

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNOLOŠKI FAKULTET

**UTICAJ BLIZINE FREKVENTNIH  
SAOBRAĆAJNICA NA SADRŽAJ  
TOKSIČNIH ELEMENATA U  
ZEMLJIŠTU I PŠENICI**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:  
Prof. dr Nada Filipović

Kandidat:  
mr Gordana Ludajić, dipl. inž.

Novi Sad, 2014. godine

**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	<b>mr Gordana Ludajić</b>
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	<b>Prof. dr Nada Filipović</b> , redovni profesor
Naslov rada: NR	<b>Uticaj blizine frekventnih saobraćajnica na sadržaj toksičnih elemenata u zemljištu i pšenici</b>
Jezik publikacije: JP	Srpski jezik, latinica
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	AP Vojvodina
Godina: GO	2014
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad

Fizički opis rada: FO	6 poglavlja, 124 strane, 21 slika, 32 tabele, 122 litrarna navoda
Naučna oblast: NO	Prehrambena tehnologija
Naučna disciplina: ND	Prehrambeno inženjerstvo
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Zemljište, pšenica, toksični elementi, esencijalni elementi
UDK	633.11 : 631.453 (043.3)
Čuva se: ČU	Biblioteka Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu
Važna napomena: VN	nema
Izvod: IZ	<p>Ispitivan je sadržaj toksičnih elemenata (Pb, Cd, As i Hg) kao i esencijalnih elemenata (Cu, Zn, Fe i Mn) u odabranim uzorcima poljoprivrednog zemljišta na različitim udaljenostima od frekventnih saobraćajnica, kao i u celom zrnu pšenice i njegovim delovima (mekinje i brašno), primenom ICP masene spektrometrije. Analiza korelacije, ANOVA, analiza glavnih komponenata (PCA) i post-hoc Tukey's HSD testovi su upotrebljeni za statističku evaluaciju dobijenih rezultata. U okviru svakog primenjenog eksperimentalnog metoda, sadržaja toksičnih elemenata u uzorcima zrna pšenice je Tukey testovima pokazao značajnu razliku na nivou značaja <math>p &lt; 0.05</math>, 95% granice pouzdanosti.</p> <p>ANOVA i F-test za Mn (<math>F=3000.6</math>), su pokazali da je kod njega varijansa veća u odnosu na ostale elemente, što znači da se uzorci na različitim lokacijama značajno razlikuju zbog uticaja tog Mn. Za Fe i Zn F je 1609.0 i 2773.4 respektivno što znači da su analize za Mn, Fe i Zn tačnije u poređenju sa drugim upotrebljenim analizama. Prema ANOVI i F-testu na <math>p &lt; 0.01</math> nivou, 95% granice pouzdanosti urađenom za sadržaj toksičnih elemenata u zemljištu, utvrđeno je da je Mn (<math>F=78640.0</math>) uticajnija varijabla za konačni rezultat, a zatim slede Zn (<math>F=2885.4</math>) ili Fe (<math>F=2699.02</math>).</p> <p>Pirsonovom tabelom je utvrđena korelacije hemijskih elemenata u zrnu pšenice u odnosu na sardžaj ispitivanih elemenata u zemljištu. Utvrđeno je da sadržaj Cd dobro koreliše</p>

	<p>između pšenice i zemljišta (0,494), što ukazuje da se taj element unosi u pšenicu iz zemljišta. Pekarski proizvodi se konzumiraju svakodnevno i zbog toga su pogodni za korigovanje nedostataka vlakana u hrani. Kao sirovina bogata prehrambenim vlaknima u proizvodnji hleba i peciva koriste se pšenične mekinje, pa je neophodno praćenje sadržaja toksičnih elemenata kako u brašnu tako i u mekinjama. To će omogućiti proizvodnju bezbedne hrane i sprečiti da ovi elementi ulaze u lanac ishrane.</p>
<p>Datum prihvatanja teme od strane Senata: DP</p>	<p>29.11.2012.</p>
<p>Datum odbrane: DO</p>	
<p>Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO</p>	<p>predsednik: <b>Dr Eva Lončar</b>, redovni profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad</p> <hr/> <p>član: <b>Dr Nada Filipović</b>, redovni profesor-mentor, Tehnološki fakultet, Novi Sad</p> <hr/> <p>član: <b>Dr Marija Bodroža-Solarov</b>, naučni savetnik, Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad</p> <hr/> <p>član: <b>Dr Lato Pezo</b>, naučni saradnik, Institut za opštu i fizičku hemiju, Beograd</p> <hr/> <p>član: <b>Dr Jelena Filipović</b>, naučni saradnik, Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad</p>

**UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF TECHNOLOGY**

Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Ph.D. Thesis
Author: AU	<b>Gordana Ludajić, M.Sc.</b>
Mentor: MN	<b>Nada Filipović, Ph.D., Full Profesor</b>
Title: TI	<b>The impact of motorway proximity on microelements content in wheat and agricultural land</b>
Language of text: LT	Serbian language, Latin
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	AP Vojvodina
Publication year: PY	2014
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad

Physical description: PD	6 chapters, 124 pages, 21 images, 32 tables, 122 references
Scientific field SF	Food Technology
Scientific discipline SD	Food Engineering
Subject, Key words SKW	Soil, wheat, toxic microelements, essential elements
UC	633.11 : 631.453 (043.3)
Holding data: HD	Library of the Faculty of Technology, University of Novi Sad
Note: N	no
Abstract: AB	<p>The research of content of toxic elements (Pb, Cd, As and Hg) and essential elements (Zn, Cu, Fe and Mn) in selected samples of roadside soils, as well as in the wheat grain, wheat flour and bran using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. Correlation analysis, ANOVA, Principal Component Analysis (PCA) and post-hoc Tukey's HSD tests were applied for statistical evaluation of obtained results.</p> <p>The Tukey's tests have been evaluated for comparison between toxic elements content in wheat kernel samples within each of used experimental methods, and statistically significant difference has been found in almost all samples, at significance level, <math>p &lt; 0.05</math>, 95% confidence limit. ANOVA test and F-test for Mn content (<math>F = 3000.6</math>) showed a more influential variable in comparison with other elements, meaning that samples taken in different locations differ significantly due to Mn influence. As for Fe and Zn, F is 1609.0 and 2773.4 respectively. These findings confirm that Mn, Fe and Zn assays are more accurate compared to other applied assays. According to ANOVA and F-test at <math>p &lt; 0.01</math> level, 95% confidence limit used for toxic elements content analysis in soil, it was found that Mn content (<math>F = 78640.0</math>) was a more influential variable for final result, followed by Zn (<math>F = 2885.4</math>) or Fe (<math>F = 2699.02</math>). Pearson table shows correlation between chemical elements in wheat grain compared to the content of analyzed elements in soil. It was found that there is correlation between Cd content in wheat and soil (0,494),</p>

	<p>which indicates that this element entered the wheat via the soil. The results show that the concentrations of tested elements are the highest in peripheral parts of the grain, i.e. in the bran, which is especially significant for production of bread with added bran.</p> <p>Pastry products are consumed on a daily basis, which makes them suitable to compensate for fiber deficiency in food. Being rich in dietary fibers, wheat bran is used in bread and pastry production; therefore, monitoring of the content of toxic elements in both flour and bran is required to ensure production of safe and healthy food and to prevent them from entering the food chain.</p>
Accepted on Senate on: AS	29.11.2012.
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	<p>president: <b><i>Eva Lončar</i></b>, Ph.D., Full Professor, Faculty of Sciences, Novi Sad</p> <hr/> <p>member: <b><i>Nada Filipović</i></b>, Ph.D., Full Professor – mentor, Faculty of Technology, Novi Sad</p> <hr/> <p>member: <b><i>Marija Bodroža-Solarov</i></b>, Ph.D., Principal Research Fellow, Institute of Food Technology, Novi Sad</p> <hr/> <p>member: <b><i>Lato Pezo</i></b>, Ph.D., Research Associate, Institute of General and Physical Chemistry, Belgrade</p> <hr/> <p>member: <b><i>Jelena Filipović</i></b>, Ph.D., Research Associate, Institute of Food Technology, Novi Sad</p>

## Sadržaj:

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	3
<b>2.1 Zemljište kao prirodni resurs</b> .....	3
2.1.1 Kategorije oštećenja zemljišta .....	4
2.1.2 Toksični elementi u zemljištu .....	5
2.1.3 Izvori zagađenja zemljišta toksičnim elementima .....	5
2.1.3.1 Pedogeni procesi .....	6
2.1.3.2 Antropogeni izvori zagađenja .....	6
<b>2.2 Sadržaj, oblici nalaženja i ponašanje elemenata u zemljištu</b> .....	8
2.2.1 Toksični elementi .....	8
2.2.1.1 Arsen .....	8
2.2.1.2 Živa .....	10
2.2.1.3 Kadmijum .....	11
2.2.1.4 Olovo .....	12
2.2.2 Esencijalni elementi .....	14
2.2.2.1 Bakar .....	14
2.2.2.2 Cink .....	16
2.2.2.3 Mangan .....	17
2.2.2.4 Gvožđe .....	18
<b>2.3 Usvajanje, raspodela i nakupljanje elemenata u biljkama</b> .....	20
2.3.1 Mehanizam usvajanja elemenata .....	20
2.3.2 Nakupljanje i distribucija elemenata u biljkama .....	21
<b>2.4 Pšenica</b> .....	22
2.4.1 Građa zrna pšenice .....	22
2.4.2 Uticaj toksičnih elemenata na rast i prinos pšenice .....	25
<b>2.5 Uticaj saobraćajnica na zemljište i okolinu</b> .....	26



2.5.1	Kontaminacija zemljišta .....	27
2.5.2	Uticaj saobraćajnica na kvalitet vazduha .....	28
2.5.3	Zagađivači vazduha .....	28
2.5.4	Zagađivanja od oticanja vode sa kolovozne površine .....	29
3.	<b>EKSPERIMENTALNI DEO</b> .....	31
3.1	Materijal.....	31
3.2	Metodi.....	32
3.2.1	Priprema zemljišta za analizu .....	32
3.2.2	Sadržaj elemenata u zemljištu.....	32
3.2.3	Priprema pšenice za analizu .....	32
3.2.4	Sadržaj elemenata pšenici, mekinjama i brašnu .....	33
3.3	Statistička obrada eksperimentalnih rezultata.....	33
3.3.1	Korelaciona analiza .....	34
3.3.2	Indeks toksičnih elemenata (TEI) i indeks esencijalnih mikroelemenata (EMI) .....	36
4.	<b>REZULTATI I DISKUSIJA</b> .....	37
4.1	Analiza sadržaja ispitivanih elemenata u poljoprivrednom zemljištu .....	37
4.2	Analiza sadržaja ispitivanih elemenata u pšenici.....	46
4.2.1	Količine esencijalnih i toksičnih elemenata u odnosu na dnevnu potrošnju hleba od celog zrna pšenice.....	54
4.3	Sadržaj ispitivanih elemenata u mekinjama.....	56
4.3.1	Količine esencijalnih i toksičnih elemenata u odnosu na dnevnu potrošnju hleba sa pšeničnim mekinjama.....	64
4.4	Analiza sadržaja ispitivanih elemenata u brašnu .....	66
4.4.1	Količine esencijalnih i toksičnih elemenata u odnosu na dnevnu potrošnju hleba od belog brašna.....	73
4.5	Pearson-ov koeficijent korelacije između sadržaja toksičnih i esencijalnih elementata u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu .....	75

<b>4.6 ANOVA analiza uticaja promenljivih na sadržaj toksičnih i esencijalnih elemenata u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu .....</b>	<b>79</b>
<b>4.7 Analiza glavnih komponenata.....</b>	<b>83</b>
<b>5. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>111</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>116</b>

## 1. UVOD

Glavni izvori toksičnih elemenata kao zagađivača zemljišta su matični supstrat na kome je zemljište formirano i antropogena zagađenja. Matični supstrat je prirodni izvor toksičnih elemenata u zemljištu na koji čovek ne može da utiče. Međutim, razvojem industrije antropogeni izvori toksičnih elemenata postali su značajni zagađivači zemljišta i takvo njihovo delovanje čovek mora sprečiti ili bar kontrolisati.

Plodno tlo Vojvodine čine černozemi i njima slična zemljišta. Svojim fizičko-hemijskim osobinama idealna su za biljnu proizvodnju. Međutim, kao i druga poljoprivredna zemljišta i ona su izložena raznim vidovima oštećenja i zagađenja.

