pod 5,5 in takrat je raven raztopine tal toksična za višje rastline (Kabata-Pendias, 2011). Če primerjamo z literaturo, lahko iz preglednice 5 razberemo, da lahko Cu v tleh predstavlja nevarnost za višje rastline predvsem na območju Bukovžlaka. Za označevanje praga prevelikih vsebnosti Cu se šteje koncentracija od 20 do 100 mg/kg. Vendar pa lahko imajo nekatere rastline zelo veliko toleranco na povečane koncentracije Cu in lahko kopičijo zelo velike količine te kovine v svojih tkivih, precej več na industrijskih območjih (Kebata-Pendias, 2011).

Kloke (1984) navaja vsebnost Cu v tkivih soje 15 - 20 mg/kg, kjer lahko pride do 10 % zmanjšane rasti pri najverjetnejši koncentraciji v območju med 10 in 30 mg/kg (Macnicol in Beckett, 1985 v Kebata-Pendias, 2011, str. 264). Naši rezultati kažejo, da so največje vsebnosti Cu v zrnih v razponu od 11,59 (min.) do 19,49 mg/kg_{s.s.} (maks.) in lahko predstavljajo zmanjšan pridelek pri soji. Avtorji (Olsen, 1972 v Kebata-Pendias, 2011, str. 265) navajajo tudi, da lahko gre za antagonizem med Cu in Mo, kar naši rezultati tega ne kažejo (graf 6 in 8).

Sinergizem (Kebata-Pendias, 2011) med Cu in Cd je lahko sekundarni učinek poškodovanja membrane zaradi neuravnoteženega deleža kovin, kar se kaže v primerih sort Ema (00) in ES Mentor (00), kjer Laznik (Laznik, 2017) v svoji nalogi opisuje povečane vsebnosti Cd v koreninskih delih. Graf 6 prikazuje povečano vsebnost Cu v koreninskih delih v omenjenih sortah do 1,3-krat oz. do največ 26 %.

PRIVZEM NIKLJA V RASTLINSKE DELE SOJE

Graf 7 kaže, da so v letu 2015 najmanjše povprečne vsebnosti Ni v steblo v vseh sortah soje, razen na malo onesnaženem območju za sorto ES Dominator (00). Privzem povprečnih vsebnosti Ni v rastlinske dele soje pada v zaporedju zrno > korenina > strok > steblo pri vseh obravnavanih sortah soje, razen na malo onesnaženih tleh za sorto ES Dominator (00) in močno onesnaženih tleh pri sorti Naya (00) v letu 2015. V steblo sorte ES Dominator (00) na malo onesnaženih tleh je bila vsebnost Ni od 0,3 (min.) do 9,9 mg/kg_{s.s.} (maks.). Zaradi preglednosti grafičnega prikaza smo uporabili samo srednjo vrednost v letu 2015 (Medlog, sorta ES Dominator(00)). V sortah Naya (00) in ES Dominator (00) povprečne vsebnosti Ni kažejo na večji privzem v zrna v Medlogu, kjer je bila tudi večja vsebnost Ni v tleh v primerjavi z Bukovžlakom (preglednica 5).



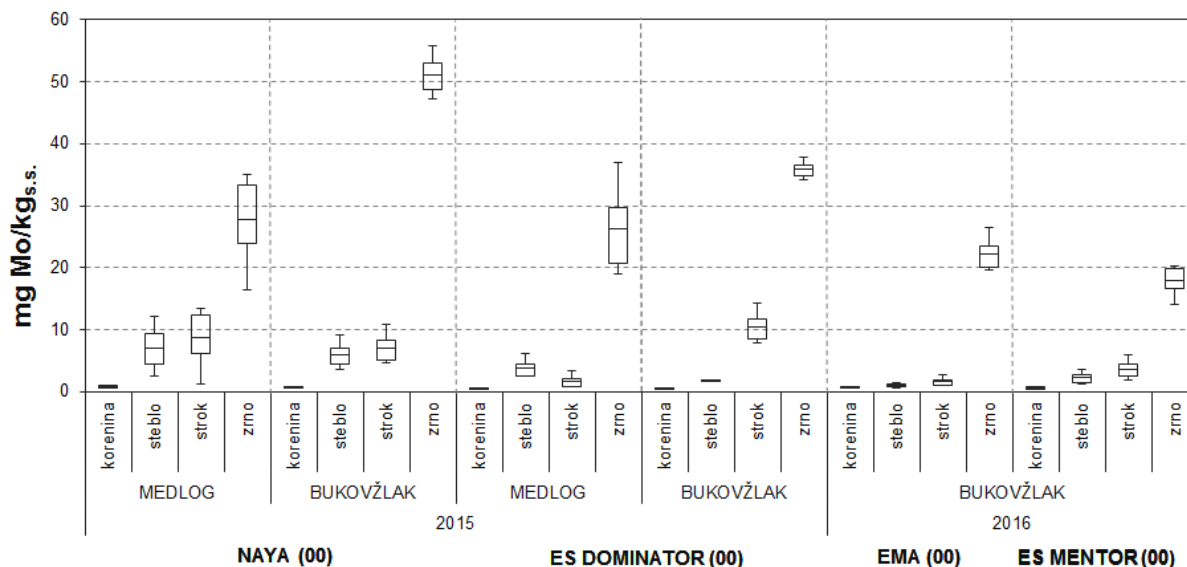
Graf 7: Privzem Ni v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)

Literaturni viri (Mishra in Kar, 1974; Mengel in Kirkby, 1978 v Kebata-Pendias, 2011, str. 241) navajajo, da ni bistvene vloge Ni v metabolizmu rastlin, čeprav je več raziskovalcev predlagalo, da bi lahko bil Ni bistvenega pomena za rastline. Ni ima vlogo v nodulaciji stročnic in učinke na nitrifikacijo in mineralizacijo nekaterih organskih snovi (DeCantazaro in Hutchinson, 1985 v Kebata-Pendias, 2011, str. 241). Avtorji so tudi preučevali distribucijo in oblike Ni v soji in opazili, da kadar je Ni v topni fazi, se hitro absorbira v korenine, saj je zelo mobilni element in ga lahko hitro pridobimo iz tal z rastlinami (Cataldo in sod., 1978 v Kebata-Pendias, 2011, str. 241). Iz svojih rezultatov lahko opazimo, da je največ Ni v zrnih in malo manj v koreninah v letu 2015 in 2016. Prav tako so različni raziskovalci (Rooney in sod., 2007 v Kebata-Pendias, 2011, str. 242) menili, da so vrednosti KIK v prsti najboljši napovednik za toksičnost Ni. Razpon čezmernih ali toksičnih količin Ni v večini rastlinskih vrst se giblje od 10 do 1000 mg/kg, za zrna soje pa od 7 do 26 mg/kg na onesnaženih tleh (Kebata-Pendias, 2011). Vsebnost Ni v zrnih na onesnaženih tleh s Cd, Pb in Zn je v zrnih med 1,5 (min.) in 1,7 mg/kg_{s.s.} (maks.) v letu 2016, in so nižji kot v letu 2015 (graf 7). Glede na literaturo (preglednica 3) naši rezultati ne kažejo čezmernih ali toksičnih vsebnosti Ni v soji.

Občutljive rastlinske vrste pa so že lahko prizadete z nižjimi vsebnostmi Ni od 10 do 30 mg/kg (Kloke in sod., 1984; Macnicol in Beckett, 1985 v Kebata-Pendias, 2011, str. 243). Interakcije med Ni in drugimi kovinami v sledovih, zlasti Fe, imajo skupni mehanizem, ki vključuje toksičnost Ni (Kebata-Pendias, 2011). Presežen Ni lahko povzroči pomanjkanje Fe z inhibiranjem translokacije Fe od korenin do nadzemnih delov (Wallace in sod., 1977 v Kebata-Pendias, 2011, str. 245). Iz grafa 7 in 9 ni mogoče razbrati, da gre za antagonistično interakcijo med Ni in Fe, predvsem v nadzemnih delih soje.

PRIVZEM MOLIBDENA V RASTLINSKE DELE SOJE

Graf 8 kaže, da so najvišje povprečne vsebnosti Mo v zrnu v vseh obravnavanih sortah soje in najmanjše povprečne vsebnosti Mo v koreninah. V letu 2015 je prizvem Mo v zrna na močno onesnaženih tleh večji v primerjavi s prizvemo Mo v zrna na malo onesnaženih tleh. Prizvem povprečnih vsebnosti Mo v rastlinske dele soje pada v zaporedju zrno > strok > steblo > korenina pri vseh obravnavanih sortah soje, razen v letu 2015 na malo onesnaženem območju Medloga pri sorti ES Dominator (00). Povečana vsebnost Mo v tleh (preglednica 5) vpliva na prizvem Mo v zrna, kar se kaže pri sortah Naya (00) in ES Dominator (00) na območju Bukovžlaka.



Graf 8: Prizvem Mo v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)

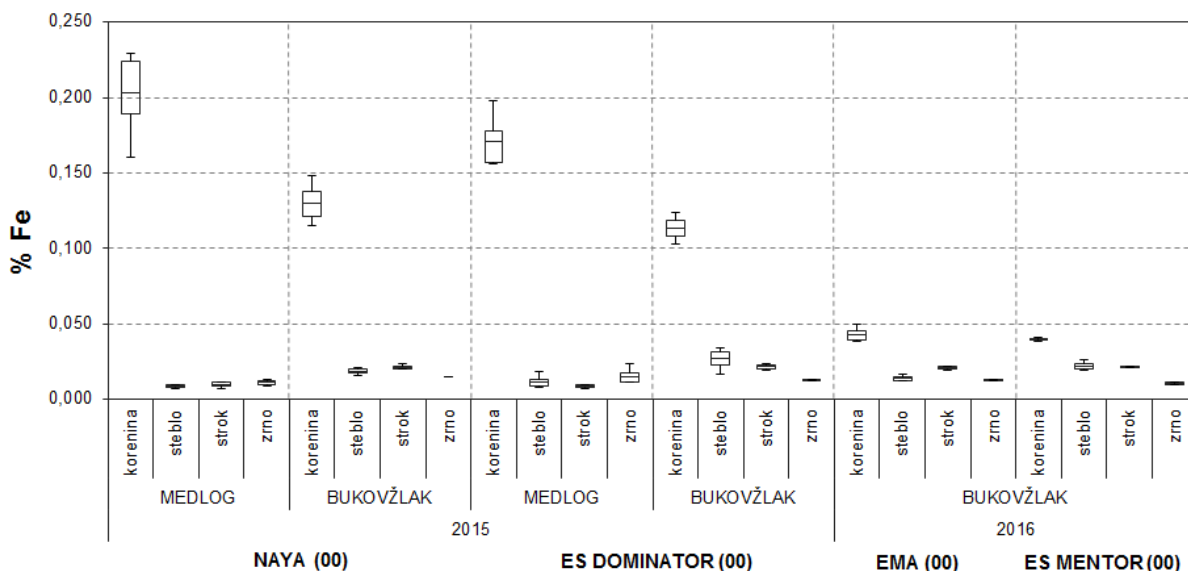
Mo je bistveno mikrohranilo, vendar je fiziološka zahteva za ta element relativno nizka. Njegova mobilnost in fitodostopnost se poveča s pH tal (Kebata-Pendias, 2011). Običajno je opazna pozitivna korelacija med relativnim prevzemom Mo in pH tal. Večje vrednosti Mo so v rastlinah na nevtralnih ali alkalnih tleh (Doyle in sod., 1973 v Kebata-Pendias, 2011, str. 195). Zahteve za Mo so na splošno v vsebnostih od 0,2 do 5 mg/kg v tkivih večine rastlin, le nekaj stročnic potrebuje več Mo. Povprečne vsebnosti Mo v stročnicah se gibljejo od 0,73 do 2,3 mg/kg v različnih državah. Nekatere rastline so znane po tem, da akumulirajo veliko Mo, vendar pa so njegovi toksični učinki glede na pogoje tal zelo redki (Kebata-Pendias, 2011).