Hemijske materije koje se svakodnevno mogu naći u prirodi (zemljištu, vazduhu, vodama) sve su brojnije. Intenzivna urbanizacija, industrijalizacija i demografske ekspanzije doveli su do narušavanja ekosistema. Neracionalno korišćenje prirodnih resursa, kao i neadekvatan tretman urbanog i industrijskog otpada, predstavlja potencijalnu opasnost za ekosistem. Kontaminacija zemljišta toksičnim elementima naročito je štetan vid zagađenja životne sredine, jer toksični elementi u njemu ostaju znatno duže nego u vodi ili vazduhu (Nordberg i sar., 2007).

Biljke imaju važnu ulogu u kruženju jona toksičnih elemenata u prirodi. Oni uglavnom preko biljaka gajenih na zagađenom zemljištu ulaze u lanac ishrane (Zeremski-Škorić, 2009), pa je zbog toga neophodno poznavanje mehanizma nakupljanja, raspodele i metabolizma toksičnih elemenata u biljkama.

Celo zrno pšenice je bogat izvor vitamina i minerala. Sadrži vitamine B kompleksa, beta karotin, vitamin E, kalijum, kalcijum, magnezijum, fosfor i gvožđe. Pšenica sadrži veću količinu proteina od svih ostalih žitarica i to je jedan od razloga zašto se proizvodi od pšenice preporučuju u svakodnevnoj ishrani. Masti se nalaze u klici a mineralni sastojci u omotaču zrna, tako da najveće zdravstvene vrednosti ima konzumiranje celog zrna. U strukturi ishrane savremenog čoveka, žita imaju značajno mesto i ulogu. Potrošnja žita u svetu varira i kreće se od 60-80 kg po stanovniku godišnje u razvijenim zemljama Evrope (Stefanović, 2012).

Sva tri obroka u ishrani vrlo različitih kategorija stanovništva, sadrže značajan udeo proizvoda od žita. Svaki prosečno zdrav čovek, krajem svoje prve godine života počinje da konzumira hleb, pecivo i slične proizvode što čini do kraja života. Proizvodi pekarstva

zastupljeni su u dnevnoj ishrani prosečnog stanovnika oko 50% (Škrbić i sar., 2004). U izmenjenim ekološkim uslovima pšenica, kao i većina poljoprivrednih biljaka često se seje pored frekfentnih saobraćajnica, gde iz izduvnih gasova motornih vozila u atmosferu dospevaju materije koje mogu imati štetan uticaj na zemljište i biljke. Iz tih razloga je pšenici i proizvodima od pšenice posvećena značajna pažnja u pogledu njihove potencijalne uloge u transportu toksičnih mikroelemenata u ljudskoj ishrani (Škrbić i sar., 2007).

Praćenje i određivanje sadržaja toksičnih elemenata u pšenici, kao i zemljištu na kome je uzgajana izuzetno je značajno u cilju procene i prevencije kontaminacije ovim elementima. Prosečna dnevna potrošnja hleba u našoj Republici je oko 290 g, a za 100 g hleba od celog zrna potrebno je 70-75 g pšenice. S obzirom na dnevnu potrošnju hleba i proizvoda od žita u ishrani ljudi treba posebno istaći značaj zdravstvene bezbednosti namirnice. Ukoliko su prisutne neželjene materije u hlebu postoji opasnost po zdravlje ljudi.

Cilj ovog rada je:

- Procena kontaminacije toksičnim elementima pšenice i zemljišta na kome je uzgajana
- Utvrđivanje kako dinamike, tako i pozicije akumuliranja pojedinih toksičnih elemenata u zrnu
- Utvrđivanje korelacije između sadržaja toksičnih elemenata u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu u zavisnosti od udaljenosti parcele od frekfentnih saobraćajnica
- Utvrđivanje dinamike usvajanja i mesta akumuliranja u zrnu pojedinih toksičnih elemenata kao posledica aerzagadenja na različitim udaljenostima od frekfentnih saobraćajnica

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1 Zemljište kao prirodni resurs

Površinski sloj zemljine kore naziva se zemljište ili tlo. Zemljište je nastalo od matičnog supstrata iz litosfere pedogenetskim procesima, delovanjem klime, vazduha, vode i živih organizama.

Zemljište je supstrat iz kojeg biljke usvajaju vodu, mineralne materije i kiseonik. Sa ekološkog stanovišta naročito su značajne one osobine zemljišta koje omogućavaju, podstiču ili ograničavaju rastenje i razviće živih organizama. Organska materija koju sintetišu biljke, jednim delom se razlaže ili se trajnije nakuplja u zemljištu u vidu humusa. Sa gledišta poljoprivredne proizvodnje, najznačajnija osobina zemljišta je njegova plodnost (Kastori, 1995).

U toku pedogeneze, pod dejstvom njenih brojnih činilaca, stvorena su različita zemljišta sa raznovrsnim hemijskim, fizičkim i biološkim osobinama. Njihova vrednost se ne meri samo na osnovu sadržaja biogenih elemenata i humusa, već i drugim osobinama kao što su mehanički sastav, toplotni, vodni i vazdušni režim. Plodnost zemljišta prevashodno zavisi od njegovog mehaničkog sastava. Glinovita zemljišta, tzv. teža, su po pravilu, uvek bolje snabdevena hranljivim elementima, nego tzv. lakša peskovita zemljišta (Jovanović i sar., 2006).

Površine podesne za poljoprivrednu proizvodnju veoma su male u svetu. Obrađuje se svega 10% od ukupne površine od čega je samo 3% visokoproduktivno. Pored toga još 15% površina predstavlja potencijalne oranične površine. Smatra se da će za narednih sto godina potencijalno poljoprivredno zemljište biti iskorišteno, zbog intenzivnog rasta stanovništva na Zemlji i neracionalnog korištenja zemljišta. Međutim, obradiva površina po stanovniku, u svetu, se stalno smanjuje i iznosi svega 0,88 ha po stanovniku. Najugroženiji su Azija i Evropa, gde raspoloživa oranična površina po stanovniku iznosi 0,39 ha odnosno 0,60 ha. (Ubavić i sar., 2001).

Imajući u vidu dalji intenzivan rast stanovništva na Zemlji, posebno u nekim delovima sveta i sa tim u vezi sve veću potrebu za hranom koja mora da bude dovoljno kvalitetna i zdravstveno bezbedna nameće se kao neophodna nužnost da se zemljišta sačuvaju

od uništenja i zagađenja. To nije nimalo lako zbog sve većih potreba za površinama za izgradnju puteva, stambenih naselja i sl. i težnje za upotrebom veće količine hemijskih sredstava u cilju povećanja prinosa gajenih biljaka (Kastori, 1997).

### **2.1.1 Kategorije oštećenja zemljišta**

Zagađivanje zemljišta se javlja kada se površinski slojevi opterete velikim količinama otpadnih materija koje se ne mogu razgraditi pod normalnim uslovima samoprečišćavanja (Kastori, 1995).

Mnogobrojni su uzroci koji mogu dovesti do oštećenja zemljišta. Posledice koje proističu od oštećenja mogu da budu veoma različite. Mogu se uslovno razlikovati tri kategorije oštećenja: degradacija, destrukcija i potpuno isključenje zemljišta iz proizvodnje (Kastori, 1995).

Degradacija predstavlja blaži stepen oštećenja zemljišta. Degradaciju izazivaju agrotehničke i hidrotehničke mere koje se preduzimaju u poljoprivredi, a nekad i prisustvo industrijskih pogona. Najznačajniji uzroci degradacije obradivih površina su: salinizacija i alkalizacija zemljišta, stagnacija vode, acidifikacija, zbijanje i kvarenje strukture zemljišta (Kastori, 1995). Za intenzivnu biljnu proizvodnju svojstvena je intenzivna mehanizacija počev od osnovne obrade, pripreme za setvu, setve, nege i zaštite useva, žetve i transporta plodova, đubriva i dr. Veliki broj prohoda mašinama, agregatima i transportnim sredstvima negativno utiče na fizička svojstva zemljišta. Narušava se njegova struktura i dolazi do njegovog sabijanja. Kao posledica toga pogoršava se vodni, vazdušni i mikrobiološki režim zemljišta tj. umanjuje se njegova plodnost (Barrow, 1991).

Destrukcija zemljišta nastaje i kao posledica eksploatacije mineralnih i energetskih izvora, šuma, rada prerađivačke industrije. Uzroci destrukcije zemljišta mogu biti i otpadne vode, jamski kopovi, otpadne čvrste materije (Barrow, 1991).

Najteži oblik oštećenja zemljišta predstavlja njeno privremeno ili trajno isključenje iz poljoprivredne proizvodnje. Pri tome se zemljišta fizički uništava. Uzroci privremenog isključenja su deponije jalovine i urbanog smeća, površinski kopovi, klizišta, šljunokopovi. Takva zemljišta se često samo uz velika ulaganja mogu ponovo osposobiti i pretvoriti u obradive površine. U slučaju trajnog isključenja zemljišta, ono više nema prvobitnu namenu.

Uzroci trajnog isključenja zemljišta su izgradnja saobraćajnica, stambenih naselja, industrijskih i energetske objekata. Urbanizacijom, razvojem saobraćaja i industrije trajno isključenje zemljišta je u stalnom porastu (Barrow, 1991).

### **2.1.2 Toksični elementi u zemljištu**

Sve većim razvojem gradova sa velikim brojem stanovništva, povećanjem standarda i potrošnje, sve većim razvojem industrije, saobraćaja i intenzivne poljoprivredne proizvodnje, došlo je do prekomernog zagađenja cele životne sredine, pa i zemljišta. Prekomerno zagađivanje zemljišta, i organskim i neorganskim jedinjenjima, dovelo je do poremećaja u ekosistemu, odnosno do poremećaja normalnih procesa u zemljištu i njegove degradacije (Weber i sar., 2000).

Primena hemijskih sredstava, u prvom redu pesticida i mineralnih đubriva, odigrala je značajnu ulogu u intenziviranju biljne proizvodnje. Istovremeno, njihova ponekad neadekvatna upotreba, orijentisana isključivo u pravcu povećanja prinosa, dovela je do zagađenja zemljišta štetnim materijama. Nivo zagađenosti zemljišta usled primene hemijskih sredstava zavisi od dužine trajanja, vrste sredstava i intenziteta njihove upotrebe, od fizičkih i hemijskih osobina zemljišta i ekoloških uslova (Kastori, 1997).

U većini poljoprivrednih zemljišta nivo toksičnih elemenata još uvek nije tako visok da prouzrokuje akutne probleme toksičnosti, ipak povećane koncentracije toksičnih elemenata u hrani značajno mogu uticati na zrdavlje ljudi. Poseban problem predstavljaju elementi koji se preko hrane akumuliraju kao na primer kadmijum i olovo. Sadržaj toksičnih elemenata u zemljištima treba odrediti da bi se identifikovala, a na zemljištima gde se utvrdi nedostatak mikroelemenata treba ga otkloniti, da bi uspešno mogle da se gaje poljoprivredne biljke (Verkleij i sar., 1990).

### **2.1.3 Izvori zagađenja zemljišta toksičnim elementima**

Nakupljanje elemenata u zemljištu može biti posledica prirodnih procesa - litogenih ili antropogenih činilaca, tj. rezultat zagađivanja spoljašnje sredine (Kabata-Pendias i Pendias, 2000).

### **2.1.3.1 Pedogeni procesi**

Najznačajniji pedogeni procesi su stanovišta količine i ponašanja toksičnih elemenata u zemljištu su: oslobađanje toksičnih elemenata iz matičnog supstrata pod uticajem ekoloških i drugih činilaca i translokacija i akumulacija sastojaka zemljišta koja adsorbuju toksične elemente, kao što su glina, hidroksidi i organska materija (Kastori, 1997).

Sadržaj elemenata u zemljištu zavisi od sadržaja u stenama iz kojih je proistekao matični supstrat. Poznato je da u prirodi postoji veoma mnogo različitih minerala i stena ali sve one nemaju jednak značaj za obrazovanje zemljišta (Jovanović, 2006).

Za obrazovanje zemljišta su najznačajniji svakako minerali koji učestvuju u izgradnji stena, petrogeni minerali. Od stena su značajne one koje se najčešće javljaju na površini Zemlje i služe kao supstrat za obrazovanje zemljišta. Stabilnost minerala pri raspadanju eruptivnih stena je značajna za sadržaj toksičnih elemenata u njima i u zemljištima nastalim iz takvih stena. Veliki broj elemenata se prvenstveno nakuplja u gornjem horizontu zemljišnog profila, kao na primer Cd, Hg, Pb, Ag, As, Sb i Zn. Razlog tome je što njih adsorbuje organska materija zemljišta, a pored toga oni se talože iz atmosfere na površinu zemljišta. U nižim horizontima zemljišnog profila koncentrišu se Fe, Al, Mg, Na, Sc, Ni, Zr i V, što se dovodi u vezu sa akumulacijom i translokacijom gline i hidroksida. U većini slučajeva toksični elementi se akumuliraju u površinskom sloju zemljišta, jer pedogeni procesi posle zagađivanja nisu još delovali dovoljno dugo da bi došlo do njihove redistribucije u zemljišnom profilu (Bowen, 1979).