Avtorji (Kubota, 1975; Doyle in Fletcher, 1977 v Kebata-Pendias, 2011, str. 197) navajajo, da predstavlja resno skrb predvsem vsebnost Mo v krmi živali. Na območjih, kjer je bila pri pašnih živali ugotovljena toksičnost Mo, se je povprečna vsebnost Mo v stročnicah gibala od 5,2 do 26,6 mg/kg. Mo nad 10 mg/kg, predstavlja v krmi resen problem za večino rejenih živali (Kebata-Pendias, 2011). Glede na svoje rezultate iz grafa 8 vidimo, da je v vseh vrstah soje glede na preglednico 3 presežena vsebnost v zrnih in tako predstavlja potencialno toksičnost Mo za krmo živali.

Izmerjene srednje vrednosti Mo v zrnih za leto 2015 so od 1,4-krat do 1,8-krat večje na onesnaženem območju Bukovžlaka (od 35,79 mg/kg_{s.s.} (min.) do 51,04 mg/kg_{s.s.} (maks.) (priloga 2)) v primerjavi z Medlogom. V rastlinskih tkivih in tudi v zunanjih koreninskih tkivih opazimo več kompleksnih interakcij med Mo in drugimi elementi. Najpomembnejše interakcije so med Mo in Cu (Kebata-Pendias, 2011), ki sta znana antagonista (Olsen, 1972 v Kebata-Pendias, 2011, str. 194). Talni dejavniki, ki povečujejo razpoložljivost Mo v rastline, imajo običajno zaviralne učinke na privzem Cu v rastline (Gartrell, 1981 v Kebata-Pendias, 2011, str. 194), česar na primeru soje nismo zaznali (graf 6 in 8).

PRIVZEM ŽELEZA V RASTLINSKE DELE SOJE

Graf 9 prikazuje, da prevladuje Fe v koreninah za vse sorte soje. Privzem povprečnih vsebnosti Fe v rastlinske dele soje pada v zaporedju korenina > steblo > strok > zrno na močno onesnaženem območju Bukovžlaka za sorto ES Dominator (00) v letu 2015 in v letu 2016 za sorto ES Mentor (00).



Graf 9: Privzem Fe v rastlinske dele sort soje Naya (00) in ES Dominator (00) v letu 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka in v letu 2016 na območju Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00)

Ustrezna vsebnost Fe v rastlinah je bistvena tako za zdravje rastlin kot tudi za oskrbo s hranili za ljudi in živali. Razlike med rastlinami glede njihove sposobnosti absorpcije Fe niso vedno konsistentne in vplivajo na spreminjajoče se razmere tal ter stopnjo rasti rastlin. Na splošno je znano, da stročnice kopičijo več Fe kot druge rastline (Johnston in Proctor, 1977 v Kebata-Pendias, 2011, str. 222). Metabolizem rastlin nadzira razpoložljivost Fe, očitno zaradi izločkov diferencialnih mutagenskih kislin (Maruyama in sod., 2005 v Kebata-Pendias, 2011, str. 220). Pomanjkanje Fe vpliva na več fizioloških procesov in tako zmanjšuje rast in pridelek rastlin. Na tleh, bogatih z mobilnimi frakcijami Fe, lahko prekomerna absorpcija Fe povzroči toksične učinke na rastlinah. Rastlinska poškodba se zaradi strupenosti Fe najpogosteje pojavi na močno kislih tleh, na poplavljenih tleh in na kislih sulfatnih tleh (Kebata-Pendias, 2011). Sojina zrna vsebujejo Fe v povprečnih vrednostih od 48 do 81 mg/kg (Moraghan in Helms, 2005 v Kabata-Pendias, 2011, str. 224).

Če primerjamo naše rezultate z rezultati iz literature po Moraghanu in Helmsu, lahko iz priloge 2 vidimo, da so rezultati v zrnih iz leta 2015 in 2016 za vse štiri sorte soje nad povprečnimi vrednostmi na območju Medloga in Bukovžlaka. Te vrednosti so od 90 mg/kg (min.) do 240 mg/kg (maks.) (graf 9). Na tleh, kjer je vsebnost Fe večja (Medlog), je bila tudi večja vsebnost Fe v koreninah (Medlog) za največ 3,3-krat (preglednica 5). Interakcije med Fe in drugimi sledovnimi elementi so zelo zapletene. Presežene količine Mn, Ni in Co povzročajo zmanjšanje absorpcije in translokacije Fe, kar naši rezultati niso pokazali (graf 5, 7 in 9) (Kebata-Pendias, 2011).

5 SKLEP

Glede na dobljene rezultate naše raziskave podajamo naslednje sklepe:

Za elemente Zn, Mn, Cu, Ni in Mo smo ugotovili da, več kot je obravnavanega elementa v tleh, večja je povprečna vsebnost obravnavanega elementa v zrnih. Zato lahko prvo hipotezo skoraj v celoti potrdimo.

Druge hipoteze ne potrdimo, saj rezultati ne kažejo, da vsebnost nezaželenih snovi v tleh vpliva na pomanjkanje esencialnih elementov v nadzemnih delih rastline.

Na močno onesnaženih tleh je bila vsebnost obravnavanega elementa največja v koreninah sort Naya (00) in ES Dominator (00) za Zn, Mn, Ni in Fe za vse obravnavane sorte soje. Zato tretjo hipotezo potrdimo za Zn, Mn, Ni in Fe pri omenjenih sortah.

V zrnu so bile največje vsebnosti Zn (sorti Ema (00) in ES Mentor (00)) na močno onesnaženih tleh, Cu za vse obravnavane elemente na obeh vzorčnih mestih, Ni (sorta Naya (00) v Medlogu in sorte ES Dominator (00), Ema (00) in ES Mentor (00) na močno onesnaženih tleh), Mo za vse obravnavane sorte na obeh vzorčnih mestih.

Privzem obravnavnih elementov v rastlinske dele je različen med sortami in vzorčnimi mesti.

Vsebnost Mo > 10 mg/kg_{s.s.} v zrnu v vseh obravnavanih sortah na obeh vzorčnih mestih predstavlja potencialno nevarnost za živali in zrnje soje v našem primeru ni primerno za prehrano živali.

6 POVZETEK

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je postala v 20. stoletju vodilna oljnica in industrijska rastlina ter pomembna krmna poljščina. Največje pridelovalke soje so ZDA, Brazilija in Argentina. V primerjavi s tremi največjimi pridelovalkami soje na svetu je na evropskih tleh soje komaj za vzorec. Vendar pa se soja načrtno povečuje s pridelavo beljakovinskih rastlin, saj je EU močno odvisna od uvoza beljakovinske krme. Da bi zmanjšali uvoz gensko spremenjene soje, je skupna kmetijska politika EU (SKP) pripravila strategijo. Del te strategije je tudi Združenje podonavske soje (Donau Soya), v katero spada tudi Slovenija. V Sloveniji Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (MKO) in Javna agencija za raziskovalno dejavnost (ARRS) podpirata raziskave na področju soje (CRP). Naša naloga je vključena v program preizkušanja sort, ki ga izvaja Kmetijski inštitut Slovenije. Diplomsko delo je nastalo v okviru CRP Soja, v obdobju 1.7.2014—30.6.2017, katerega vodja je bil red. prof. dr. Franc Bavec s Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (FKBV) z Univerze v Mariboru. Na projektu so sodelovali Kmetijski inštitut Slovenije (KIS), Biotehniška fakulteta (BF) - Univerza v Ljubljani in Inštitut za okolje in prostor (IOP). Težava, s katero se soočamo v današnjem času je premalo razpoložljivih površin, ki jih še dodatno manjšamo s spremembo namembnosti (ceste, pozidava), onesnaževanjem in opuščanjem, vse to pa nas sili k uporabi degradiranih območij. Treba je preučiti tudi uporabo dodatnih kmetijskih zemljišč, ki bi omogočala pridelavo rastlin, primernih za prehrano ljudi in živali, uporabo v energetske namene, za industrijske surovine (izolacijske in gradbene materiale itn.). Na IOP smo izbrali površine, kjer so vrednosti nekaterih kovin glede na slovensko zakonodajo (Ur .l. RS 68/96) nad kritičnimi vrednostmi. Vzorčenje je potekalo na območju Celja, in sicer na močno onesnaženih tleh Bukovžlaka, ki se nahaja v neposredni bližini večjega vira onesnaževanja in malo onesnaženih tleh Medloga. V letu 2015 sta bili posajeni dve sorti soje: ES Dominator (00) in Naya (00). V tem letu so bili poslani vzorci rastlin in zemlje (Bukovžlak) v Vancouver, kjer je bila opravljena analizna metoda ICP-MS v vodnem mediju z enakim deležem HCl in HNO₃. V letu 2016 sta bili posejani sorti ES Mentor (00) in Ema (00), kjer smo merili esencialne elemente (Zn, Mn, Cu, Ni, Mo in Fe) v koreninah, steblih, strokih in zrnih rastlin. Na NLZOH smo izvedli eksperimentalno analizno metodo ICP-MS v vodnem mediju z vsebnostjo vodikovega peroksida (H₂O₂) in dušikove kisline (HNO₃) v razmerju 1:3. Analizirali smo 17 elementov: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cr, Zn, Mn, Cu, Ni, Ba, Tl, Mo, Co, Pb, As in Cd.

Opravljena je bila primerjava šestih mikroelementov (Zn, Mn, Cu, Ni, Mo in Fe) v rastlinskih delih (korenina, steblo, strok in zrno) štirih vrst soje (Naya (00), ES Dominator (00), Ema (00) in ES Mentor (00)) za leto 2015 in 2016. Laboratorijski rezultati za leto 2015 so pokazali, da so največji privzemi v zrnih značilni za elemente Mo, Zn (Medlog), Cu in Ni (Medlog (Naya (00))) in Bukovžlak (ES Dominator (00)) ter najmanjši povprečni privzemi večinoma v steblih za elemente Zn, Mn, Cu, Ni, v koreninah Mo in v zrnih Fe. Laboratorijski rezultati so pokazali, da so bili za leto 2016 največji privzemi v zrnih za elemente Zn, Mn, Cu, Ni in Mo ter najmanjši povprečni privzemi v steblih za elemente Zn, Mn, Cu (Ema (00) in Ni, v koreninah Mo in zrnih Fe.

Soja na močno onesnaženih tleh privzema od 3-krat do 3,8-krat večje vsebnosti Zn v koreninah v primerjavi z malo onesnaženimi tlemi. V letu 2015 so v koreninah na močno onesnaženih tleh Bukovžlaka za 1,8-krat manjše vsebnosti Mn v primerjavi z malo onesnaženimi tlemi Medloga. Privzem Cu je največji v zrna, ne glede na onesnaženost tal in ne glede na sorto soje. Privzem Cu v zrna soje je od 1,2-krat do 1,4-krat večji na močno onesnaženih tleh v primerjavi z malo onesnaženimi tlemi. V sortah Naya (00) in ES Dominator (00) povprečne vsebnosti Ni kažejo na večji privzem v zrna v Medlogu, kjer je bila tudi večja vsebnost Ni v tleh v primerjavi z Bukovžlakom.

Glede na dobljene rezultate za Mo iz leta 2015 in 2016 smo ugotovili, da soja privzema večje vsebnosti Mo ($> 10 \text{ mg/kg}_{\text{s.s}}$) v zrna in njena uporaba za krmo je potencialno neprimerna. Izmerjene srednje vrednosti Mo v zrnih za leto 2015 so od 1,4-krat do 1,8-krat večje na onesnaženem območju Bukovžlaka (od $35,79 \text{ mg/kg}_{\text{s.s}}$ (min.) do $51,04 \text{ mg/kg}_{\text{s.s}}$ (maks.) (priloga 2)) v primerjavi z Medlogom. Na tleh, kjer je vsebnost Fe večja (Medlog), je bila tudi večja vsebnost Fe v koreninah (Medlog) za največ 3,3-krat. Za elemente Zn, Mn, Cu, Ni in Mo smo ugotovili da, več kot je obravnavanega elementa v tleh, večja je povprečna vsebnost obravnavanega elementa v zrnih. Zato lahko prvo hipotezo skoraj v celoti potrdimo. Druge hipoteze ne potrdimo, saj rezultati ne kažejo, da vsebnost nezaželenih snovi v tleh vpliva na pomanjkanje esencialnih elementov v nadzemnih delih rastline. Na močno onesnaženih tleh je bila vsebnost obravnavanega elementa največja v koreninah sort Naya (00) in ES Dominator (00) za Zn, Mn, Ni in Fe za vse obravnavane sorte soje. Zato tretjo hipotezo potrdimo za Zn, Mn, Ni in Fe pri omenjenih sortah.

Soja je primerna predvsem kot energetska rastlina na onesnaženih območjih Medloga in Bukovžlaka. Njeni nadzemni rastlinski deli bi bili primerni tudi za steljo živali.

7 SUMMARY

In the 20th century, soya beans (*Glycine max* (L.) Merr.) became the leading oleiferous plant and industrial crop, and also a significant fodder crop. The biggest soya bean growers are the United States of America, Brazil and Argentina. Compared to the three biggest soya bean growers in the world, the cultivation of soya in Europe is meagre. However, the amount of soya is now systematically rising due to the cultivation of protein crops, since the EU is strongly affected by the import of protein fodder. In order to reduce the import of genetically modified soya beans, the EU Common Agricultural Policy (CAP) has developed a strategy. Part of this strategy is also Danube Soya Association (Donau Soya), which also includes Slovenia. In Slovenia, the Ministry of Agriculture and Environment (orig. MKO) and Slovenian Research Agency (orig. ARRS) support the research in the field of soya bean production (CRP). Our mission is incorporated in the programme of testing different soya bean varieties, which is performed by the Agricultural Institute of Slovenia (orig. KIS). This diploma thesis was also part of the CRP programme in the field of soya in the period from 1 July 2014 to 30 June 2017, managed by prof. dr. Franc Bavec, a full professor at the Faculty of Agriculture and Life Sciences (orig. FKBV), University of Maribor. The Agricultural Institute of Slovenia (orig. KIS), the Biotechnical Faculty (orig. BF), University of Ljubljana, and The Institute of Environment and Spatial Planning (orig. IOP) located in Celje took part in the project. The problem we need to face today is a lack of available land which is additionally reduced by land-use change (arrangement of roads, buildings, etc.), pollution and abandonment, all of which forces us to use degraded areas. It is also necessary to study the use of additional agricultural land that would enable the cultivation of crops suitable for human and animal consumption, energy use and for industrial raw materials (insulating and building materials, etc.). At the Institute of Environmental and Spatial Planning (abbr. IOP) the land surfaces were selected where the levels of certain metals are above the critical levels according to the Slovenian legislation (Official Gazette RS 68/96). The sampling procedure took place in the two areas of Celje; the one on highly contaminated soil in Bukovžlak, which is located in the immediate vicinity of a major pollution source, and the second one on slightly contaminated soil in Medlog. Two different soya bean varieties were sown in 2015: ES Dominator (00) and Naya (00). That year, the crop and soil samples from Bukovžlak were sent to Vancouver where an ICP-MS method of analysis was carried out using in an aqueous medium with equal proportions of HCL and HNO₃. In 2016 ES Mentor (00) and Ema (00) soya bean varieties were sown where essential elements (Zn, Mn, Cu, Ni, Mo and Fe) were measured in roots, stems, pods and grains of the soya plant. At the National Laboratory of Health, Environment and Food an ICP-MS analysis method was carried out in an aqueous medium containing hydrogen peroxide (H₂O₂) and nitric acid (HNO₃) in the ratio of 1:3. 17 elements were analysed: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cr, Zn, Mn, Cu, Ni, Ba, Tl, Mo, Co, Pb, As and Cd.

A comparison of six microelements was made (Zn, Mn, Cu, Ni, Mo and Fe) in the plant parts (roots, stems, pods and grains) of four different soya bean varieties (Naja (00), ES Dominator (00), Ema (00) and ES Mentor (00)) for the year 2015 and 2016. The lab tests for 2015 show that the biggest absorption in grains is typical for elements Mo, Zn (Medlog), Cu and Ni (Medlog (Naya (00) and Bukovžlak (ES Dominator (00))). The smallest average absorption was mostly in stems for the elements Zn, Mn, Cu, Ni, in roots for the element Mo, and in grains by the element Fe. The lab tests for 2016 show that the biggest absorption in grains was typical for the elements Zn, Mn, Ni and Mo, and the smallest average absorption was in stems - the elements Zn, Mn, Cu (Ema (00)) and Ni, in roots - the element Mo, and in grains - the element Fe.

Soya beans planted in heavily contaminated soils absorb from 3 to 3.8 times higher Zn content in roots compared to the same crop planted in slightly contaminated soils. In 2015 soya bean roots in the heavily contaminated soil in Bukovžlak contained 1.8 times lower Mn level compared to the same crop planted in the slightly contaminated soil of Medlog. The biggest Cu absorption was estimated in grains, irrespective of the level of soil pollution and a soya bean variety. Cu absorption in soya bean grains is from 1.2 to 1.4 times bigger in the heavily contaminated soils compared to the same crop planted in slightly contaminated soils. Naya (00) and ES Dominator (00) soya bean varieties indicated a greater average level of Ni content absorbed by soya grains in the area of Medlog, since the soil there contained a higher level of Ni compared to Ni content in the soil in Bukovžlak.

According to the results of Mo analysis obtained in 2015 and 2016 we have found out that soya absorbs higher levels of Mo ($> 10 \text{ mg/kg}_{\text{s.s.}}$) in grains, and its use as animal feed is potentially inadequate. Measured mean values of Mo in soya grains for 2015 were from 1.4 to 1.8 times higher in the polluted area of Bukovžlak (from $35.79 \text{ mg/kg}_{\text{s.s.}}$ (min.) to $51.04 \text{ mg/kg}_{\text{s.s.}}$ (max.) (Annex 2) compared to the same Mo values in soya grains planted in Medlog. The soil containing higher Fe values (Medlog) also contained up to 3.3 times higher Fe levels in soya bean roots (Medlog). Regarding the analysis of elements Zn, Mn, Cu, Ni and Mo, the research showed that the higher content of such elements in soil meant the higher average content of the same elements in soya bean grains. For this reason, the first hypothesis can almost completely be confirmed. The second hypothesis cannot be confirmed, since the results obtained in the research do not show a significant influence of the level of undesirable substances in soil on the shortage of essential elements in above-ground parts of the plants. In heavily contaminated soils the largest content of each element considered was in roots of Naya (00) and ES Dominator (00) varieties, and for Zn, Mn, Ni and Fe for all considered soya bean varieties. For this reason, the third hypothesis can be confirmed for Zn, Mn, Ni and Fe in these varieties.

Soya is particularly suitable as an energy plant in polluted areas of Medlog and Bukovžlak. Its above-ground plant parts might also be suitable for animal litter.

8 VIRI

Alloway, B., J. (1995). Heavy metals in soils. Glasgow, Blackie Academic and Professional, 363 str.

Bavec, F. (2014). Javni razpis za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa -»Zagotovimo si hrano za jutri!« v letu 2014 – Soja, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede.

Bergant, J. (2008). Pridelava in možnosti uporabe pri nas pridelane soje v prehrani domačih živali: diplomsko delo, visokošolski strokovni študij = Yield and possible use of homegrown soybean in domestic animal nutrition: graduation thesis, higher professional studies. Ljubljana, 53 str.

Čeh, B., Tanjšek, A., Žveplan, S., Rak-Cizej, M., Pavlovič, M., Košir, J. I., Hrastar, R., Kržan, B., Vižintin, B., Nikolič-Matanović, N. (2009). Olinice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije; Ljubljana, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, 152 str.

Černe, K., (2009). Toksikologija (težkih) kovin. Med razgledi, 83–86.

Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdoran, F., Xie, Y. (2015). Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. The scientific world journal. vol. 2015, Article ID 756120, 2015. doi:10.1155/2015/756120, str. 18.

Eskew D., L, Welch R, M., Cary E., E. (1983). Nickel: An Essential Micronutrient for Legumes and Possibly All Higher Plants. Science. New York, Vol 222, no. 4624 621-623, str. 612–623.

FAOSTAT. Food and agriculture organization of the United Nations. Medmrežje 1: <http://www.fao.org/faostat/en/#compare> (5. 4. 2017).

Furlan, J. (1981). Pomen soje za prehrano ljudi in živali. Ljubljana, s.n., 15 str.

Google Maps. Medmrežje 6:
<https://www.google.si/maps/place/3000+Medlog/@46.2355844,15.252403,13.69z/data=!4m5!3m4!1s0x47657023553f9d01:0xe4a366073c1a0b56!8m2!3d46.2535489!4d15.22248> (15. 11. 2017).

Google Maps. Medmrežje 7:
<https://www.google.si/maps/place/Cinkarna+metalurško+kemična+industrija+Celje,+P.O./@46.2459753,15.2820536,13.91z/data=!4m5!3m4!1s0x476570e8b6d6ccff:0x7121dfdb3e638675!8m2!3d46.2364027!4d15.2809363> (18. 1. 2018).