### **2.1.3.2 Antropogeni izvori zagađenja**

Razvojem industrije antropogeni izvori postali su značajni zagađivači zemljišta i takvo njihovo dospevanje čovek mora sprečiti ili bar kontrolisati, kako bi u sistemu zemljište - biljka - čovek krajnji korisnik imao biološki ispravnu hranu.

Neki antropogeni izvori toksičnih elemenata kao zagađivača zemljišta i životne okoline su: atmosferski polutanti iz motornih vozila, sagorevanje fosilnih goriva, mineralna đubriva i pesticidi, organska đubriva, urbani i industrijski otpad, metalurška industrija, rudnici i topionice obojenih metala (Alloway, 1995).



Fosforna đubriva u svom sastavu sadrže elemente (Cd, Ni, Cr, Hg, Zn). Njihov sadržaj u fosforim đubrivima u velikoj meri zavisi od porekla sirovih fosfata (Kastori, 1995, Lin i sar., 2010).

Pesticidi su sintetička jedinjenja koja se unose u prirodnu sredinu radi zaštite useva od bolesti i štetočina, kao i zbog povećanja prinosa poljoprivredne proizvodnje, ali oni sadrže različite kombinacije toksičnih elementa kao primese ili kao aktivnu materiju. Pesticidima se u zemljište unose i toksični elementi. Do sedamdesetih godina prošlog veka korišteni su insekticidi kao što su olovoarsenat i barijumsilikofluorid. Danas se još primenjuju soli bakra, kao i neorgansko-organski fungicidi na bazi kalaja, žive, mangana i cinka (Fatoki i sar., 2003).

Rudnici i metalurška industrija zagađuju zemljište emisijom dima i prašine koja sadrži toksične elemente, a koji se iz vazduha talože na vegetaciju i zemljište, ili se iz deponija otpada i strugotina toksični elementi ispiraju i tako zagađuju zemljište (Kastori, 1997).

Kanalizacioni mulj, koji se dobija posle prečišćavanja otpadnih voda naselja i industrije, se sve više pominje kao izvor toksičnih elemenata. Smatralo se da je zemljište idealna sredina za rasturanje kanizacionog mulja, čime bi se ujedno vršilo đubrenje (Tiller, 1986, Kabata-Pandias, 1992). Sretna je okolnost da je pristupačnost toksičnih elemenata za biljke iz kanizacionog mulja neuporedivo manja nego iz neorganskih soli.

Kompost predstavlja proizvod razgradnje organske materije - otpada biljnog i životinjskog porekla i različitih aditiva. Po hemijskom sastavu, zavisno od porekla, kompost može da bude veoma različit. U slučaju da je za kompostiranje korišten gradski otpad potrebno je voditi računa posebno o sadržaju toksičnih elemenata i drugih štetnih materija koje se u gradskom otpadu obično javljaju u velikoj količini. Ako se duži niz godina đubri sa većom količinom komposta dobijenog od gradskog otpada preta opasnost od zagađenja zemljišta (Mahvi, 2008, Nouri i sar., 2008, Nicholson i sar., 2003)

Sistematsko korištenje otpadnih voda sa stočnih farmi dovodi do nakupljanja nekih elemenata, prvenstveno Cu, Cd, Pb i Fe, u zemljištu (Alloway, 1995). Sistematsko đubrenje svinjskim i živinskim stajnjakom obično se odlikuje visokim sadržajem bakra, što može dovesti do povećanja koncentracije ovog elementa u zemljištu.

Urbani otpad može dovesti do zagađenja zemljišta kao rezultat taloženja čestica aerosola emitovanih pri spaljivanju materijala koji sadrže metale. Nepažljivo odlaganje predmeta, počevši od minijaturnih baterija (Ni-Cd i Hg-baterija) do delova starih automobila

(na primer olovni akumulatori) na malim površinama mogu dovesti do vrlo visokih koncentracija jona toksičnih elemenata u zemljištu (Kastori, 1997).

Atmosfera predstavlja važan transportni medijum za elemente iz različitih izvora. Kretanjem vazdušnih masa polutanti se mogu preneti daleko od izvora aerozagađenja, zbog čega se njihovo štetno dejstvo se ne ograničava samo na jedno uže područje (Bowen, 1979).

Ponašanje toksičnih elemenata u zemljištu bilo da su nastali procesom pedogeneze iz stena i minerala ili dospevanjem suvim i vlažnim depozitom, zavisi od brojnih činilaca koji utiču na njihovu dinamiku, a samim tim i na rastvorljivost i pristupačnost za biljke. Zemljišta se razlikuju međusobno po ograničenom kapacitetu za vezivanje određenih elemenata. Faktori koji utiču na dinamiku elemenata u zemljištu, a samim tim i na njihovu pristupačnost za biljke su pH vrednost, sadržaj  $\text{CaCO}_3$ , sadržaj organske materije i gline u zemljištu (Škrbić i sar., 2007).

## ***2.2 Sadržaj, oblici nalaženja i ponašanje elemenata u zemljištu***

### **2.2.1 Toksični elementi**

#### **2.2.1.1 Arsen**

Sadržaj arsena u zemljišta zavisi od porekla stena i uobičajeno se kreće od 1–40 mg/kg, a u većini zemljišta je do 20 mg/kg. Nivo mu se u zemljišta povećava pored topionica bakra, i korištenjem pesticide na bazi arsena (Onishi, 1969).

Arsen je identifikovan u više od 200 minerala, od toga približno 60% su arsenati, 20% sulfidi i sulfo-soli i preostalih 20% su arsenidi, arseniti, oksidi i elementarni arsen (Onishi, 1969).

Arsen (As) gradi veliki broj jedinjenja različite toksičnosti od kojih je najtoksičniji As(III)-oksid. Trovalentna jedinjenja As su toksična uglavnom zbog vezivanja za tiol (-SH) grupu liponske kiseline koja ulazi u strukturu koenzima koji učestuje u oksidativnoj dekarboksilaciji pirogroždane i  $\alpha$ -ketoglutarne kiseline (Onishi, 1969).

Zbog sličnosti fosfornih i arsenovih jedinjenja, smatra se da faktori koji odlučuju o sudbini fosfata u zemljišta, imaju dominantnu ulogu i u sudbini arsena. Tako, gvožđe, aluminijum i kalcijum imaju veliku ulogu u fiksaciji arsena u zemljištu. Uloga glinovitosti zemljišta na veće vezivanje arsena se objašnjava pozitivnom korelacijom između sadržaja gline i količine mobilnog aluminijuma i gvožđa. Zbog svoje izuzetno velike adsorpcije i fiksacije u zemljišta njegovu akumulaciju treba očekivati u površinski slojevima. U odsustvu materija koji ga čvrsto adsorbuju i fiksiraju (glina, organska materija), dešava se da ispiranjem arsen dospeva u dublje slojeve (Kastori, 1993).

Zagađivači zemljišta arsenom su fosforna đubriva. Koncentracija arsena u đubrivima je promenljiva, zavisno od porekla fosfatnih stena od kojih se proizvode fosforna đubriva (Ubavić, Bogdanović, 2001).

Relativno velika isparljivost brojnih jedinjenja arsena dovodi do toga da se značajan deo deo geohemijskog ciklusa odvija u atmosferi. Procene atmosferskog priliva arsena su 73540 t godišnje sa odnosom 60:40 između prirodnog i antropogenog dospevanja (Kastori, 1997).

Smatra se da se otpadni muljevi, sa prosečnim sadržajem 8 mg As/kg suve materije, mogu upotrebljavati za đubrenje poljoprivrednog zemljišta. Primena otpadnih muljeva, ne smatra se uzrokom značajnog povećanja arsena u biljkama. Pri primeni od 5 t/ha mulja unosi se 4 mg As/m<sup>3</sup>, što je 30 puta više od unošenja fosfornim đubrivima i predstavlja povećanje od 0,15% u gornjih 20 cm zemljišta (Kastori, 1997).

Osetljivost pojedinih poljoprivrednih kultura na usvajanje jona As je različita i zavisi od egzogenih i endogenih faktora. Sadržaj As u suvoj materiji biljaka u proseku se kreće od 1 do 7 mg/kg suve materije. Intenzitet usvajanja As od strane biljaka je različit. Pojedine biljne vrste se znatno razlikuju u pogledu usvajanja As. U istim uslovima gajenja utvrđen je sledeći nakupljanja arsena: rotkva usvaja 1 mg As/kg suve materije, salata 0,26 mg As/kg suve materije, mrkva 0,17 mg As/kg suve materije a zrno pšenice 0,04 mg As/kg suve materije (Smilde i sar., 1982).

### 2.2.1.2 Živa

Živa se u prirodi nalazi u više od dvadeset minerala, a komercijalni proizvodi žive su gotovo uvek od cinobarita (HgS). Živa se takođe, nalazi u zemljinoj kori u kompleksima sulfida sa cinkom i gvožđem. Sva njena jedinjenja su veoma otrovna, zbog čega je njihov sadržaj u biljkama od izuzetnog značaja (Kasrori, 1997).

Mineralna đubriva sadrže < 50 ng Hg/g, dok se u fosforim nalazi znatno veća količina. Poreklo žive u fosforim đubrivima je delom iz stena i minerala, a delom iz H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> koja se koristi u procesu proizvodnje fosforim đubriva (Kastori, 1997).

Zagađivači poljoprivrednog zemljišta živom su: seme zaprašeno organskim jedinjenjima koja sadrže živu i sredstva na bazi žive koja se primenjuju folijarno za otklanjanje biljnih bolesti. Najveća potrošnja organskih jedinjenja žive bila je 70-tih godina prošlog veka. U zemljištu je ostajalo i do 1 mg/m<sup>2</sup> posle setve zaprašenog semena. Kako se seme žita ne seje svake godine na istoj površini, prihvatljiv je prosek između 100-200 mg Hg/m<sup>2</sup>/god., za zemljišta na kojima se proizvode žita (Anderson, 1979).

Koncentracija žive u biljkama u proseku se kreće od 10-200 ng/g suve materije, a u blizini nalazišta žive 500-3500 ng/g suve materije. U zrnu žita je koncentracija Hg 3 do 10 puta niža nego u slami. U zrnu pšenice i ječma koncentracija Hg se kreće od oko 1 do 2 ng/g suve materije (McGrath, 1995).

Njen sadržaj u zemljištu zavisi od pH vrednosti kao i od sadržaja organske materije u zemljištu (Kastori, 1993).

Koncentracija žive u nadzemnim organima zavisi od intenziteta usvajanja isparljivih jedinjenja žive. U zemljištu, u prevođenju žive u isparljiva jedinjenja, važnu ulogu imaju mikroorganizmi (Adriano, 1986).

Na kontaminiranim zemljištima usvajanje žive od strane biljaka može se smanjiti njenim prevođenjem u manje pristupačne oblike za biljke, tako da u slučaju kalcifikacije pri pH > 6,5 Hg prelazi u teže rastvorljiva neorganska jedinjenja (živine karbonate, hidrokside, hidroksikarbonate), a posle primene fosforim đubriva nastaje još teže rastvorljivi Hg-fosfat. Time se omogućava smanjenje usvajanja žive, od strane biljaka, sa kontaminiranog zemljišta jer se Hg prevodi u oblike koji su manje pristupačni za biljke. Metiliranje Hg može se smanjiti upotrebom nitratnih azotnih đubriva. Pretpostavlja se, da se pri tome energija potrebna za metiliranje Hg koristi za redukciju nitrata. U cilju smanjenja ulaska žive u lanac

ishrane treba izbegavati primenu fungicida na bazi Hg, kao i smanjiti rastvorljivi sadržaj Hg u komunalnim i dr. otpacima koji se koriste za đubrenje (Kastori, 1993).

Posebno isparljiva jedinjenja žive lako prolaze kroz lipidni sloj biomembrana. Živa narušava građu biomembrana i menja aktivnost enzima čime narušava promet materija i inhibira rastenje i razviće biljaka (Kennedz i Gosalves, 1987).

U pogledu toksikološkog značaja za ljude i životinje živa zauzima posle arsena najvažnije mesto. Postoji velika razlika u toksičnosti živinih jedinjenja. Poseban značaj imaju organska metilovana jedinjenja žive (metil-merkuri i dimetil merkuri) jer se duže zadržavaju u tkivu i imaju specifično dejstvo na centralni nervni sistem. Metil-merkuri jedinjenja su rastvorljiva u lipidima i stepen resorpcije iznosi 60-100%. Kao rezultat svojstava ovih jedinjenja, ona mogu lako da uđu i da se akumuliraju u tkivima ljudi i životinja, gde mogu da blokiraju snabdevanje organizma kiseonikom (Jakovljević, 1991).