Grabner, B., Ribarič-Lasnik, C. (2013). Predlog zakonskega akta za izboljšanje kakovosti okolja v Celjski kotlini: Proposal of legislative act for the improvement of quality of environment within Celje basin. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji–Celjska kotlina kot modelni pristop za degradirana območja=Environmental pollution and natural resources as a limiting factor for development in Slovenia–Celje basin as a model approach for degraded areas. Celje, IOP–Inštitut za okolje in prostor, str. 97.

Greger, M. (2004). Metal Availability, Uptake, Transport and Accumulation in Plants. Heavy Metal Stress in Plants: From Biomolecules to Ecosystems. Springer Berlin Heidelberg. Berlin, Heidelberg, str. 1–27.

Hollingsworth, E. (2014). Vzemite zdravje v svoje roke: ubežite industriji boleznim. 1. izd. Ljubljana: Ara, 534 str.

Kabata-Pendias, A. (2011). Trace elements in soils and plants: Fourth edition. Boca Raton, Taylor and Francis Group, 548 str.

Kocjan-Ačko, D., Ačko, A. (2016). Zrnate stročnice: pridelava in uporaba. Ljubljana, Založba Kmečki glas, 90 str.

Kocjan-Ačko, D., Mihelič, R. (2017). Pomen zrnatih stročnic za samooskrbo in kroženje snovi. V: Zbornik simpozija: Novi izzivi v agronomiji 2017. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo, str. 9–18.

Matini, L., Ongoka R. P., Tathy P. J. (2011). Heavy metals in soil on spoil heap of an abandoned lead ore treatment plant, SE Congo-Brazzaville. African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 5(2), str. 89–97.

Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojnko, S., Vršič, S. (2010). Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 13 str.

Mineralna prehrana rastlin (Agronomija–UNI). Katedra za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin. Medmrežje 5: http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Vodnik_Predavanja_Bolonja/Vodnik_P_Bolonja_AG-UNI-Fiziologija_rastlin_Minerali-1del-2008-09.pdf (30. 5. 2017).

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano-lokacija Celje.(2014). Center za kemijske analize živil, vod in drugih vzorcev okolja. Navodilo: Kovine v živilih (ICP-MS), 16 str.

Nenadić, N. (1985). Soja. Ljubljana, ČZP Kmečki glas, 63 str.

Pavšič-Mikuž, P. (2005). Kovine in mikroelementi v mahovih in epifitskih lišajih na območju Slovenije: magistrsko delo = Metals and microelements in mosses and epiphytic lichens in Slovenia: master of science thesis. Ljubljana, 117 str.

Pokorn, D. (1995). Soja osvaja svet: mala biblija za zdravo življenje. Ljubljana, Založba Forma 7, 55 str.

Ponnod. Medmrežje 4: <http://www.ponnod.com/si/baza-znanja/makro-mikro-elementi-v-hidroponiki> (18. 5. 2017).

Rojc, A., Košuta, M., Jug, T. (2014). Osnove prehrane rastlin in gnojenja, (Agri-knows). Nova Gorica: KGZS - Kmetijsko gozdarski zavod, 40 str.

Romih, N. (2013). Vpliv povečane koncentracije kovin v rastlinah na njihovo snovno in energijsko izrabo. Doktorska disertacija, Maribor, str. 121.

Romih, N., Grabner, B., Tajnik, T., Marovt, K., Sirše, T., Žibret, G., Ribarič-Lasnik, C. (2010). Ocena onesnaženosti tal na območju Bukovžlaka: Evaluation of soil contamination in the area of Bukovžlak. V: Lakota, M. (ur.), Lobnik, F., Ribarič-Lasnik, C. Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji - modelni pristop za degradirana območja: zbornik 1. konference = Environmental pollution and natural resources as a limiting factor for development in Slovenia - model approach for degraded areas : proceedings of the 1st conference. Celje: IOP - Inštitut za okolje in prostor, 2010, str. 82.

SIST EN 13805:2002. Slovenski inštitut za standardizacijo, 2002, 9 str.

SIST EN ISO 17294-2:2016. Water quality. Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Determination of selected elements including uranium isotopes.

SURS. Statistični urad Republike Slovenije. Medmrežje 2: <http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp> (7.4.2017).

Union of concerned scientists. Medmrežje 3: http://www.ucsusa.org/global-warming/stop-deforestation/drivers-of-deforestation-2016-soybeans#.W0cv0_mLSM8 (7. 4. 2017).

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh, Ur. l. RS, št. 68/96. Zakon o varstvu okolja – ZVO-1. Ur. l. RS, št. 41/04.

Vrščaj B. 2016: Študijsko gradivo: Raba in varstvo tal. (22. 4. 2017).

Zupan, M., Grčman, H., Lobnik, F. (2007). Raziskave onesnaženosti tal v Sloveniji v letu 2006. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, 48 str.

Zupan, M., Grčman, H., Lobnik, F. (2008). Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, 64 str.

Žibret, G., Šajn, R. (2013). Vsebnost kovin v hišnem, podstrešnem in cestnem prahu na območju Celja in predlog ukrepov za izboljšanje stanja: Content of metals in house, attic and street dust in Celje area and a list of proposed measures for the improvement of current condition. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji– Celjska kotlina kot modelni pristop za degradirana območja = Environmental pollution and natural resources as a limiting factor for development in Slovenia–Celje basin as a model approach for degraded areas. Celje, IOP–Inštitut za okolje in prostor, str. 59.

Priloga 1: Prikaz rezultatov z opcijo screenshot iz programske opreme Varian Analyst na aparatu Varian 820-MS (ICP-MS)



ICP-MS Expert Worksheet Report

Report Date 10:00:48am 06/Jul/2017

Worksheet zivila2017_3_7.msws

Analyst

Page 1 of 8

Worksheet Summary

Worksheet: zivila2017_3_7.msws
Created: 02:07:44pm 04/Feb/2009
Analyst:
Computer: ICPMS
Last Saved: 02:00:52pm 13/Mar/2017
Software Ver: v2.2 b126
Firmware Ver: 1.65
Samples: 57
Comment:

Chemistry

Matrix:
Acids Used:
Keywords:
CRM:

Measurement Parameters

Analysis Modes Analysis Type: Quantitative, Acquisition Mode: Steady State, Scan Mode: Peak Hopping
Spacing: Coarse, Points/Peak: 1, Scans/Replicate: 20, Replicates/Sample: 5

Plasma Plasma flow: 18.00 L/min Auxiliary flow: 1.80 L/min Sheath Gas Flow: 0.25 L/min Nebulizer flow: 0.93 L/min
Sampling depth: 6.50mm
Power: 1.40 kW Pump rate: 4 rpm Stabilization delay: 30 sec

Ion Optics (volt) Version Number: 7
First Extraction Lens: -1.00 Second Extraction Lens: -174.00 Third Extraction Lens: -195.00
Left Mirror Lens: 38.00 Right Mirror Lens: 29.00 Bottom Mirror Lens: 30.00
Corner Lens: -224.00 Entrance Lens: 2.00
Fringe Bias: -1.90 Entrance Plate: -28.00
Detector Focus: True Pole Bias: 0.00

CRI (mL/min) Skimmer Cone: OFF CRI Skimmer Gas Flow: 0 m L/min
Sampler Cone: OFF CRI Sampler Gas Flow: 0 m L/min

Sampling Aerosol generation: Nebulizer, Source: Autosampler
Fast pump during sample dehydrate: On, Enable device control: Off
Probe height: 0 mm, Premix: Off, Rinse time: 1.5 sec
Spray Chamber Cooling: On Spray Chamber Temp: 3.00 Degrees Celsius
Sample uptake delay: 50 sec, Smart Rinse: No, Switch Delay: OFF
Scan time: 816 msec, Replicate time: 1632 sec

Analytes (13)

Ti49, Cr52, Mn55, Co59, Ni60, Cu65, Zn66, As75, Se78, Cd111, Ba137, Hg202,
Pb..(Pb206 Pb207 Pb208)

SemiQuant Analytes (2)

Mo68, Tl205

Internal Standards (0)

No. of isotope ratio standards: 0

Isotope Ratios (1)

Ba++/Ba(Ba138++/Ba138)

Default exclusions (7)

Ar40, Ar40.Ar40, N14, N14H1, O16, O16H1, Ar40H1

User-specified exclusions (0)

Scan Segments (21)

Start (m/z)	Stop (m/z)	Dwell (usec)	Attenuation mode	Norm-Med	Med-High
49	49	10000	Auto	30.174	113.153
52	52	10000	Auto	38.014	118.039
55	55	10000	Auto	39.501	117.213

Start (nvz)	Stop (nvz)	Dwell(µsec)	Attenuation mode	Norm-Med	Med-High		
59	59	10000	Auto	41.934	118.155		
60	60	10000	Auto	43.520	120.949		
65	65	10000	Auto	44.649	118.333		
66	66	10000	Auto	44.649	117.448		
69	69	10000	Auto	44.649	117.448		
75	78	10000	Auto	42.584	121.229		
82	83	10000	Auto	42.584	121.229		
98	98	10000	Auto	41.533	118.868		
101	101	10000	Auto	41.533	118.868		
106	106	10000	Auto	41.533	118.868		
108	108	10000	Auto	46.504	119.574		
111	111	10000	Auto	46.963	118.073		
137	140	10000	Auto	45.900	117.698		
202	202	10000	Auto	49.918	114.987		
205	205	10000	Auto	49.918	114.987		
206	206	10000	Auto	49.799	114.564		
207	207	10000	Auto	49.737	115.729		
208	208	10000	Auto	49.737	114.254		

Sample Label	Ti40 ppb ppm	Cr52 ppb ppm	Mn55 ppb ppm	Co59 ppb ppm	Ni60 ppb ppm	Cu65 ppb ppm
Blank	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Carr Conc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Standard 1	-	-	-	-	-	-
Carr Conc	-	-	-	-	-	-
Standard 2	-	-	-	-	-	-
Carr Conc	-	-	-	-	-	-
Standard 3	1.0000	-e	-e	1.0000	1.0000	-e
Carr Conc	1.0000	-	-	1.0000	1.0000	-
Standard 4	5.0000	-e	-e	5.0000	5.0000	-e
Carr Conc	5.0000	-	-	5.0000	5.0000	-
Standard 5	10.0000	-e	-e	10.0000	10.0000	-e
Carr Conc	10.0000	-	-	10.0000	10.0000	-
Standard 6	50.0000	-e	-e	50.0000	50.0000	-e
Carr Conc	50.0000	-	-	50.0000	50.0000	-
Standard 7	100.0000	100.0000	-e	100.0000	100.0000	-e
Carr Conc	100.0000	100.0000	-	100.0000	100.0000	-
Standard 8	500.0000	-	500.0000	-	-	500.0000
Carr Conc	500.0000	-	500.0000	-	-	500.0000
Standard 9	1000.0000	-	1000.0000	-	-	-e
Carr Conc	1000.0000	-	1000.0000	-	-	-
isp	17.2079	21.1132r	18.8413c	12.1206	12.2791	12.3781r
Carr Conc	0	0.02	0.0	0.02	0.02	0.02
isp	-0.3681b	-0.1727b	-0.3507b	0.0482b	-0.4509b	-1.2298b
Carr Conc	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
Preparation Blank	0.2986b	1.1927r	-0.1656b	0.0522b	-0.1250b	0.5877b
Carr Conc	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
KK xi	52.1373	6.3949r	154.2427c	0.8759b	3.8942	31.3982r
Carr Conc	12	1.23	36.4	0.19	0.95	7.27
isp	0.3972b	0.1417b	3.4529c	0.0249b	-0.3888b	-0.5725b
Carr Conc	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
20439 xi 1	122.0567	7.6451r	86.3562c	0.7381b	5.9456	98.8046c
Carr Conc	12	0.63	8.7	0.07	0.62	9.88
20439 xi 2	155.5205	11.4361r	82.7545c	0.9167b	7.0734	111.0624c
Carr Conc	15	0.97	7.9	0.08	0.68	10.46
20466 xi 1	123.5101	8.5709r	82.2710c	0.6954b	5.0806	99.9926c
Carr Conc	13	0.75	8.4	0.07	0.33	10.10
20466 xi 2	127.2900	7.0964r	84.0637c	0.8240b	5.1671	100.3335c
Carr Conc	13	0.59	8.5	0.08	0.33	10.02
20473 xi 1	187.0990	10.3101r	79.4808c	0.7883b	5.9873	97.9786c
Carr Conc	18	0.90	7.8	0.07	0.60	9.59
20473 xi 2	175.8348	9.9302r	85.5710c	0.8106b	6.3819	101.2604c
Carr Conc	17	0.84	8.3	0.07	0.63	9.70
20477 xi 1	106.7605	8.3997r	66.1135c	0.6923b	5.7732	91.5191r
Carr Conc	10	0.71	6.5	0.06	0.58	8.93



ICP-MS Expert Worksheet Report
 Report Date 10:03:55am 06/Jul/2017
 Worksheet zivila2017_3_7.mswws

Sample Label	Ti40 ppb ppm	Cr52 ppb ppm	Mn55 ppb ppm	Cu69 ppb ppm	Ni60 ppb ppm	Cu65 ppb ppm
20477 zi 2 Carr Conc	106.7579 10	6.9284c 0.56	61.1417c 6.0	0.6311b 0.06	5.3375 0.53	86.5251c 8.39
20482 zi 1 Carr Conc	64.9209 6	4.6660c 0.34	40.2403c 4.0	0.4050b 0.03	4.0493 0.41	61.4271c 6.04
20482 zi 2 Carr Conc	72.0894 7	4.5714c 0.33	43.2660c 4.2	0.4410b 0.04	4.7806 0.47	62.1461c 5.93
20499 zi 1 Carr Conc	70.2968 7	4.2713c 0.30	47.2994c 4.6	0.4895b 0.04	4.5391 0.45	71.6767c 6.93
20499 zi 2 Carr Conc	61.9557 6	4.4507c 0.32	45.8560c 4.4	0.4571b 0.04	4.8142 0.47	69.5676c 6.62
20522 zi 1 Carr Conc	556.6007 56	24.8956c 2.37	87.1676c 8.7	1.6272 0.16	11.8241 1.19	96.6982c 9.59
20522 zi 2 Carr Conc	560.0004 52	27.5949c 2.43	90.7946c 8.4	1.6497 0.15	14.9927 1.40	102.8761c 9.49
20524 zi 1 Carr Conc	369.2231 37	18.4959c 1.73	85.0030c 8.6	1.4076 0.14	9.2359 0.95	99.6698c 10.03
20524 zi 2 Carr Conc	390.6412 38	19.4405c 1.80	82.4684c 8.1	1.5341 0.15	9.2231 0.92	103.0092c 10.08
20549 zi 1 Carr Conc	410.0066 40	19.5342c 1.82	81.2816c 8.0	1.4852 0.14	9.4573 0.95	102.8527c 10.11
20549 zi 2 Carr Conc	436.6236 43	19.7451c 1.82	81.5354c 8.0	1.4388 0.14	15.0474 1.48	101.6095c 9.88
20561 zi 1 Carr Conc	487.2400 49	30.5806c 2.97	116.3528c 11.8	2.3442 0.23	15.2018 1.53	110.6908c 11.12
20561 zi 2 Carr Conc	463.1530 46	27.1376c 2.57	105.6927c 10.5	2.1390 0.21	12.8793 1.29	106.3881c 10.48
20562 zi 1 Carr Conc	339.1189 34	19.8420c 1.85	86.6323c 8.6	1.3955 0.13	9.4539 0.95	104.1192c 10.29
20562 zi 2 Carr Conc	293.6719 30	16.9096c 1.60	82.9648c 8.3	1.2346 0.12	9.0151 0.93	96.2985c 9.74
20563 zi 1 Carr Conc	256.0280 26	16.9141c 1.59	88.4736c 9.0	1.3350 0.13	8.5645 0.88	101.2962c 10.17
20563 zi 2 Carr Conc	267.7157 27	17.1480c 1.59	86.7167c 8.7	1.3537 0.13	9.6998 0.98	103.3458c 10.23
20564 zi 1 Carr Conc	43.8506 4	5.0301c 0.38	115.6971c 11.5	0.8511b 0.08	16.0321 1.61	193.2388c 19.19
20564 zi 2 Carr Conc	35.2038 3	5.1826c 0.40	119.2335c 11.9	0.8625b 0.08	16.8213 1.68	194.4841c 19.27
20572 zi 1 Carr Conc	22.7993 2	5.8894c 0.47	128.7322c 12.8	0.7657b 0.07	17.1530 1.72	185.6051c 18.39
20572 zi 2 Carr Conc	63.0343 6	5.7957c 0.43	137.0559c 12.9	0.8002b 0.07	18.3290 1.74	193.2724c 18.18
20573 zi 1 Carr Conc	44.3098 4	5.8802c 0.46	136.4503c 13.3	0.6149b 0.05	14.7501 1.44	190.3784c 18.43
20573 zi 2 Carr Conc	58.8277 5	6.6440c 0.50	146.3286c 13.4	0.6687b 0.06	16.5383 1.52	202.7323c 18.44
20575 zi 1 Carr Conc	32.9411 3	4.7784c 0.36	151.5141c 15.1	0.4547b 0.04	15.4244 1.53	177.5258c 17.66
20575 zi 2 Carr Conc	22.5583 2	5.1220c 0.39	152.7632c 15.2	0.4448b 0.04	15.7385 1.58	176.4938c 17.49
20576 zi 1 Carr Conc	12.7098 1	5.4529c 0.42	138.3638c 13.8	0.3558b 0.03	14.1039 1.41	177.3825c 17.57
20576 zi 2 Carr Conc	12.3730 1	5.5086c 0.43	138.6217c 13.7	0.3543b 0.03	17.9385 1.78	178.9662c 17.59
20577 zi 1 Carr Conc	23.3968 2	5.7665c 0.43	151.4551c 14.9	0.3993b 0.03	15.2138 1.50	179.4937c 17.54
20577 zi 2 Carr Conc	31.7776 3	5.8723c 0.44	162.3216c 15.2	0.4150b 0.03	16.3747 1.54	190.6890c 17.80
20579 zi 1 Carr Conc	80.5494 8	5.3639c 0.42	110.1336c 10.7	1.0012 0.09	14.3669 1.43	127.9910c 12.39
20579 zi 2 Carr Conc	80.8775 7	5.8512c 0.43	116.5328c 10.8	1.0814 0.10	15.4709 1.44	131.7794c 12.15
20580 zi 1 Carr Conc	58.5197 6	4.0462c 0.28	103.5103c 10.2	0.8850b 0.08	10.4367 1.04	127.7105c 12.46



ICP-MS Expert Worksheet Report
 Report Date 10:03:55am 06/Jul/2017
 Worksheet zivila2017_3_7.msww

	Tl49	Cr52	Mn55	Ce69	Ni60	Cu65
Sample Label	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm
20580 zi 2	44.8293	4.2800r	102.6489r	0.8813b	10.5401	126.9052r
Corr Conc	4	0.30	10.1	0.08	1.05	12.38
20581 zi 1	45.4951	4.7352r	87.3702r	0.8192b	10.2566	130.9000r
Corr Conc	4	0.34	8.4	0.07	0.99	12.43
20581 zi 2	47.3687	4.1195r	92.4590r	0.8369b	10.1699	133.9783r
Corr Conc	4	0.27	8.4	0.07	0.94	12.13
20582 zi 1	112.2312	6.3797r	81.8763r	0.8260b	11.3526	110.9389r
Corr Conc	11	0.52	8.2	0.08	1.15	11.04
20582 zi 2	88.6484	6.1771r	86.7060r	0.8255b	11.5041	112.2554r
Corr Conc	9	0.48	8.4	0.08	1.13	10.84
20584 zi 1	66.2773	4.9266r	69.2097r	0.7253b	12.0067	104.9643r
Corr Conc	6	0.37	6.8	0.07	1.19	10.23
20584 zi 2	88.8470	4.3057r	68.5598r	0.7053b	11.0157	105.8941r
Corr Conc	9	0.30	6.7	0.06	1.08	10.22
20585 zi 1	108.6831	4.9081r	73.5553r	0.7295b	8.9542	112.4770r
Corr Conc	11	0.37	7.3	0.07	0.90	11.04
20585 zi 2	99.0984	5.1468r	69.0596r	0.6885b	9.5707	113.4962r
Corr Conc	9	0.38	6.6	0.06	0.93	10.79
izp	1.7492	0.6917rb	1.2299r	0.0015b	-0.3299b	1.1606r
Corr Conc	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
Preparation Blank	-0.4869b	0.6380rb	-0.0122rb	-0.0014b	-0.3706b	-0.7295rb
Corr Conc	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
KK zi	53.9415	7.1849r	165.5042r	0.8957b	4.2041	35.2906r
Corr Conc	12	1.46	36.9	0.20	1.02	8.04
izp	0.2602b	0.3703rb	4.5382r	0.0043b	-0.4949b	-0.4371rb
Corr Conc	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
m leho 1	4.4800	3.0423r	3.0071r	0.4232b	4.7928	3.6301r
Corr Conc	0	0.02	0.0	0.00	0.05	0.04
m leho 2	3.9932	6.6606r	2.8846r	0.4394b	5.1180	3.2846r
Corr Conc	0	0.06	0.0	0.00	0.05	0.04