### **2.2.1.3 Kadmijum**

Kadmijum je relativno redak element koji se po zastupljenosti u zemljinoj kori nalazi na 67 mestu. Nema esencijalnu biološku funkciju i veoma je toksičan za biljke i životinje. U ljudskom organizmu se, kao posledica hroničnog izlaganja, nagomilava u kori bubrega i pri koncentracijama većim od 200 mg/kg telesne mase izaziva ozbiljne poremećaje u njihovom funkcionisanju (Fassett, 1980). U organizam se najčešće unosi hranom.

Najznačajniji izvori zagađenja zemljišta kadmijumom su fosforna đubriva, atmosferska depozicija i kanalizacioni mulj, mada i matični supstrat može biti značajan izvor kadmijuma na neobrađenim i neđubrenim zemljištima.

Usvajanje jona kadmijuma zavisi od pH vrednosti zemljišta i koncentracije pristupačnog fosfora (Miller i sar., 1976). Relativno visoke koncentracije jona kadmijuma se nalaze u sirovim fosfatima iz kojih se proizvode fosforna đubriva jer ga rude fosfata sadrže od 1 do 110 ppm (Ubavić i sar., 1993). Koncentracije toksičnih elemenata znatno variraju zavisno od porekla sirovih fosfata.

Stajnjak može biti značajan antropogeni izvor kadmijuma u zemljištu. Koncentracija kadmijuma u stajnjaku je najčešće 0,3-1,8 mg/kg (McGrath, 1995, Kabata-Pandias, Stuczynski, 1999).

Otpadni muljevi su značajan izvor kadmijuma u zemljištu. Prema istraživanjima u Zapadnoj Evropi (Hickey i sar., 1984) koncentracija jona kadmijuma se kreće između 1 i 3,650 mg/kg u suvoj materiji kanalizacionog mulja. Savet Evropske zajednice za zakonske propise (1987) preporučuje maksimalnu opterećenost zemljišta sa 0,1 kg Cd/ha/god. uz obavezno poštovanje gornjeg maksimuma do 0,15 kg Cd/ha/god. za unošenje otpadnog mulja.

Kadmijum se, za razliku od olova i žive, intenzivnije usvaja i translocira u vegetativne nadzemne organe biljaka (Kastori, 1995). Intenzitet transporta kadmijuma u nadzemne organe biljaka je u pozitivnoj korelaciji sa njegovom koncentracijom u hranljivoj podlozi (Petrović i Kastori, 1994). Udeo jona Cd u vegetativnim nadzemnim organima, stablu i listu biljaka, je približno isti. Sadržaj jona kadmijuma u semenu pšenice, gajenoj na jako kontaminiranom zemljištu, najčešće ne prelazi 1 mg/kg suve materije (Petrović i sar., 1990). Sadržaj pristupačnog Cd se smanjuje povećanjem pH vrednosti i kapaciteta zamene katjona zemljišta (Piotrowska, 1997).

Prema istraživanjima Rieuwerts i sar. (1998) pH je jedan od najznačajnijih faktora za adsorpciju kadmijuma zajedno sa organskom materijom i sadržajem hidratiziranih oksida. Količina adsorbovanog kadmijuma za hidratizirane okside mangana se povećava linearno pri povećanju pH do određenog maksimuma. U kiselim i slabo kiselim zemljištima, pH 4,2-6,6, kadmijum je relativno mobilan, a u neutralnim i slabo alkalnim zemljištima, pH 6,7-7,8, ispoljava srednju pokretljivost.

Obzirom da kadmijum ima jak afinitet prema karbonatima (McBride, 1988), zemljišta koja sadrže slobodni  $\text{CaCO}_3$  dobro adsorbuju jone kadmijuma i smanjuju njegovu pristupačnost za biljke i mikroorganizme.

#### **2.2.1.4 Olovo**

Olovo se smatra jednim od glavnih zagađivača životne sredine. U prirodi ga ima u sulfidnim rudama, a njegovi najpoznatiji minerali su galenit ( $\text{PbS}$ ) i anglezit ( $\text{PbSO}_4$ ). Glavni izvori antropogenog zagađenja zemljišta olovom su: rudnici i topionice, primena otpadnih muljeva, izduvni gasovi motornih vozila koja koriste benzin sa dodatkom tetraetil-olova.

Olovo i njegova jedinjenja koja dospeju u atmosferu iz antropogenih izvora pokazuju snažnu tendenciju da se akumuliraju u zemljištu. Obzirom da imaju nisku rastvorljivost i ne podležu mikrobiološkoj degradaciji ona ostaju biodostupna u zemljištu tokom dugog vremenskog perioda. Smatra se da olovo u zemljištu zadržava mnogo duže od ostalih polutanata (Davies, 1995).

Otpadni muljevi zbog visokog sadržaja toksičnih elemenata mogu loše uticati na hemijske osobine zemljišta. Dugogodišnja primena otpadnih muljeva dovodi do kontaminacije zemljišta toksičnim elementima. Danas neke zemlje pri korištenju otpadnih muljeva i materijala sa farmi koriste savete stručnjaka da bi sačuvale poljoprivredno zemljište od kontaminacije toksičnim elementima. Komisija Evropske zajednice (1982) propisala je direktivu za korištenje otpadnih muljeva u poljoprivredi. Prema odluci Komisije zabranjuje se unošenje otpadnog mulja u poljoprivredno zemljište ukoliko se njime unese više od 10 kg Pb/ha/godini.

Sadržaj organske materije i minerala u glini imaju dominantnu ulogu u fiksaciji jona olova u zemljištu (Salim, Cooksey, 1980). Olovo poreklom iz antropogenih izvora najčešće se u zemljištu vezuje za okside Fe i Mn, sulfate, organsku materiju (Garcija-Miragaya, 1984), a prema Hildebrandu i Blumu (1975) olovo dospelo u zemljište dobro se imobilizuje humusom, posebno huminskim kiselinama velike molekulske mase.

Davies (1992) navodi da ne postoji izražen uticaj pH vrednosti na pokretljivost Pb i da biljke gajene na karbonatnim odnosno alkalnim zemljištima mogu, takođe, da sadrže znatne količine olova.

Jedan od najznačajnijih puteva kontaminacije zemljišta olovom su izduvni gasovi motornih vozila. Nakupljanje olova u biljkama, u blizini prometnih saobraćajnica zavisi od brojnih činilaca: udaljenosti biljaka od saobraćajnica, pokrivenosti zemljišta biljnim pokrivačem, dužine trajanja vegetacije i pravca i intenziteta vetra (Kiekens, 1995). Intenzitet kontaminacije poljoprivrednih kultura olovom se progresivno smanjuje njihovim udaljenjem od velikih saobraćajnica. U istraživanjima Bogdanovića i sar., (1999) koncentracija olova u zemljištu pod kukuruzom i pšenicom je niža na udaljenosti 100 m u odnosu na udaljenost 10 i 3 m od glavne saobraćajnice (Novi Sad- Subotica), isto tako koncentracija jona olova u 0,15 cm u odnosu na 15-30 cm dubine zemljišta je značajno veća na udaljenosti 3 i 10 m u odnosu na 100 m, od glavnog puta.

Olovo poreklom iz antropogenih izvora se u karbonatnim zemljištima vezuje za slobodni  $\text{CaCO}_3$  (Garcija-Miragaya, 1984).

Olovo je sistemski otrov koji oštećuje razna tkiva. Mehanizam toksičnog delovanja se objašnjava njegovim vezivanjem za aktivne -SH grupe enzima i na taj način indirektno dovodi do njihove inhibicije (Goyer, 1995).

## 2.2.2 Esencijalni elementi

### 2.2.2.1 Bakar

Po zastupljenosti u litosferi bakar se nalazi na 26 mestu sa prosečnom koncentracijom 70 mg/kg. Prosečna koncentracija bakra u zemljištu se kreće oko 30 mg/kg i u njemu se nalazi vezan za organsku materiju, okside gvožđa i mangana, glinu i druge minerale (Baker i Senft, 1995).

Uloga bakra u životnim procesima biljaka određuje njegova sposobnost promene valentnosti, velika atomska masa, mali jonski prečnik i sklonost stvaranju stabilnih kompleksnih jedinjenja. On utiče na metabolizam azotnih jedinjenja i ugljenih hidrata, obrazovanje i fertilitet polena i otpornost biljaka prema bolestima (Kastori, 1990).

Bakar je jedan od najvažnijih esencijalnih elemenata za biljke i životinje obzirom da ulazi u strukturu mnogobrojnih enzima kao što su: tirozinaza, citohrom c oksidaza, monoamino oksidaza, lizil oksidaza itd. Bakar se u krvnoj plazmi nalazi u sastavu proteina eritrokuprina koji posreduje između metabolizma Fe i Cu.

Pored geohemijskog porekla, bakar se u zemljištu najčešće nalazi kao posledica primene poljoprivrednih preparata. Gartell (1981) navodi da se za obogaćivanje zemljišta ovim elementom i prevenciju gljivičnih obolenja kod biljaka, posebno vinove loze najčešće koristi  $\text{CuSO}_4$  (plavi kamen) i Cu-helati.

Koncentracija bakra u biljkama se kreće u proseku od 5 do 30 mg/kg u suvoj materiji. Ako je njegov udeo u suvoj materiji manji od 4 mg/kg, smatra se da biljke nisu u dovoljnoj meri obezbeđene, a sadržaj preko 20-100 mg/kg ukazuje na suvišak ovog elementa. Sadržaj ovog elementa u biljkama kreće se u veoma širokim granicama, u zavisnosti od vrste i genotipa (Kastori, 1993).



Ukoliko zemljišta imaju male ili srednje količine bakra velikim dozama azotnih đubriva može se povećati njihov nedostatak. Primećeno je da, ukoliko zemljištima sa srednjim sadržajem bakra dodajemo azot uz primenu Cu- đubriva, kod žitarica dolazi do velikog porasta prinosa (Ubavić i sar., 2001).

Osetljivost pojedinih biljnih vrsta na njegov nedostatak je različita. U izrazito osetljive biljke ubrajaju se ovas, pšenica, ozimi i jari ječam, lucerka, spanać. Tipični znaci nedostatka bakra su uvelost, uvijanje listova, odumiranje mlađih listova, kao i smanjenje prinosa (Kastori, 1993).

Uočeno je takođe da po primeni stajinjaka, naročito u svežem stanju, dolazi do nedostatka bakra, zbog čega biljke đubrene stajskim đubrivom reaguju na nedostatak bakra. Isto tako, stalno dodavanje fosfora i kalijuma zemljištu sa malim sadržajem bakra može doprineti njegovom nedostatku. Njegov nedostatak prouzrokuje i velika količina mangana u zemljištu (Ubavić i sar., 2001).

Takođe, ima slučajeva gde se mora voditi računa i sa njegovim suviškom, kao na primer u blizini topionica bakra, gde se od bakarnih otpadaka i bakarnih taloga znatno povećava njegova koncentracija u zemljištu.

Bakar može da bude i toksičan za biljke. Do toksičnog dejstva bakra dolazi ako je njegov ukupan sadržaj u zemljištu od 25 do 40 mg/kg i ako je pH vrednost zemljišta pri tome ispod 5,5. Analiza biljaka često nije dovoljno pouzdan pokazatelj zagađenosti zemljišta bakrom (Dragun i Baker, 1982). Visoka koncentracija bakra kod mnogih biljaka u velikoj meri smanjuje porast korena u odnosu na nadzemni deo biljke (Kastori, 1993). To, međutim ne znači da je koren osetljiviji na toksične koncentracije bakra od drugih organa biljaka. Brže stradanje korena u uslovima suviška bakra je rezultat njegovog većeg nakupljanja u korenu nego u nadzemnim organima biljaka (Kastori, 1993).

Količine Cu ispitivane su od više autora, i najčešće vrednosti varirale su između 10 i 60 mg/kg (Ubavić i sar., 2001). Utvrđeno je da sve biljke nejednako reaguju na nedostatak Cu u zemljištu (Ubavić i sar., 2001).

Visoke koncentracije bakra u poljoprivrednim zemljištima su posledica dugotrajne primene zaštitnih sredstava na bazi bakra u voćnicama i vinogradima (Ubavić, 1993).

Otpadni mulj se primenjuje za đubrenje poljoprivrednog zemljišta iz dva razloga, zbog potrebe za njegovu odlaganje i kao izvor organske materije, i mineralnih materija. Pravi značaj koncentracije bakra iz otpadnog mulja teško je proceniti, jer ga prate drugi toksični

elementi cink, nikl i kadmijum. Dozvoljeni nivo toksičnih elemenata u zemljištu reguliše se na osnovu njihovog sadržaja u zemljištu i u otpadnom mulju. Međutim, zbog česte primene otpadnog mulja, postoji rizik da dođe do zagađenja zemljišta usled znatno većih količina cinka i kadmijuma u otpadnom mulju, u poređenju sa njihovim sadržajem u zemljištu i biljci (James, 1983).