	Zn66	As75	Se78	SQ: Mo98	Ca111	Ba137
Sample Label	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm
Blank	0.0000	0.0000	0.0000	-q	0.0000	0.0000
Corr Conc	0.0000	0.0000	0.0000	-	0.0000	0.0000
Standard 1	-	-	-	-q	0.1000	-
Corr Conc	-	-	-	-	0.1000	-
Standard 2	-	-	-	-q	0.5000	-
Corr Conc	-	-	-	-	0.5000	-
Standard 3	-e	1.0000	1.0000	-q	1.0000	-e
Corr Conc	-	1.0000	1.0000	-	1.0000	-
Standard 4	-e	5.0000	5.0000	-q	5.0000	-e
Corr Conc	-	5.0000	5.0000	-	5.0000	-
Standard 5	-e	10.0000	10.0000	-q	10.0000	-e
Corr Conc	-	10.0000	10.0000	-	10.0000	-
Standard 6	-e	50.0000	50.0000	-q	50.0000	-e
Corr Conc	-	50.0000	50.0000	-	50.0000	-
Standard 7	-e	-e	100.0000	-q	-e	100.0000
Corr Conc	-	-	100.0000	-	-	100.0000
Standard 8	500.0000	-	-	-q	-	500.0000
Corr Conc	500.0000	-	-	-	-	500.0000
Standard 9	1000.0000	-	-	-q	-	1000.0000
Corr Conc	1000.0000	-	-	-	-	1000.0000
izp	9.2376r	36.8537r	76.3920	0.4927rqb	11.7542r	13.3623r
Corr Conc	0.0	0.04	0.1	0.00	0.022	0.0
izp	-3.9224rb	2.8327r	6.4251	0.4508rqb	0.0813rb	-0.2716rb
Corr Conc	0.0	0.00	0.0	0.00	0.000	0.0
Preparation Blank	-Per	-Per	2.3117P	0.3074rqb	0.0629rb	0.5395rb
Corr Conc	-	-	0.0	0.00	0.000	0.0
KK zi	149.8854r	1.7141r	57.7490	2.2966rq	0.8342rb	37.8006r
Corr Conc	35.4	0.40	13.1	0.47	0.182	8.8
izp	-1.2560rb	0.6669rb	10.4375	0.9354rqb	0.0190rb	0.2020rb
Corr Conc	0.0	0.00	0.0	0.00	0.000	0.0



ICP-MS Expert Worksheet Report

Report Date 10:03:55am 06/Jul/2017

Worksheet zivila2017_3_7.msww

VARIAN Analyst

Sample Label	Zn66	As75	Se78	SQ: Mo98	Cd111	Ba137
	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm
20459 ni 1	308.2362r	0.9199rb	20.7964	29.7468rq	27.3369c	416.4304c
Corr Conc	31.0	0.09	1.9	2.96	2.744	41.8
20459 ni 2	368.0308r	0.8828rb	24.7765	38.8009rq	31.3857c	478.5293c
Corr Conc	34.9	0.08	2.1	3.65	2.985	45.3
20466 ni 1	285.7659r	0.6942rb	15.0605	13.5043cq	26.8038c	480.5788c
Corr Conc	29.0	0.07	1.3	1.34	2.718	48.8
20466 ni 2	278.7801r	0.6292rb	12.1076	10.6440cq	27.4674c	479.2766c
Corr Conc	28.0	0.06	1.0	1.04	2.751	48.1
20473 ni 1	270.8269r	0.7369rb	10.8176	17.5618cq	22.2831c	419.2444c
Corr Conc	26.7	0.07	0.8	1.70	2.187	41.2
20473 ni 2	285.8742r	0.7480rb	10.5711	20.2734cq	24.0036c	452.1569c
Corr Conc	27.5	0.07	0.8	1.92	2.306	43.5
20477 ni 1	299.3962r	0.4763rb	7.9426	15.4042cq	22.3869c	392.8516c
Corr Conc	29.4	0.05	0.6	1.48	2.189	38.5
20477 ni 2	271.1414r	0.4176rb	7.1813	14.9918cq	21.5994c	366.5376c
Corr Conc	26.5	0.04	0.5	1.43	2.109	35.7
20482 ni 1	243.7798r	0.3229rb	6.0109	7.3550cq	25.8062c	385.3225c
Corr Conc	24.2	0.03	0.4	0.70	2.534	38.2
20482 ni 2	269.0988r	0.4560rb	4.1137	7.4747cq	28.9270c	432.9244c
Corr Conc	25.9	0.04	0.2	0.69	2.781	41.7
20499 ni 1	231.4797r	0.4282rb	4.2296	8.6686cq	22.4045c	335.4076c
Corr Conc	22.6	0.04	0.2	0.81	2.178	32.6
20499 ni 2	241.2469r	0.3483rb	3.7892	8.4531cq	22.2161c	332.8682c
Corr Conc	23.2	0.03	0.1	0.78	2.126	31.9
20522 ni 1	428.8375r	1.4960r	5.9431	7.8299cq	24.7250c	305.4927c
Corr Conc	42.8	0.15	0.4	0.75	2.461	30.4
20522 ni 2	475.6183r	1.5930r	8.2964	7.8940cq	26.7105c	329.7823c
Corr Conc	44.1	0.15	0.6	0.70	2.472	30.5
20524 ni 1	424.2804r	1.5168r	8.6465	4.0863cq	23.1107c	332.4016c
Corr Conc	42.9	0.15	0.6	0.38	2.338	33.6
20524 ni 2	432.3494r	1.6155r	7.4633	3.8514cq	24.0688c	353.1331r
Corr Conc	42.6	0.16	0.5	0.35	2.368	34.7
20549 ni 1	398.8195r	1.3534r	6.3823	4.8781rq	21.3768c	301.1913r
Corr Conc	39.4	0.13	0.4	0.45	2.106	29.7
20549 ni 2	400.2272r	1.4688r	6.8910	5.0729cq	21.6442c	309.4401r
Corr Conc	39.2	0.14	0.4	0.47	2.112	30.2
20561 ni 1	600.9442r	2.5054r	5.3124	7.3527cq	26.9330c	343.7667r
Corr Conc	60.7	0.25	0.3	0.71	2.714	34.7
20561 ni 2	533.6057r	2.3019r	4.1015	7.3465cq	25.9774c	329.2175r
Corr Conc	52.8	0.23	0.2	0.70	2.566	32.5
20562 ni 1	536.8631r	1.6128r	3.6102	6.5023cq	27.8684c	332.6241r
Corr Conc	53.4	0.16	0.1	0.62	2.784	33.0
20562 ni 2	466.6092r	1.3986r	3.4338	5.9778cq	25.5647c	301.9962r
Corr Conc	47.5	0.14	0.1	0.58	2.594	30.7
20563 ni 1	406.1761r	1.2908r	3.7581	7.7606cq	22.8230c	254.8781r
Corr Conc	40.0	0.13	0.1	0.75	2.289	25.7
20563 ni 2	450.2602r	1.5254r	3.5832	7.3881rq	23.1032c	246.7302r
Corr Conc	44.8	0.15	0.1	0.70	2.285	24.5
20564 ni 1	661.4193r	0.0165rb	24.6700	193.9348cq	10.9638c	62.1841r
Corr Conc	65.9	0.00	2.2	19.29	1.086	6.1
20564 ni 2	671.0938r	0.1816rb	30.7284	214.6756cq	10.8034c	61.1008r
Corr Conc	66.7	0.02	2.8	21.31	1.068	6.0
20572 ni 1	683.2267r	0.0373rb	32.7254	143.4347rq	12.9314c	63.5931r
Corr Conc	67.9	0.00	3.0	14.23	1.279	6.3
20572 ni 2	707.1169r	0.1145rb	38.1064	146.6216cq	13.7667c	65.8611r
Corr Conc	68.7	0.01	3.4	13.80	1.283	6.2
20573 ni 1	695.8349r	0.1576rb	40.3907	195.8904cq	11.2673c	61.7894r
Corr Conc	67.6	0.02	3.7	18.99	1.088	5.9
20573 ni 2	765.5930r	0.1521rb	46.4340	212.6507rq	12.3387c	66.3675r
Corr Conc	68.9	0.02	4.0	19.37	1.120	6.0
20575 ni 1	747.1605r	0.1332rb	46.9620	262.5583cq	11.6823c	96.2230r
Corr Conc	74.6	0.02	4.5	26.17	1.160	9.5
20575 ni 2	741.7708r	0.0819rb	45.0473	270.1964cq	11.6151c	95.3010r
Corr Conc	73.7	0.01	4.2	26.83	1.148	9.4



ICP-MS Expert Worksheet Report
 Report Date 10:03:55am 06/Jul/2017
 Worksheet zivila2017_3_7.msww

	Zn66	As75	Se78	SQ: Mo98	Ca111	Ba137
Sample Label	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
20576 zi 1	742.095r	0.0264rb	43.6005	201.960cq	16.2608r	128.329c
Carr Conc	73.8	0.00	4.1	20.05	1.610	12.7
20576 zi 2	771.6462r	-0.0040rb	42.8491	196.0486cq	16.7574r	131.2800r
Carr Conc	76.1	0.00	4.0	19.30	1.646	12.9
20577 zi 1	746.9594r	0.1543rb	43.7568	206.6610cq	11.8805r	92.8811r
Carr Conc	73.2	0.02	4.1	20.25	1.159	9.1
20577 zi 2	836.1829r	0.3314rb	46.2474	217.7654cq	12.5199r	99.8142r
Carr Conc	78.3	0.03	4.1	20.36	1.166	9.3
20579 zi 1	549.0065r	0.2296rb	70.2245	78.4536cq	19.8548r	376.0814r
Carr Conc	53.4	0.03	6.6	7.60	1.925	36.5
20579 zi 2	564.0133r	0.2972rb	65.8945	68.5746cq	20.8306r	398.0865r
Carr Conc	52.2	0.03	5.9	6.32	1.923	36.8
20580 zi 1	520.9500r	0.2028rb	55.0877	26.1171cq	22.2822r	469.4483r
Carr Conc	51.1	0.02	5.2	2.53	2.178	46.0
20580 zi 2	509.1176r	0.1284rb	52.5227	21.1440cq	21.9343r	472.7178r
Carr Conc	49.9	0.02	4.9	2.04	2.144	46.3
20581 zi 1	516.1238r	0.2330rb	53.9493	31.6982cq	17.5968r	406.2488r
Carr Conc	49.2	0.02	4.9	3.00	1.673	38.7
20581 zi 2	516.2624r	0.0967rb	53.4085	34.0577cq	18.2909r	427.2570r
Carr Conc	46.9	0.02	4.6	3.07	1.637	38.8
20582 zi 1	538.6736r	0.0280rb	44.9372	28.2395cq	15.8362r	369.0636r
Carr Conc	53.9	0.00	4.3	2.79	1.577	36.9
20582 zi 2	546.8502r	0.1285rb	43.8091	29.1936cq	16.4478r	387.5003r
Carr Conc	53.1	0.02	4.0	2.80	1.592	37.6
20584 zi 1	541.2064r	0.1148rb	39.7675	13.1792cq	19.4182r	459.0604r
Carr Conc	53.1	0.02	3.7	1.26	1.898	45.0
20584 zi 2	525.0930r	0.0625rb	37.1488	11.4932cq	19.7209r	456.0998r
Carr Conc	51.0	0.02	3.4	1.09	1.909	44.2
20585 zi 1	484.5509r	0.1844rb	37.8816	11.7739cq	14.8621r	350.6299r
Carr Conc	47.8	0.02	3.5	1.13	1.460	34.5
20585 zi 2	512.8370r	0.0798rb	36.1195	11.2150cq	14.8424r	340.8818r
Carr Conc	49.0	0.02	3.2	1.04	1.433	32.5
imp	6.1098r	0.0119rb	19.9849	9.5959cq	0.2655rb	5.0998r
Carr Conc	0.0	0.00	0.0	0.02	0.000	0.0
Preparation Blank	3.5301Dr	0.0517rb	9.3725P	1.3463cq	0.0423rb	0.6483rb
Carr Conc	0.0	0.00	0.0	0.00	0.000	0.0
KK zi	169.0145r	1.0739r	55.0731	3.2920cq	0.9347rb	41.4313r
Carr Conc	36.9	0.23	10.2	0.43	0.199	9.1
imp	-0.3449rb	-0.0058rb	6.9626	4.2314cq	0.0044rb	0.4761rb
Carr Conc	0.0	0.00	0.0	0.00	0.000	0.0
m lko 1	387.4971r	-0.0291rb	25.9854	6.8702cq	0.0312rb	11.2319r
Carr Conc	3.8	0.00	0.2	0.06	0.000	0.1
m lko 2	383.4307r	0.0517rb	24.6239	7.1143cq	0.0346rb	11.4871r
Carr Conc	3.8	0.00	0.2	0.06	0.000	0.1