#### **2.2.2.2 Cink**

Cink spada u važne esencijalne oligoelemente za čoveka, životinje i više biljke. Ulazi u sastav većeg broja metaloenzima (karboanhidraza, karboksipeptidaza, alkalna fosfataza, mlečnokiselinska dehidrogenaza i glutamat dehidrogenaza), a može se naći i vezan za insulinski molekul (Kastori, 1993).

Zbog višestruke uloge u životu biljaka nedostatak cinka izaziva velike promene, kako u prometu materija biljaka tako i u morfološkoj i anatomskoj građi. Cink je neophodan za biosintezu auksina. Najtipičniji morfološki nedostaci izazvani nedovoljnom količinom auksina su pre svega sitni listovi, skraćene interdonije i stvaranje rozete (Kastori, 1993).

Procenjuje se da je prosečan sadržaj cinka u litosferi 80 mg/kg, a ukupan sadržaj cinka u zemljištu zavisi od sastava matičnih stena i kreće se u rasponu od 10 do 300 mg/kg a prosek je 50 mg/kg (Lindsay, 1982). Zadnjih decenija koncentracija cinka u nekim zemljištima se povećava, naročito u industrijskim zemljama, kao posledica ljudske aktivnosti. Zbog toga se ukupan sadržaj cinka u u takvim zemljištima kreće od nekoliko stotina do hiljadu mg/kg.

U visokim koncentracijama je fitotoksičan, tako da je proučavanje ovog metala veoma važno jer direktno utiče na plodnost zemljišta, prinos i kvalitet gajenih biljaka. Glavni izvori zagađenja zemljišta cinkom su: rudnici, livnice gvožđa, korišćenje otpadnih muljeva u poljoprivredi, kompostirani materijali, pesticidi i đubriva (Kiekens, 1995).

Velika koncentracija cinka, deluje toksično na biljke. Postoje biljne vrste koje imaju izrazitu sposobnost nakupljanja cinka. U takvim biljkama, sadržaj cinka može da iznosi od 1,6 do 17% (Kastori, 1997). Vidljivi simptomi suviška cinka se javlja kada je njegova koncentracija u suvoj materiji prelazi 300 do 5000 mg/kg. Suvišak cinka izaziva specifične morfološke i fiziološke promene, što se ogleda u nižem rastu, smanjenju korenovog sistema,

obrazovanjem sitnih listova. Ukoliko udeo cinka u biljkama dostigne toksičan nivo, one brzo propadaju. Znaci suviška cinka kod biljaka javljaju se na kiselim tresetnim zemljištima, na zemljištima koja su nastala iz matičnog supstrata bogatog cinkom (Kastori, 1997).

Upotrebom đubriva i pesticida u poljoprivrednoj proizvodnji povećava se koncentracija cinka u zemljištu. Prema Anderssonu (1981) u mineralnim fosforim đubrivima koncentracija cinka je između 50 i 1450 mg/kg, krečnim đubrivima od 10-450 mg/kg, dok je u organskim od 15-250 mg/kg. Neki pesticidi sadrže čak do 25% cinka, te se njihovom primenom povećava koncentracija cinka u zemljištu.

U otpanom mulju, se pored organske materije koje je korisna za zemljište i biljke, često se nalaze i znatne količine cinka i drugih elemenata koji toksično deluje na gajene biljke. Komisija Evropske zajednice odredila je dozvoljenu granicu za koncentraciju cinka u otpadnom mulju između 2500- 4000 mg/kg. Koncentracija cinka u zemljištu ne sme preći dozvoljeni nivo, a on je za veći broj zemalja do 300 mg/kg (Kastori, 1997).

Bilans cinka u zemljištu izračunava se na osnovu njegovog njegovog dospevanja iz atmosfere, unošenja otpadnog mulja, đubriva i pesticida. Prema Webber-u (1984), kroz razne izvore cink dospeva u zemljište, iz: organskih đubriva (67%), atmosfere (25%), mineralnih đubriva (4,5%), pesticida (3%), komposta (0,3%), otpadnog mulja (0,2%). Ovakav odnos dospevanja cinka ne može se generalno primeniti za sve zemlje, jer značajno zavisi od korištenja otpadnih muljeva i đubriva u poljoprivredi i industrijske razvijenosti zemlje.

### **2.2.2.3 Mangan**

Gotovo sav mangan u zemljištu potiče iz matičnog supstrata, i njegova koncentracija u zemljištu je odraz sastava matičnih stena. Osim geohemijskog porekla, mangan u zemljište dospeva i kada se usevi deficitarni u manganu tretiraju, najčešće rastvorom  $MnSO_4$  ili se mangan dodaje đubrivima (Ubavić, Bogdanović, 2001).

Biljke usvajaju mangan kao  $Mn^{2+}$  jon, a faktori koji utiču na redukciju mangana iz viših u niža oksidaciona stanja određuju kapacitet zemljišta da snabdeva biljke potrebnim količinama mangana (Ubavić, Bogdanović, 2001)

Mangan je jedan od esencijalnih elemenata za mikroorganizme, više biljke i životinje. Njegov značaj je otkriven 1863. godine kada je dokazano da  $Mn^{2+}$  aktivira određene enzime koji učestvuju u sintezi glikoproteina i ulazi u strukturu metaloenzima kao što su arginaza i piruvat karboksilaza (Hirsch-Holb i sar., 1971; Bowen, 1979).

Manganov nedostatak se pojačava primenom alkalnih azotnih i fosfornih đubriva, kao i na lakim zemljištima, gde preovlađuju oksidacioni uslovi. Isto tako, njegov nedostatak se pojačava ako se zemljištu dodaje organska materija, a nastupi suša. Na taj način podstiče se rad bakterija, oksidacija je povećana, što vodi njegovom nedostatku. Isto tako, smanjena upotreba stajinjaka dovodi do njegovog nedostatka (Ubavić, Bogdanović, 2001).

Pojavu viška mangana u zemljištu podstiče kisela sredina. Ukoliko se u zemljištu stvore redukcionni uslovi, može se očekivati njegov višak, time i oštećenje biljaka. Redukcionni uslovi u zemljištu nastaju kada je ono zasićeno vodom, slabo obrađeno, u prisustvu velike količine organske materije i pri nižim pH vrednostima.

Toksične koncentracije mangana u biljkama prema Le Bot-u (1996) kreću se od 80 do 5000 mg/kg. Toksičnost mangana obično se javlja na kiselim zemljištima i u toplom podneblju. Količine vodorastvornog mangana u zemljištu je bolji pokazatelj njegove toksičnosti od količine redukovano mangana.

Visok udeo pristupačnog mangana u hranljivoj podlozi najčešće smanjuje koncentraciju kalcijuma, magnezijuma, gvožđa i molibdena kako u korenu, tako i u nadzemnim organima (Le Bot i sar., 1996) te njihov nedostatak često može da prikrije simptome viška mangana. Višegodišnjom upotrebom većih količina magnezijuma, čak i na zemljištima prirodno bogatom manganom, može da se ublaži nakupljanje toksičnih koncentracija mangana u biljkama. Zbog toga se odnos sadržaja Mg: Mn u listovima koristi se kao pokazatelj toksičnosti mangana za biljke (Le Bot i sar., 1990).

#### **2.2.2.4 Gvožđe**

Gvožđe spada u grupu neophodnih makrohranljivih elemenata. Nalazi se kako u litosferi tako i u pedosferi. Gvožđe se posle kiseonika, silicijuma i aluminijuma nalazi najviše u litosferi. Zemljišta ga sadrže u različitim količinama, između 2 i 10%. Samo neka

karbonatna i silikatna zemljišta sadrže manje od 1 % gvožđa. Navedene količine su dovoljne za potrebe ishrane biljaka (Ubavić, Bogdanović, 2001).

U zemljištu se gvožđe nalazi u primarnim mineralima, kao što su: biotit, olivin, amfiboli i dr. Njihovim raspadanjem i ponovnim taloženjem gvožđe se veže u oblik oksida: hematit-  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , magnetit-  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , siderit-  $\text{FeCO}_3$ , pirit-  $\text{FeS}$ , gvožđe sulfidi  $\text{FeS}$  (Jakovljević, Pantović, 1991).

Raspadanjem sekundarnih minerala, koje je intenzivnije i lakše od primarnih, gvožđe prelazi u zemljišni rastvor iz koga ga biljke usvajaju, ili se apsorbuje od strane čvrste faze zemljišta u obliku  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  i  $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ .

Količine gvožđa u zemljišnom rastvoru su male i biljke ga iz njega usvajaju u obliku  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  i Fe-helata (Ubavić, Bogdanović, 2001).

Primena fosfornog hraniva i  $\text{CaCO}_3$  izaziva smanjenje koncentracije Fe u biljkama strnih žita. Povećanje koncentracije Fe u slami nekih genotipova strnih žita, pri upotrebi fosfora, jedino može biti rezultat inhibicije transporta Fe iz korena i stabla u zrno, jer je poznato da pored toga što sprečava usvajanje Fe on ometa i njegovo premeštanje u biljci (Olsen, 1972; Adams, 1980).

Gvožđe posredno ili neposredno učestvuje u brojnim životnim procesima: disanju, fiksaciji elementarnog azota, redukciji nitrata, metabolizmu ugljenih hidrata. Specifična uloga gvožđa povezuje se sa njegovim dejstvom na čitav niz fermenata, posebno citohroma, jer se smatra da je on prenosilac kiseonika (Ubavić, Bogdanović, 2001).

Suvišak gvožđa se u prirodi retko javlja, a i ako se javi to je najčešće na sulfatnim zemljištima i pri niskoj pH-vrednosti. Primenom većih doza kalijuma moguće je delimično odstraniti njegov višak.

U uslovima visokog redoks-potencijala i dovoljne vlažnosti, nastaju pod uticajem mikroorganizama feri-jedinjenja, koja su rastvorljiva samo u jako kiseloj sredini. Rastvorljiva fero-jedinjenja nastaju u zemljištu pri pH između 4 i 6, u uslovima niskog redoks-potencijala. U zemljištima slabo kisele do neutralne reakcije, otežana je ishrana biljaka gvožđem, jer pri reakciji iznad 6,5 gvožđe gradi nerastvorljive okside gvožđa ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

## **2.3 Usvajanje, raspodela i nakupljanje elemenata u biljkama**

Biljke elemente usvajaju iz zemljišta, a pri određenim uslovima i preko nadzemnih organa. Intenzitet usvajanja, a time i nakupljanja i teških metala u biljkama zavisi od brojnih činilaca. Nakupljanje toksičnih i esencijalnih elemenata može biti posledica prirodnih pedogenih procesa, ili antropogenih činilaca, tj. rezultat zagađenja spoljašnje sredine (Witer, 1996). Tako na primer, zemljišta formirana na sulfatnim, bakarnim, silikatnim mineralima, ili na serpentinskim stenama odlikuju se visokim sadržajem nikla i hroma (Brookes, 1987), a na sedimentnim i metamorfnim visokim udelom kadmijuma. U zemljištima nastalim od minerala bogatih olovom, sadržaj olova u gornjim slojevima zemljišta može iznositi i do 3000 mg/kg (Ernst, 1996). Sulfatna i lateritna zemljišta bogata su u gvožđu, tresetna u cinku. Do suviška gvožđa i mangana obično dolazi i na loše dreniranim i plavljenim zemljištima. Usvajanje jona teških metala povećava se smanjenjem vrednosti pH zemljišta, sadržajem organskih materija u njemu i porastom za biljke pristupačnih jona teških metala (Kastori, 1990). U zemljištima bogatim organskom materijom nakupljanje gvožđa, mangana i molibdena je intenzivnije (Kastori, 1997), a u siromačnim značajno se povećava sadržaj olova, kadmijuma, bakra i cinka (Ernst, 1996).

### **2.3.1 Mehanizam usvajanja elemenata**

Biljke elemente usvajaju u obliku jona i/ili organskih kompleksa, u vidu helata. Proces usvajanja mikroelemenata, sa pretežno toksičnim dejstvom na biljke, je pasivan proces i zavisi od brojnih spoljašnjih i unutrašnjih činilaca. Tako na primer, joni  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Zn}^{2+}$  prisutni u hranljivom supstratu inhibiraju usvajanje kadmijuma, a joni  $\text{H}^+$  podstiču usvajanje toksičnih mikroelemenata (Senesi, 1992).