	Hg202	SQ: Tl205	Pb...	Ba138+/-...
Sample Label	ppb	ppb	ppb	
	ppm	ppm	ppm	
Blank	0.0000	-q	0.0000	0.032
Carr Conc	0.0000	-	0.0000	0.032
Standard 1	-	-q	-	0.228
Carr Conc	-	-	-	0.228
Standard 2	-	-q	-	0.388
Carr Conc	-	-	-	0.388
Standard 3	1.0000	-q	-e	0.423
Carr Conc	1.0000	-	-	0.423
Standard 4	5.0000	-q	-e	0.431
Carr Conc	5.0000	-	-	0.431
Standard 5	10.0000	-q	-e	0.448
Carr Conc	10.0000	-	-	0.448
Standard 6	50.0000	-q	-	0.484
Carr Conc	50.0000	-	-	0.484
Standard 7	100.0000	-q	-	0.628
Carr Conc	100.0000	-	-	0.628



ICP-MS Expert Worksheet Report

Report Date 10:03:55am 06/Jul/2017

Worksheet zivila2017_3_7.msww

VARIAN Analyst

Sample Label	Hg202	SQ: Tl205	Pb...	Ba138+1...
	ppb ppm	ppb ppm	ppb ppm	
Standard 8	-	-q	-	0.465
Carr Conc	-	-	-	0.465
Standard 9	-	-q	-	0.466
Carr Conc	-	-	-	0.466
izp	189.8517x	1.3806cq	10.6298r	0.735
Carr Conc	0.1899	0.00	0.00	0.735
izp	9.4898	0.0414rqb	-0.1096rb	0.244
Carr Conc	0.0095	0.00	0.00	0.244
Preparation Blank	6.3441P	0.0337rqb	0.2139rb	0.049
Carr Conc	0.0083	0.00	0.00	0.049
KK.xi	5.6887	0.0794rqb	41.8840r	0.025
Carr Conc	-0.2546	0.01	9.83	0.025
izp	2.9754	0.0250rqb	0.3835rb	0.058
Carr Conc	-0.0034	0.00	0.00	0.058
20459.xi.1	2.5615	0.3565rqb	4.9938r	0.027
Carr Conc	-0.3805	0.03	0.48	0.027
20459.xi.2	2.3563	0.4083rqb	5.8783r	0.025
Carr Conc	-0.3776	0.03	0.54	0.025
20466.xi.1	1.8029	0.5411rqb	5.4704r	0.027
Carr Conc	-0.4625	0.03	0.33	0.027
20466.xi.2	1.4540	0.5568rqb	5.9790r	0.027
Carr Conc	-0.4910	0.03	0.58	0.027
20473.xi.1	1.2754	0.4940rqb	6.8690r	0.027
Carr Conc	-0.4909	0.04	0.66	0.027
20473.xi.2	1.1312	0.5010rqb	6.8190r	0.026
Carr Conc	-0.5022	0.03	0.64	0.026
20477.xi.1	0.9030b	0.5179rqb	6.0876r	0.026
Carr Conc	-0.3543	0.03	0.58	0.026
20477.xi.2	0.8124b	0.4995rqb	4.9439r	0.026
Carr Conc	-0.3402	0.03	0.46	0.026
20482.xi.1	0.7316b	0.5646rqb	3.4768r	0.027
Carr Conc	-0.3368	0.03	0.32	0.027
20482.xi.2	0.6228b	0.6271rqb	3.8379r	0.026
Carr Conc	-0.3312	0.06	0.33	0.026
20499.xi.1	0.5794b	0.4814rqb	3.3882r	0.026
Carr Conc	-0.3619	0.04	0.33	0.026
20499.xi.2	0.3061b	0.4731rqb	3.4864r	0.027
Carr Conc	-0.3603	0.04	0.33	0.027
20522.xi.1	0.4978b	0.7087rqb	17.6797r	0.031
Carr Conc	-0.3825	0.07	1.74	0.031
20522.xi.2	0.4836b	0.7646rqb	19.0035r	0.031
Carr Conc	-0.3426	0.07	1.74	0.031
20524.xi.1	0.4225b	1.1436cq	18.6918r	0.031
Carr Conc	-0.3993	0.11	1.87	0.031
20524.xi.2	0.3772b	1.1574cq	19.8456r	0.031
Carr Conc	-0.3873	0.11	1.93	0.031
20549.xi.1	0.4237b	0.9329rqb	18.0797r	0.031
Carr Conc	-0.3830	0.09	1.77	0.031
20549.xi.2	0.3855b	0.9811rqb	17.2188r	0.031
Carr Conc	-0.3830	0.09	1.66	0.031
20561.xi.1	0.3792b	0.7512rqb	28.4928r	0.032
Carr Conc	-0.6025	0.07	2.86	0.032
20561.xi.2	0.3201b	0.7373rqb	25.7047r	0.031
Carr Conc	-0.3984	0.07	2.32	0.031
20562.xi.1	0.2605b	0.8514rqb	20.8881r	0.031
Carr Conc	-0.6047	0.08	2.06	0.031
20562.xi.2	0.2877b	0.8175rqb	19.0200r	0.031
Carr Conc	-0.6161	0.08	1.97	0.031
20563.xi.1	0.1754b	0.6137rqb	16.2694r	0.030
Carr Conc	-0.6231	0.06	1.62	0.030
20563.xi.2	0.1746b	0.6203rqb	16.9628r	0.032
Carr Conc	-0.6145	0.06	1.67	0.032
20564.xi.1	0.0997b	0.0165rqb	1.0144r	0.020
Carr Conc	-0.6219	0.00	0.08	0.020



ICP-MS Expert Worksheet Report
 Report Date 10:03:55am 06/Jul/2017
 Worksheet zivila2017_3_7.msww

Sample Label	Hg202 ppb ppm	SQ: Tl205 ppb ppm	Pb... ppb ppm	Ba138+... ppb ppm
20564 zi 2	0.0512b	0.0137qb	0.6600rb	0.020
Carr Conc	-0.6255	0.00	0.04	0.020
20572 zi 1	0.0016b	0.0234qb	0.6985rb	0.020
Carr Conc	-0.6305	0.00	0.05	0.020
20572 zi 2	-0.0181b	0.0229qb	0.7803rb	0.020
Carr Conc	-0.6002	0.00	0.05	0.020
20573 zi 1	-0.0181b	0.0198qb	0.6309rb	0.020
Carr Conc	-0.6177	0.00	0.04	0.020
20573 zi 2	-0.0363b	0.0197qb	0.5323rb	0.020
Carr Conc	-0.5921	0.00	0.03	0.020
20575 zi 1	-0.0169b	0.0232qb	0.6612rb	0.026
Carr Conc	-0.6348	0.00	0.04	0.026
20575 zi 2	-0.0256b	0.0228qb	0.3513rb	0.026
Carr Conc	-0.6332	0.00	0.01	0.026
20576 zi 1	-0.0662b	0.0305qb	0.3004rb	0.026
Carr Conc	-0.6372	0.00	0.01	0.026
20576 zi 2	-0.1017b	0.0302qb	0.7259rb	0.026
Carr Conc	-0.6357	0.00	0.05	0.026
20577 zi 1	-0.1222b	0.0283qb	0.3119rb	0.026
Carr Conc	-0.6339	0.00	0.01	0.026
20577 zi 2	-0.0950b	0.0308qb	0.9743rb	0.026
Carr Conc	-0.6029	0.00	0.07	0.026
20579 zi 1	-0.1502b	0.0293qb	1.0541r	0.023
Carr Conc	-0.6317	0.00	0.08	0.023
20579 zi 2	-0.1577b	0.0292qb	1.2190r	0.023
Carr Conc	-0.6020	0.00	0.09	0.023
20580 zi 1	-0.1360b	0.0674qb	0.9012rb	0.024
Carr Conc	-0.6353	0.00	0.07	0.024
20580 zi 2	-0.1498b	0.0673qb	0.9788rb	0.023
Carr Conc	-0.6367	0.00	0.07	0.023
20581 zi 1	-0.1395b	0.0605qb	0.9605rb	0.023
Carr Conc	-0.6187	0.00	0.07	0.023
20581 zi 2	-0.1951b	0.0632qb	0.9177rb	0.023
Carr Conc	-0.5945	0.00	0.06	0.023
20582 zi 1	-0.1569b	0.1200qb	1.4264r	0.023
Carr Conc	-0.6501	0.02	0.12	0.023
20582 zi 2	-0.1332b	0.1272qb	1.3739r	0.023
Carr Conc	-0.6289	0.02	0.11	0.023
20584 zi 1	-0.1581b	0.2407qb	1.1483r	0.024
Carr Conc	-0.6375	0.02	0.09	0.024
20584 zi 2	-0.1573b	0.2383qb	1.2758r	0.024
Carr Conc	-0.6312	0.02	0.10	0.024
20585 zi 1	-0.1561b	0.1482qb	1.1659r	0.024
Carr Conc	-0.6413	0.02	0.09	0.024
20585 zi 2	-0.1892b	0.1442qb	1.4400r	0.024
Carr Conc	-0.6246	0.02	0.12	0.024
isp	0.0292b	0.0084qb	-0.1493rb	0.024
Carr Conc	-0.0063	0.00	0.00	0.024
Preparation Blank	0.0501b	0.0101qb	-0.0415rb	0.026
Carr Conc	0.0001	0.00	0.00	0.026
KK zi	0.0461b	0.0695qb	44.7308r	0.026
Carr Conc	-0.0009	0.02	9.99	0.026
isp	-0.0268b	0.0085qb	0.7646rb	0.031
Carr Conc	-0.0001	0.00	0.00	0.031
m ikho 1	0.0528b	0.0125qb	0.2509rb	0.019
Carr Conc	0.0000	0.00	0.00	0.019
m ikho 2	-0.1742b	0.0082qb	0.3335rb	0.018
Carr Conc	-0.0022	0.00	0.00	0.018

Solution Flag Legend

b	Below IDL	e	Edited or auto-edited result
g	Above linear range	r	Retrospective edit
x	Extended range	a	Overrange dilution
q	SemiQuant derived conc	n	Interference correction equation not applied
d	Default peak position	F	QC Test failure
i	Internal Standard error	S	Standard Additions correction failed limit
N	Attenuation Correction Failed	T	Detector DeadTime Correction Failed
o	Instrument Hardware Overrange	O	Instrument Counter Overrange
X	Software Overrange	m	Solution full mass scan
~	Rapid Read measurement	!	Re-measured solution
u	Method excluded mass		

QC Test Flag Legend

#	%RSD test failed limit	I	Internal Standard Monitor failed limits
I	Check Internal Standard failed limits	Q	Initial Calibration Verification failed limits
Q	Continuing Calibration Verification failed limits	L	Laboratory Control Sample failed limits
?	Interference Check Sample A failed limits	?	Interference Check Sample AB failed limits
Q	Quality Control Sample failed limits	M	Memory Test Solution failed limit
C	Required Detection Limit test failed limit	Z	Initial Calibration Blank failed limit
Z	Continuing Calibration Blank failed limit	P	Preparation Blank failed limit
Z	Memory Test Blank failed limit	R	Lab Reagent Blank failed limit
*	Duplicates failed limits	E	Serial dilution failed limits
*	Matrix Spike Duplicate failed limits	*	Post Digestion Duplicate Spike failed limits
N	Matrix Spike failed limits	?	Post Digestion Spike failed limits
F	Laboratory Fortified Blank failed limit	U	User1 failed limits
U	User2 failed limits	U	User3 failed limits
U	User4 failed limits	U	User5 failed limits

Worksheet Legend

IS	Internal Standard	SQ	Semi Quantitative analyte
+M	Additionally measured mass		

Priloga 2: Povprečne vsebnosti esencialnih elementov v rastlinskih delih soje

Povprečne vrednosti in standardni odkloni Zn v rastlinskih delih soje v treh ponovitvah (paralelkah) za leto 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Naya (00) in ES Dominator (00) in za leto 2016 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00).