Pri ispitivanju intenziteta usvajanja gvožđa utvrđeno je da postoje dva mehanizma usvajanja, jedan pri niskoj, drugi pri visokoj koncentraciji jona u supstratu (Woolhouse, 1983). U slučaju da je koncentracija gvožđa u spoljašnjoj sredini visoka, tada na njegovo usvajanje može da utiče prisustvo drugih jona, posebno neesencijalnih mikroelemenata. Nepovoljno dejstvo nekog toksičnog mikroelementa na usvajanje i translokaciju gvožđa u biljkama utoliko je izraženije ukoliko je stabilnost njihovih helata u supstratu veća.

Usvajanje cinka sledi kinetiku enzimskih reakcija i porast njegove koncentracije u podlozi. Usvajanje i translokaciju cinka u nadzemne organe u značajnoj meri inhibira visoka koncentracija bikarbonata i fosfata (Loneragan i sar., 1979). Mangan u višku može da inhibira usvajanje cinka, a ne retko i njegov transport u ksilemu. Intenzitet usvajanja bakra je u direktnoj korelaciji sa brzinom transporta vode iz zemljišta u koren i intenzitetom transpiracije (Punz, Sieghardt, 1993).

### **2.3.2 Nakupljanje i distribucija elemenata u biljkama**

Na osnovu načina nakupljanja toksičnih mikroelemenata biljke se mogu podeliti u tri grupe: akumulatore, indikatore i one koje toksične mikroelemente nakupljaju u malim količinama.

U biljke akumulatore ubrajaju se vrste koje u nadzemnim delovima nakupljaju značajne količine toksičnih mikroelemenata, nezavisno od njihovog udela u zemljištu.

Kod biljaka indikatora usvajanje i transport toksičnih mikroelemenata u nadzemne organe verno odražava njihovu koncentraciju u spoljašnjoj sredini. One se često koriste kao biološki indikatori za utvrđivanje koncentracije toksičnih elemenata drugih neophodnih elemenata. Treću grupu čine biljke u kojima je koncentracija toksičnih mikroelemenata u nadzemnom delu uglavnom konstantna i nezavisna od njihovog prisustva u zemljištu. Međutim, kada u ovim biljkama prisutna koncentracija toksičnih mikroelemenata pređe kritičnu vrednost, mehanizam regulacije usvajanja jona se oštećuje, te usvajanje i nakupljanje ovih mikroelemenata u biljkama postaje nekontrolisano i veoma intenzivno (Baker, 1981).

Biljke koje ne pripadaju pomenutim vrstama, posebno uzgajane poljoprivredne kulture, uglavnom su osetljive na veće prisustvo koncentracije jona toksičnih mikroelemenata u hranljivoj podlozi. Utvrđene su različite reakcije biljaka na prisustvo toksičnih mikroelemenata i to ne samo između pojedinih vrsta, već i kod genotipova iste vrste. Tako na primer, suncokret ispoljava relativnu tolerantnost prema višku mangana (Edwards, Asher, 1982), paradajz prema kadmijumu, a pšenica i soja dobro podnose prisustvo olova u hranljivom supstratu (Kastori i sar., 1990). Suprotno, pšenica i kukuruz su veoma osetljive prema višku mangana (Edwards, Asher, 1982), kukuruz, jagoda, spanać imaju slabu tolerantnost prema bakru (Woolhouse, 1983), spanać se ubraja u vrste osetljive prema olovu.

## **2.4 Pšenica**

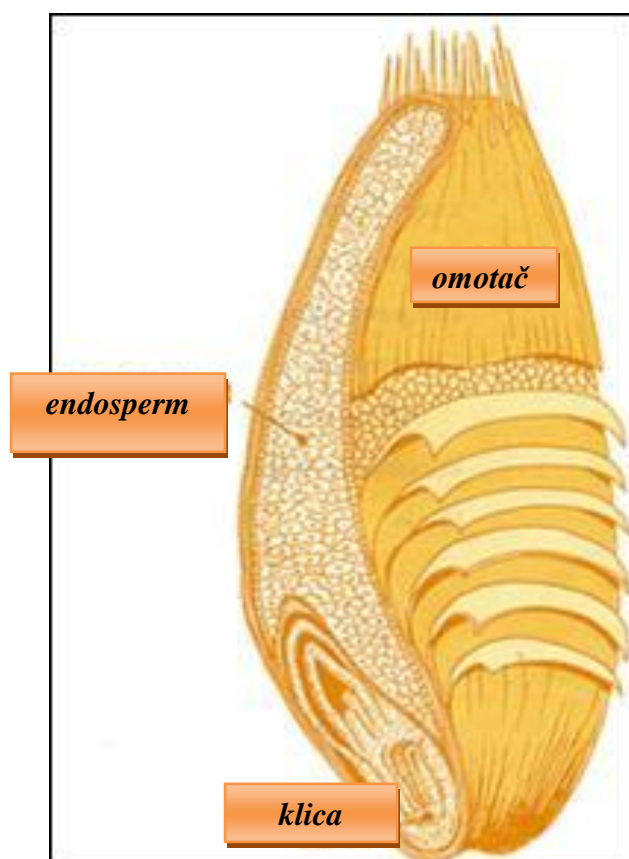
Pšenica je žitarica koja se uzgaja u različitim klimatskim uslovima. Postoji veliki broj različitih sorti pšenice, a njihova zrna se mogu razlikovati po fizičkim i tehnološkim osobinama ili pokazateljima kvaliteta. Najznačajniji pravac u preradi pšenice je mlevenje, pri čemu se dobijaju različite vrste brašna i krupica, a sporedni proizvodi su mekinje i stočno brašno, kao i primese izdvojene u procesu pripreme (Žeželj, 2005). Proizvodi mlevenja služe kao osnovna sirovina u pekarstvu, pri čemu se dobija veliki asortiman pekarskih proizvoda, od kojih je najznačajniji hleb. Osnovna sirovina u proizvodnji hleba je brašno. Od njegovih osobina zavisi kvalitet, kako testa, tako i krajnjeg proizvoda. Po svom sastavu brašno je vrlo kompleksan prirodni materijal, čiji sastav i osobine variraju zavisno od sorte pšenice, klimatskih uslova, primenjenih agrotehničkih mera, načina meljave, pravilnog skladištenja i čuvanja.

Nutricionisti smatraju da bazični i najzastupljeniji deo ishrane treba da čine pšenica i njene preradevine. Naročito se proizvodi od celog zrna smatraju se zdravom hranom bilo u vidu hleba, testenina, žitarica za doručak ili raznih pahuljica. Prokljerala pšenica je naročito bogata aminokiselinama, mineralnim materijama i vitaminima (naročito vitaminom C). Pšenične pahuljice od celog zrna, klice i mekinje se preporučuju za dodavanje raznim jelima. Takođe se, konzumiranjem hleba od celog zrna pšenice ishrana obogaćuje vrednim sastojcima klice i materijama omotača zrna, ali treba imati u vidu da na zdravstvenu bezbednost proizvoda utiče eventualno prisustvo polutanata.

### **2.4.1 Građa zrna pšenice**

Zrno žita se sastoji iz tri osnovna anatomska dela (Pyler, Gorton, 2008) koja se razlikuju po funkciji, građi, sastavu, strukturi, mehaničkim i drugim osobinama. Delovi zrna su endosperm, klica i omotač, (slika 1). Struktura zrna odnosno njegovih anatomskih delova zavisi od ćelijske građe i hemijskog sastava. Različita struktura uslovljava različitu mehaničku otpornost na čemu se zasniva selektivno usitnjavanje zrna u procesu mlevenja. Zahvaljujući tim razlikama zrno može uspešno da se prerađuje mlevenjem i ljuštenjem.





Slika 1. – Presek zrna pšenice

#### 2.4.1.1 Endosperm

Endosperm predstavlja najznačajniji deo zrna, jer se od njega dobijaju najznačajniji proizvodi, kao što su brašna i krupice ili grizevi. Endosperm čini i najveći deo zrna, kod većine žita iznad 90% i sastoji se iz dva dela. Spoljni deo čini jedan red prizmatičnih ćelija, takozvani aleuronski sloj, a unutrašnji deo čine parenhimske ćelije pod nazivom jezgra endosperma, ili skrobni endosperm. Po mehaničkim osobinama aleuronski sloj je sličniji omotaču, pa se u procesu mlevenja izdvaja zajedno sa njim i gradi proizvod pod nazivom mekinje, dok se od endosperma dobijaju proizvodi različite granulacije, kao što su različite vrste i tipovi brašna i krupičavih proizvoda ili grizeva (Pyler, Gorton, 2008).

Pored proteina i masti, aleuronski sloj je vrlo bogat mineralnim materijama, a naročito fosforom koji se nalazi u obliku fosfatida. Aleuronski sloj sadrži biološki vredne proteine, nikotinsku kiselinu, razne mineralne soli i većinu vitamina grupe B. Aleuronski sloj obavlja

celo zrno, izuzev dela gde se nalazi klica. Debljina aleuronskog sloja iznosi 40 – 70  $\mu\text{m}$ , što čini 6 – 14% od ukupne mase zrna (Pyler, Gorton, 2008).

Ćelije endosperma su ispunjene skrobnim zrcima oko kojih se u više slojeva nalaze lipidi, proteini i lipoproteini (Pyler, Gorton, 2008).

Između skrobnih zrna nalaze se uklješteni proteini koji čine proteinsku matricu u kojoj su uklopljena skrobna zrna. Ukoliko su skrobna zrna čvrsto upakovana u skrobnu matricu, takav endosperm po preseku ima staklav izgled, a ako su uklopljeni i fini gasni mehurići, presek ima brašnav izgled što ima vrlo bitan uticaj na mehaničke, a zatim i na mlevne osobine zrna.

U centralnom delu endosperma je najveći udeo krupnih skrobnih zrna, dok je u perifernim delovima veći udeo sitnih (Pyler, Gorto, 2008).

#### **2.4.1.2 Klica**

U klici su skoncentrisani enzimi, vitamini i esencijalne amino kiseline. Pored toga klica sadrži i veliku količinu nezasićenih masnih kiselina. U zrnu pšenice udeo klice je 1,4-3,8% i u tehnološkom procesu mlevenja najveći deo odlazi u mekinje a manji deo u brašna (Žeželj, 2005).

#### **2.4.1.3 Omotač zrna**

Omotač obavija zrno po celoj površini. Njega čine unutrašnji deo ili semenjača i spoljni deo ili oplodnjača. Pored toga, neka žita imaju i plevicu koja može da bude srasla sa ostalim delom omotača, ili odvojena. Udeo i sastav pojedinih delova omotača kod žita je različit. Kod golozrnih žita udeo semenjače i oplodnjače je veći dok je kod žita sa plevicom udeo ovih delova omotača mali, ali je zato udeo same plevice vrlo visok (Pyler, Gorton, 2008).

Omotač se sastoji od izumrlih drvenastih ćelija sa zadebljalim zidovima, čiju osnovu čine celuloza, hemiceluloza, lignin i druge materije koje omotaču daju veliku čvrstoću. Pored toga, omotač je izuzetno bogat mineralnim materijama. Ovakav sastav omotača čini ga manje vrednim u ishrani, pa se u procesu prerade izdvaja zajedno sa aleuronskim slojem endosperma u obliku mekinja. Međutim, dosadašnja predstava o omotaču kao manje

vrednom delu zrna više ne stoji, jer se pokazalo da se i u omotaču nalaze vrlo vredne materije korisne za ljudski organizam (vitamini i prehrambena vlakna). Izuzetak je plevica koja je zaista bezvredna sa prehrambenog stanovišta.

Sastav omotača zrna proizlazi iz njegove funkcije koja zahteva veliku mehaničku otpornost, koju mu daju celulozne i mineralne materije, koje čine najveći deo omotača. Međutim, pored ovih materija, u omotaču se nalazi i značajna količina pentozona, proteina i masti kao i vitamina, što omotač čini vrlo interesantnim sa stanovišta ishrane. U poslednje vreme poseban značaj se pridaje balastnim materijama koje se nalaze u omotaču zrna, u koje pored celuloze i hemiceluloze spadaju i druge nesvarljive materije koje se visoko cene u savremenoj ishrani. Pojedini delovi omotača ne samo da se razlikuju po građi, već postoje velike razlike i u sastavu. Oplodnjača zrna je bogatija celuloznim materijama i pentozomima, dok je semenjača bogatija proteinima i mineralnim materijama (Pylar, Gorton, 2008).

#### **2.4.2 Uticaj toksičnih elemenata na rast i prinos pšenice**

Svi delovi biljke mogu biti kontaminirani toksičnim elementima pri čemu njihov sadržaj varira u različitim delovima biljaka (Kaličanin i sar., 2008).

Olovo u neorganskom obliku biljke, osim na kiselim zemljištima, slabo usvajaju i premeštaju u nadzemne organe. Međutim, organska jedinjenja olova, alkilni derivati: tetraalkil-olovo, tetrametil-olovo i tetraetil-olovo, veoma su mobilna ne samo u zemljištu već i u biljkama, pa se često nakupljaju u reproduktivnim organima, na primer u semenu pšenice (Kastori, 1997).

Osnovni mehanizam toksičnosti olova je pre svega njegov uticaj na metabolizam kalcijuma i inhibiranje brojnih enzimskih sistema. Olovo u većim koncentracijama inhibira izduživanje korena i rast lisne površine, inhibira intenzitet fotosinteze, a takođe utiče na usvajanje neophodnih elemenata (Kastori, 1997).

Smatra se da pšenica ima relativno visoku tolerantnost prema Pb (Milovac, 1980; Kastori i sar., 1993). Prinos pšenice se značajnije smanjuje kada koncentracija jona olova u suvoj materiji slame dostiže 45 mg/kg (Milovac, 1980).

Teški metali se u korenu pšenice mnogo intenzivnije nakupljaju nego u nadzemnim organima. Weber i Hrynezuk (2000) su proučavali usvajanje teških metala (kadmijuma, olova

i cinka) u pšenici u laboratorijskim uslovima folijarnim izlaganjem ili dodavanjem rastvora ovih metala u zemljište. Pokazali su da je unos teških metala preko lišća oko 10 puta veći nego preko korena iz kontaminiranog zemljišta, pri čemu je preko lista efikasniji unos cinka. Usvajanje olova iz zemljišta bilo je zanemarljivo, pa je na osnovu toga zaključeno da olovo u biljke dospeva preko lišća iz vazduha. Takođe je uočeno da se u pojedine delove pšenice (zrno, stabljika) nakuplja uglavnom cink, nešto manje kadmijum i najmanje olovo bez obzira na to da li je usvajanje ovih metala bilo preko kontaminiranog zemljišta ili preko lišća iz vazduha. Pokazano je da se metali najviše akumuliraju u lišću i korenu biljke, zatim u stabljici, a najmanje u zrnu (Weber, Hrynezuk, 2000). Velika moć korena u akumulaciji olova mogla bi da bude i jedan vid zaštite nadzemnog dela od njegove veće koncentracije u spoljašnjoj sredini.

Joni toksičnih elemenata utiču nepovoljno na rast pojedinih organa biljaka, naročito korena. Veće koncentracije arsena kod žita uzrokuje pojavu crveno-mrkih pega na listovima, koren dobija žutu ili mrku boju i izostaje bokorenje. Olovo kod pšenice utiče na smanjen rast nadzemnog dela biljke, koren je kratak i mrke je boje (Kabata-Pendias, 1999).

## ***2.5 Uticaj saobraćajnica na zemljište i okolinu***

Okolina se, danas, ne može objasniti niti razumeti samo jednostavnim shvatanjem i izučavanjem svake od njenih komponenti. Sastavljena od logično prirodno komponovanih sistema, okolina predstavlja i izraz interakcije odnosa čoveka i prirode.

Okolinu definiše njen ekosistem koji predstavlja zajednicu i funkcionalnu celinu prirodnog udruženja biljaka i životinja (biocenoza) koja živi na prostoru u globalno homogenim ekološkim uslovima (biotopi). Budući da su i ljudi integralni deo ovih sistema, oni svojim životnim aktivnostima i posrednim uticajem na biocenoze i biotope utiču na njihovo stvaranje i održavanje (Gajin, 1994).

Kao jedna od bitnih komponenti opšteg ljudskog napretka i razvoja, je planiranje i projektovanje puteva i kao posledica tih aktivnosti njihovo građenje, održavanje i eksploatacija imaju direktan uticaj na okolinu.

Razvojem privrede, a sa tim povezano i putnog saobraćaja, izgradnjom savremenih puteva kojima se danas kreće i do 200.000 vozila dnevno, koji sa svoje strane, počinje osetno

narušavanje prirodne sredine do te mere da se ona mora štititi, i to sva tri njena glavna elementa: voda, vazduh i zemljište (Jakovljević, 1999).

Zemljište je najvažniji prirodni resurs, medijum za mnoge biološke i ljudske aktivnosti. Oštećenja i njegova eksploatacija u korisne svrhe predstavljaju u novije vreme značajan problem mnogim zemljama u svetu. Postoje brojni stavovi da se fond nezagađenog zemljišta mora sačuvati, jer predstavlja jedan od osnovnih uslova života budućih generacija. Iako se zemljište ubraja u obnovljive resurse čovek svojom aktivnošću sve više ugrožava zemljišni fond, pri čemu pored zagađivanja, poseban problem predstavlja trajno uništavanje obradivih površina. Da bi se sprečilo (ograničilo) unošenje štetnih materija u zemljište, naročito poljoprivredno, i sačuvala njegova upotrebljivost, potrebno je smišljeno upravljati raspoloživim resursima nezagađenog zemljišta (Barrow, 1991).

### **2.5.1 Kontaminacija zemljišta**

Kao posledica što većeg zahteva za očuvanjem zemljišta i njegovom eksploatacijom u najkorisnije svrhe, u poslednje vreme je znatno povećan javni i opšti interes za ove probleme. U istoriji ima primera zagađivanja tla zasoljavanjem, i pretvaranjem žitnica u neplodno tlo, koje se tek danas posle 2000 godina revitalizira (dolina Tigra u Iraku). Izričit je takođe zahtev da je potrebno sprečiti (ograničiti) unošenje štetnih materija u zemljište, naročito poljoprivredno, i sačuvati njegovu upotrebljivost, odnosno da je sa raspoloživim resursima nezagađenog tla potrebno smišljeno upravljati (Jakovljević, 1999).

Zagađenje zemljišta od puta a naročito od putnog saobraćaja može biti znatno (Jakovljević, 1999).

Benzinski motori emituju fine čestice neorganskog sastava olovnog porekla, koje mogu biti adsorbovane i direktno, preko sistema nakupljanja, uvedene u vegetaciju pored puta. Sadržaj olova u benzinu je smanjen poslednjih godina, što zajedno sa popularisanjem bezolovnog goriva, bitno smanjuje koncentraciju olova u blizini puta. Benzinski motori emituju takođe i čestice drugih mikroelemenata koje su dodate, kao aditivi, motornim uljima (Nwachukwu i sar., 2010).

Zagađivanje zemljišta od saobraćaja nastaje na svakom putu i može biti na svim putevima sa protokom vozila većim od 20.000 voz./dan. Mikroelementi kao što su hrom,

olovo i cink mogu da ostanu u zemljištu stotinama godina. Ovi uticaji su generalno lokalizovani, npr., autoput koji je otvoren za saobraćaj proteklih 25 godina ima granice toksičnosti u širini manjoj od 10 metara, a mikroelementi kao zagađivači se protežu od 50-100 metara od puta. Rizik od zagađenja zemljišta nastaje i prilikom transporta otrovnih proizvoda za vreme izgradnje puta a kasnije i prilikom njegove eksploatacije (Gallagher, 1991).

### **2.5.2 Uticaj saobraćajnica na kvalitet vazduha**

Emisije zagađivača koja potiču od motornih vozila imaju planetarni uticaj budići da dolazi do zagađenja atmosfere i njihovog taloženja iz atmosfere na poljoprivredno zemljište. Smanjenje ovih negativnih efekata stoga pretpostavlja promene nacionalnih politika u ovoj oblasti u svim zemljama sveta. One se odnose na formulisanje standarda, korišćenja drugih vidova transporta i korišćenje drugih vrsta energije (Radojković, 1994).

Smatra se da individualna motorizacija emituje 60% od ukupne emisije ugljenmonoksida, 60% emisije ugljovodonika i više od jedne trećine azota koji se oslobađa u atmosferu. Zagađenje vazduha prouzrokovano motornim vozilima ima sledeći ciklični put: emitovanje zagađivača (u zavisnosti od tipa vozila, tipa motora, održavanja motora i kvaliteta goriva), širenje u vazduhu (u zavisnosti od lokalne topografije, temperature, padavina i vetra) i prijem zagađenja od strane ljudi, zemljišta, faune i flore (Radojković, 1990).

### **2.5.3 Zagađivači vazduha**

Prema Pavlović-u, (2006) primarni zagađivači vazduha su:

- Azotni oksidi ( $\text{NO}_x$ ) koji mogu ostati u atmosferi više dana i imati značajnu ulogu u stvaranju kiselina u atmosferi. Oni u formi kiselina i oksida utiču na disajne organe ljudi, biljki i životinja.
- Ugljovodonici (HC) koji se stvaraju nepotpunim sagorevanjem goriva i njegovim isparenjem uključujući široki spektar organskih hemijskih supstanci. Imaju višestruki uticaj na zdravlje: toksičan, kancerogeni i mutagenski.
- Ugljenmonoksid (CO), ostaje u atmosferi od jednog do dva meseca. Spaja se sa hemoglobinom u ljudskoj krvi i sprečava raznošenje kiseonika. U malim dozama,

prouzrokuje glavobolje, vrtoglavice; u većim koncentracijama asfiksiju (nedostatak kiseonika ili višak ugljenmonoksida u organizmu), što može da bude smrtonosno. U ovom smislu dizel motori zbog znatno manje emisije i CO i HC su mnogo povoljniji od benzinskih.

- Sumpordioksid ( $\text{SO}_2$ ), može da ostane u atmosferi od nekoliko sati do nekoliko nedelja. Stopa emisije je direktno vezana za količinu sumpora koja se nalazi u gorivu.
- Olovo (Pb) koje se dodaje gorivu kako bi se povećala njegova oktanska snaga služi i podmazivanju motora, ima dobro poznate uticaje na zdravlje. Primeri su poremećaji nervnog sistema (naročito kod dece) i anemija. Olovo koje se emituje u vazduh može se udisati direktno ili konzumirati kroz pijaću vodu ili hranu.

#### **2.5.4 Zagađivanja od oticanja vode sa kolovozne površine**

U neposrednoj okolini puteva, površinska i podzemna voda može biti zagađena oticanjem zagađivača sa kolovozne površine. Posebno su ozbiljni problemi u slučajevima kada transportna vozila sa opasnim materijalima dožive saobraćajnu nesreću. Tada postoji ozbiljan rizik da se takva supstanca unese u drenažne sisteme, i zatim, u vodonosne slojeve koji su sa njima povezani. So, koja se koristi za uklanjanje poledice sa puteva, može biti ozbiljan zagađivač tokom zimskih meseci, utičući i na vegetaciju, floru i faunu u okolini puta, a može se proširiti i na veće površine, ukoliko kontaminacija zahvati veću količinu voda. Soli sa puteva, u slučaju neadekvatno rešenog odvodnjavanja, dospevaju u površinsku i podzemnu vodu. Zagađivanje je posebno opasno ako se javlja u delovima terena koji se koriste kao vodozahvati, u aluvijalnim i drugim poroznim sredstvima gde zagađivači lako prodiru i brzo se šire (Jakovljević, 1999).

Tekući zagađivači su vezani sa vodom od atmosferske kiše ili topljenog snega koji se spira sa puteva. Kada teče sa puta, voda skuplja prljavštinu i prašinu, metal nataložen od pohabanih pneumatika vozila, antifrizu i mehaničkog ulja nakapanog na kolovoz (Jakovljević, 1999).

Ulja i maziva iz motornih vozila ističu na površinu saobraćajnica direktno iz motornih vozila, i zagađuju atmosfersku vodu koja sa njih otiče (Jakovljević, 1999).

Toksični elementi imaju poreklo od nekih prirodnih izvora kao što su minerali iz stena, so, itd. Ali na površini kolovoza, oni se pojavljuju kao posledica putnog saobraćaja motornih vozila (trošenje pneumatika i pogonskih delova, kočnica, rđe, boja, itd) (Jakovljević, 1999).

Olovo u otoku vode sa kolovoza potiče od sagorevanja benzina, trošenja guma, trošenja obloga kočnica, izduvnih gasova, gubitka u vidu kapi od ulja i maziva.

Pored toga stanje vozila je vrlo loše, stara su, sa lošim pneumaticima, vrlo često neispravna, sa lošim kočnicama, neredovno servisirana tako da su ti izvori zagađenja veliki (Jakovljević, 1999). Prisustvo gvožđa u otoku vode sa kolovoza je veliko a posledica, kao i kod olova, je stanje vozila, korozija, habanje obloga kočnica i sl. Veća količina se javlja posle dužih sušnih perioda, većem saobraćaju i kišama (Jakovljević, 1999).