Sorta	Leto	Zn [mg/kg _{s.s.}]	Korenina n = 3	Steblo n = 3	Strok n = 3	Zrno n = 3
Naya (00)	2015	MEDLOG	37,67 ± 3,07	22,10 ± 7,15	41,80 ± 19,81	62,20 ± 5,27
		BUKOVŽLAK	141,47 ± 18,05	33,23 ± 3,93	91,20 ± 8,68	73,67 ± 1,81
ES Dominator (00)		MEDLOG	34,30 ± 4,98	14,00 ± 2,08	33,20 ± 12,21	62,20 ± 2,15
		BUKOVŽLAK	102,37 ± 5,77	32,97 ± 5,68	68,20 ± 5,39	65,23 ± 1,39
Ema (00)	2016	BUKOVŽLAK	50,33 ± 5,73	25,33 ± 2,05	51,33 ± 2,49	75,00 ± 0,82
ES Mentor (00)			41,67 ± 1,89	30,33 ± 3,40	50,67 ± 2,05	67,33 ± 1,25

Povprečne vrednosti in standardni odkloni Mn v rastlinskih delih soje v treh ponovitvah (paralelkah) za leto 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Naya (00) in ES Dominator (00) in za leto 2016 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00).

Sorta	Leto	Mn [mg/kg _{s.s.}]	Korenina n = 3	Steblo n = 3	Strok n = 3	Zrno n = 3
Naya (00)	2015	MEDLOG	46,00 ± 7,79	7,67 ± 1,25	21,33 ± 2,62	20,00 ± 4,97
		BUKOVŽLAK	25,33 ± 2,62	8,00 ± 0,00	23,33 ± 0,94	18,67 ± 0,47
ES Dominator (00)		MEDLOG	39,00 ± 6,98	5,33 ± 1,25	18,67 ± 6,34	23,33 ± 0,47
		BUKOVŽLAK	24,67 ± 2,36	11,00 ± 1,41	21,00 ± 0,00	19,33 ± 0,47
Ema (00)	2016	BUKOVŽLAK	9,67 ± 0,94	5,00 ± 0,82	7,33 ± 0,47	14,67 ± 0,47
ES Mentor (00)			8,33 ± 0,47	8,00 ± 0,00	9,67 ± 1,25	12,67 ± 0,47

Povprečne vrednosti in standardni odkloni Cu v rastlinskih delih soje v treh ponovitvah (paralelkah) za leto 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Naya (00) in ES Dominator (00) in za leto 2016 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00).

Sorta	Leto	Cu [mg/kg _{s.s.}]	Korenina n = 3	Steblo n = 3	Strok n = 3	Zrno n = 3
Naya (00)	2015	MEDLOG	8,63 ± 0,91	10,16 ± 2,32	7,14 ± 2,57	16,18 ± 3,28
		BUKOVŽLAK	8,43 ± 0,43	5,26 ± 0,43	12,63 ± 0,09	18,78 ± 0,51
ES Dominator (00)		MEDLOG	7,67 ± 0,42	7,33 ± 1,95	8,69 ± 2,50	13,86 ± 2,76
		BUKOVŽLAK	7,63 ± 0,33	5,77 ± 0,12	11,20 ± 0,39	19,12 ± 0,36
Ema (00)	2016	BUKOVŽLAK	10,33 ± 0,34	7,17 ± 1,13	10,67 ± 0,33	17,63 ± 0,05
ES Mentor (00)			9,87 ± 0,26	10,07 ± 0,37	12,33 ± 0,05	18,63 ± 0,40

Povprečne vrednosti in standardni odkloni Ni v rastlinskih delih soje v treh ponovitvah (paralelkah) za leto 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Naya (00) in ES Dominator (00) in za leto 2016 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00).

Sorta	Leto	Ni [mg/kg _{s.s.}]	Korenina n = 3	Steblo n = 3	Strok n = 3	Zrno n = 3
Naya (00)	2015	MEDLOG	2,43 ± 0,31	0,47 ± 0,17	0,93 ± 0,45	3,80 ± 1,07
		BUKOVŽLAK	1,87 ± 0,12	0,43 ± 0,05	0,87 ± 0,05	1,43 ± 0,12
ES Dominator (00)		MEDLOG	2,20 ± 0,36	3,57 ± 4,48	0,87 ± 0,29	2,67 ± 1,39
		BUKOVŽLAK	1,57 ± 0,09	0,47 ± 0,05	0,77 ± 0,12	1,90 ± 0,16
Ema (00)	2016	BUKOVŽLAK	1,07 ± 0,24	0,50 ± 0,08	1,03 ± 0,09	1,57 ± 0,05
ES Mentor (00)			1,13 ± 0,17	0,60 ± 0,08	1,13 ± 0,19	1,60 ± 0,08

Povprečne vrednosti in standardni odkloni Mo v rastlinskih delih soje v treh ponovitvah (paralelkah) za leto 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Naya (00) in ES Dominator (00) in za leto 2016 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00).

Sorta	Leto	Mo [mg/kg _{s.s.}]	Korenina n = 3	Steblo n = 3	Strok n = 3	Zrno n = 3
Naya (00)	2015	MEDLOG	0,79 ± 0,10	7,10 ± 3,95	8,64 ± 5,32	27,66 ± 8,12
		BUKOVŽLAK	0,70 ± 0,15	5,94 ± 2,28	7,07 ± 2,72	51,04 ± 3,60
ES Dominator (00)		MEDLOG	0,45 ± 0,05	3,80 ± 1,66	1,68 ± 1,15	26,17 ± 7,72
		BUKOVŽLAK	0,38 ± 0,02	1,67 ± 0,08	10,45 ± 2,82	35,79 ± 1,48
Ema (00)	2016	BUKOVŽLAK	0,67 ± 0,05	1,00 ± 0,36	1,70 ± 0,78	22,17 ± 3,07
ES Mentor (00)			0,53 ± 0,12	2,23 ± 1,07	3,67 ± 1,70	17,83 ± 2,75

Povprečne vrednosti in standardni odkloni Fe v rastlinskih delih soje v treh ponovitvah (paralelkah) za leto 2015 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Naya (00) in ES Dominator (00) in za leto 2016 na območju Medloga in Bukovžlaka za sorti Ema (00) in ES Mentor (00).

Sorta	Leto	Fe [%]	Korenina n = 3	Steblo n = 3	Strok n = 3	Zrno n = 3
Naya (00)	2015	MEDLOG	0,203 ± 0,030	0,009 ± 0,001	0,010 ± 0,002	0,011 ± 0,002
		BUKOVŽLAK	0,130 ± 0,014	0,019 ± 0,002	0,021 ± 0,002	0,015 ± 0,000
ES Dominator (00)		MEDLOG	0,171 ± 0,019	0,012 ± 0,004	0,009 ± 0,001	0,015 ± 0,006
		BUKOVŽLAK	0,113 ± 0,009	0,027 ± 0,007	0,022 ± 0,002	0,012 ± 0,000
Ema (00)	2016	BUKOVŽLAK	0,043 ± 0,005	0,014 ± 0,002	0,021 ± 0,001	0,012 ± 0,000
ES Mentor (00)			0,040 ± 0,001	0,022 ± 0,003	0,021 ± 0,000	0,010 ± 0,000

Priloga 3: Rezultati analiz privzemov esencialnih elementov v rastlinske dele soje za leto 2015 in 2016

Privzemi Zn, Mn in Cu v zaporedju v rastlinskih delih štirih vrst soje na območju Medloga in Bukovžlaka za leto 2015 in v letu 2016 na območju Bukovžlaka.

Leto	Sorta	Zn	Mn	Cu
2015	Naya (00)	zrno > strok > korenina > steblo	MEDLOG korenina > strok > zrno > steblo	zrno > steblo > korenina > strok
	ES Dominator (00)	zrno > korenina > strok > steblo	korenina > zrno > strok > steblo	zrno > strok > korenina > steblo
	Naya (00)	korenina > strok > zrno > steblo	BUKOVŽLAK korenina > strok > zrno > steblo	zrno > strok > korenina > steblo
	ES Dominator (00)	korenina > strok > zrno > steblo	korenina > strok > zrno > steblo	zrno > strok > korenina > steblo
2016	Ema (00)	zrno > strok > korenina > steblo	zrno > korenina > strok > steblo	zrno > strok > korenina > steblo
	ES Mentor (00)	zrno > strok > korenina > steblo	zrno > strok > korenina > steblo	zrno > strok > steblo > korenina

Privzemi Ni, Mo in Fe v zaporedju v rastlinskih delih štirih vrst soje na območju Medloga in Bukovžlaka za leto 2015 in v letu 2016 na območju Bukovžlaka.

Leto	Sorta	Ni	Mo	Fe
2015	Naya (00)	zrno > korenina > strok > steblo	MEDLOG zrno > strok > steblo > korenina	korenina > zrno > strok > steblo
	ES Dominator (00)	steblo > zrno > korenina > strok	zrno > steblo > strok > korenina	korenina > zrno > steblo > strok
	Naya (00)	korenina > zrno > strok > steblo	BUKOVŽLAK zrno > strok > steblo > korenina	korenina > strok > steblo > zrno
	ES Dominator (00)	zrno > korenina > strok > steblo	zrno > strok > steblo > korenina	korenina > steblo > strok > zrno
2016	Ema (00)	zrno > korenina > strok > steblo	zrno > strok > steblo > korenina	korenina > strok > steblo > zrno
	ES Mentor (00)	zrno > korenina > strok > steblo	zrno > strok > steblo > korenina	korenina > steblo > strok > zrno