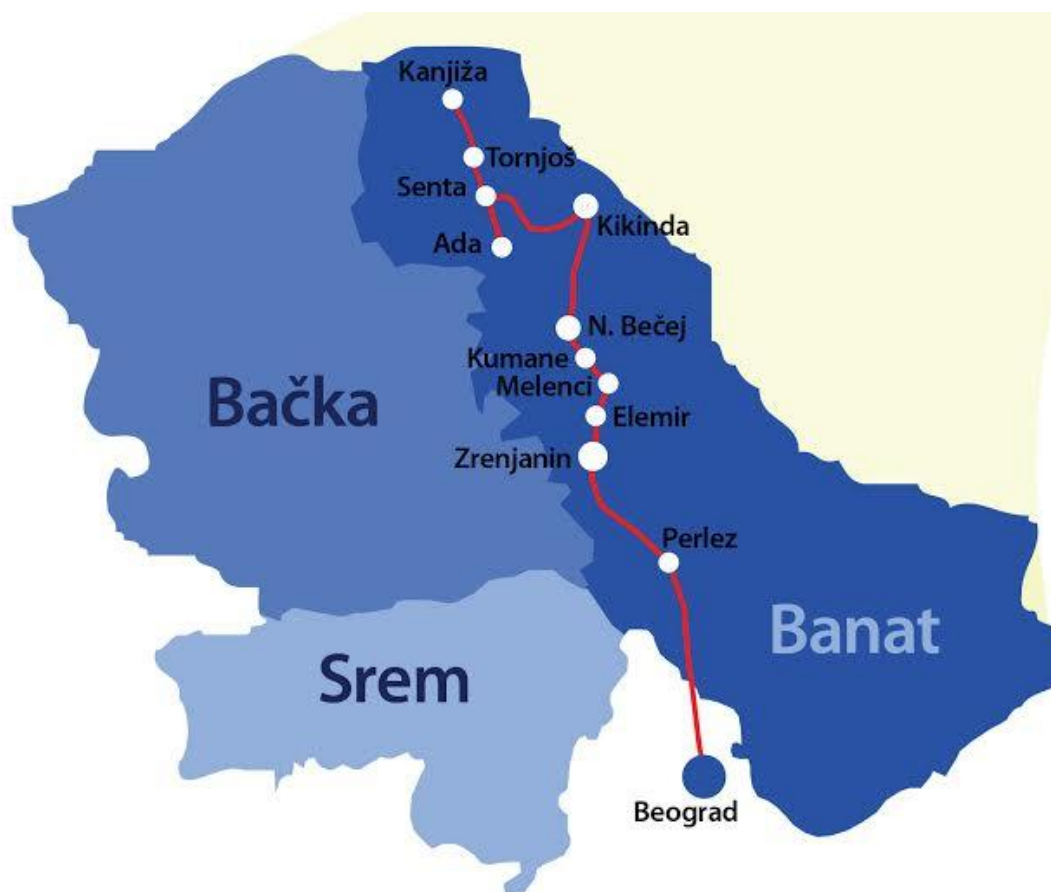
### 3. EKSPERIMENTALNI DEO

#### 3.1 Materijal

Uzorci zemljišta uzeti su sa deset odabranih parcela na kojima će se uzgajati pšenica, uz frekventne saobraćajnice Banatu (Perlez, Elemir, Melenci, Kumane, Novi Bečej, Kikinda, Banatski Monoštor, Čoka) i Bačkoj (Senta, Tornjoš) (slika 2).

Na svakom lokalitetu uzeto je 20-25 pojedinačnih uzoraka zemljišta. Pojedinačni uzorci su uzimani ašovom na dubini od 0-30 cm. Pojedinačni uzorci su homogenizovani i prosečan uzorak je korišten za ispitivanja. Sa svake parcele napravljena su po tri prosečna uzorka uzorka zemljišta, na rastojanju 0, 100 i 200 m od puta.

Uzorci pšenice prikupljeni su za vreme žetve 2011.god. Požnjevena je pšenica neposredno pored saobraćajnica, zatim na 100 i 200 m od puta u Banatu (Perlez, Elemir, Melenci, Kumane, Novi Bečej, Kikinda, Banatski Monoštor, Čoka) i Bačkoj (Senta, Tornjoš).



Slika 2. – Mapa Vojvodine

## **3.2 Metodi**

### **3.2.1 Priprema zemljišta za analizu**

Uzorci zemljišta pripremljeni su u skladu sa metodima EPA METHOD 3051A- Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soil and oils dok je određivanje izvršeno u skladu sa EPA 6020A: 2007 Inductively coupled plasma- mass spectrometry.

### **3.2.2 Sadržaj elemenata u zemljištu**

Za određivanje sadržaja elemenata Pb, Cd, Hg, As, Zn, Cu, Fe i Mn u zemljištu na analitičkoj vagi je odmereno 0,5 g uzorka, zatim je dodato 9 ml  $\text{HNO}_3$  i 3 ml HCl, nakon čega je izvršena digestija u mikrotalasnoj pećnici Multiwave 3000 (Anton Paar). Nakon digestije razoreni uzorak je kvantitativno prenet u u plastični normalni sud od 50 ml, dodato je 50 $\mu$ l internog standarda Rh koncentracije 10 mg/l i sud je dopunjen do crte ultračistom vodom. Sadržaj elemenata određen je ICP masenom spektrometrijom (Elan 9000, DRC-e).

### **3.2.3 Priprema pšenice za analizu**

Mekinje i brašno su dobijeni mlevenjem pojedinačnih uzoraka pšenice na mlinu Quadrumat Senior u laboratoriji Instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu.

Uzorci su pripremljeni u skladu sa metodom BS EN 15763: 2009 Foodstuffs- Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead in foodstuffs by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) after pressure digestion na sledeći način: Uzorci pšenice i mekinja su pre odmeravanja na analitičkoj vagi samlevani na mlinu sa vodenim hlađenjem (KNIFTEC, model 1095) i homogenizovani. Mlin sa vodenim hlađenjem (KNIFTEC, model 1095) je dizajniran između ostalog i za usitnjavanje žitarica. Velika brzina rotora obezbeđuje veoma brzu pripremu uzorka. Mlin je obezbeđen sistemom za hlađenje, koji obezbeđuje dobru homogenizaciju uzorka i smanjenje prijanjanja uzorka uz zidove komore mlina.

### 3.2.4 Sadržaj elemenata pšenici, mekinjama i brašnu

Sadržaji elemenata Pb, Cd, Hg, As, Zn, Cu, Fe i Mn određeni su u celom zrnu pšenice, mekinjama i brašnu. U odmereni uzorak (0,5 g) je dodato 7 ml  $\text{HNO}_3$ , nakon čega je vršena digestija u mikrotalasnoj pećnici Multiwave 3000 (Anton Paar). Nakon digestije razoreni uzorak je kvantitativno prenet u plastični normalni sud od 50 ml, dodato je 50  $\mu\text{l}$  internog standarda Rh koncentracije 10 mg/l i sud je dopunjen do crte ultračistom vodom. Sadržaj elemenata određen je ICP masenom spektrometrijom (Nexion 300 X, Perkin Elmer). Primenjeni su radni uslovi predloženi od strane proizvođača instrumenta. - korišćen argon za rad u standardnom modu (STD), a pored argon i helijum za rad u kolizionom modu (KED); - vakuum pritisak  $7,25 \cdot 10^{-6}$  torr; raspršivač gasova protoka 1 L/min; ICP RF snage 1600; napon -10,36 volti; nanalogni napon snage -1971 volti; impuls snage napona -1002 volti. Svako određivanje ponovljeno je osam puta.

### 3.3 Statistička obrada eksperimentalnih rezultata

U ovim istraživanjima korišćeni su višeparametarski matematički metodi: deskriptivna statistika (descriptive statistics) i analiza glavnih komponentata (principal components analysis – PCA):

- Deskriptivna statistika je upotrebljena za kvantitativno opisivanje proučavanih osobina radi početnog opisivanja podataka i sagledavanja njihovog međusobnog odnosa. Univarijantna analiza je urađena da bi se utvrdila raspodela promenljivih, uključujući centralnu tendenciju (srednje vrednosti) i disperziju (opsezi, standardne devijacije i varijanse).

Interpretacija rezultata urađena je na osnovu Tukey-evog HSD testa, uz značajnost  $p < 0,05$ , odnosno nivo poverenja od 95%. Tukey-ev HSD (*honestly significant distance*) test ukazuje na to koliko treba da su udaljene bilo koje dve srednje vrednosti da bi bile statistički različite. Za razliku dve srednje vrednosti veću od SD, ovim testom se dokazuje da je statistički značajna. Tukey-evim HSD testom podataka dobijenih hemijskom analizom uzoraka zemljišta, pšenice, mekinja i brašna, ustanovljeno je da je većina uzoraka statistički

značajno različita na nivou  $p < 0,05$ , čime je dokazano da su ispitivani uzorci dovoljno raznoliki da bi se pristupilo statističkoj analizi i matematičkom modelovanju.

- PCA je matematički postupak koji vrši ortogonalnu transformaciju eventualno korelisanih podataka u skup linearno nekorelisanih promenljivih koje se nazivaju glavne komponente. Faktorske koordinate se dobijaju na osnovu linearnih transformacija originalnih promenljivih, tako da prvih nekoliko osnovnih komponenti sadrže veći deo varijabilnosti originalnog seta podataka. Transformacija je definisana tako da prva glavna komponenta ima najveću moguću varijansu (odnosno najveću moguću varijabilnost podataka), a svaka naredna komponenta zauzvrat ima najveću moguću varijansu pod uslovom da bude ortogonalna (tj. u korelaciji) u odnosu na prethodne komponente. Najjednostavnija vrsta PCA deli kovarijansne (odnosno korelacione) matrice na tzv. svojstvene vrednosti (engl. Eigenvalues), obično posle centriranja srednjih vrednosti (i normalizacije) matrica za svaku promenljivu. Sopstvena vrednost meri količinu varijacije koja je opisana pomoću faktorskih koordinata, pri čemu najveći uticaj ima prva osnovna komponenta, a svaka sledeća manji. Sopstvena vrednost veća od 1 ukazuje da PCA uračunava više varijansi nego originalne promenljive, tako da se obično za tumačenje koriste samo te faktorske koordinate. Rezultati PCA analize se obično tumače na osnovu doprinosa (engl. score) promenljivih u komponentama. PCA je najzastupljenija multivarijaciona analiza koja otkriva međusobni odnos podataka na način koji najbolje objašnjava njihovu varijansu (Abdi, 2010).

Deskriptivna statistička analiza je korišćena za izračunavanje srednjih vrednosti, standardne devijacije (SD) i varijanse promenljivih, a urađena je uz pomoć *Microsoft Excel 2007* softvera. PCA i korelaciona analiza su urađene korišćenjem *StatSoft Statistica 10* programa.

### 3.3.1 Korelaciona analiza

Eksperimentalno određivani parametri su testirani da bi se odredila njihova međusobna zavisnost. Bivarijantna korelaciona analiza pokazuje stepen zavisnosti između dve promenljive. Stepenn intenziteta povezanosti između promenljivih, koje su u linearnom odnosu može se meriti:

- Kovarijansom kao apsolutnom merom intenziteta korelacije i

- Koeficijentom proste linearne korelacije, kao relativnom merom intenziteta korelacione veze.

Kovarijansa predstavlja meru jačine veze između dve promenljive, dok je varijansa poseban slučaj kovarijanse kada se radi o jednoj istoj promenljivoj, ali o različitim rezultatima. Koeficijent proste linearne korelacije ili Pearson-ov koeficijent se izračunava kao količnik između kovarijanse i proizvoda standardnih devijacija jedne i druge promenljive na sledeći način (Milošević, Bogdanović, 2012):

$$r_{xy} = \frac{C_{xy}}{SD_x \cdot SD_y} \quad (3.1.)$$

Koeficijent proste linearne korelacije pokazuje stepen zavisnosti između promenljivih i on određuje veličinu disperzije (rasipanja) podataka oko regresione linije. Ova analiza opisuje linearnu zavisnost ispitivanih promenljivih, odnosno dobijeni korelacioni koeficijenti predstavljaju kvadrat euklidskog odstojanja tačaka od prave linije. Važi opšte pravilo: što je vrednost koeficijenta proste linearne korelacije bliža jedinici, to je zavisnost među posmatranim pojavama jača. Pearson-ov koeficijent korelacije daje informacije da li je povezanost varijabli slaba, umerena, jaka ili veoma jaka. Međutim, informacija o tome koliko je zavisna promenljiva uslovljena vrednostima nezavisno promenljive, a koliko drugim faktorima, ne može da se dobije na ovaj način. Ovaj problem rešava koeficijent determinacije,  $r^2$ , koji se najlakše izračunava kao drugi stepen koeficijenta proste linearne korelacije i on je mera za objašnjeni varijabilitet. Koeficijent determinacije opisuje koji deo neke promenljive Y je objašnjen pomoću X. Tako vrednost  $(1 - r^2)$  pokazuje uslovljenost drugim faktorima i predstavlja meru za neobjašnjeni varijabilitet.

Spearman-ov koeficijent (Spearman) rang korelacije je neparametrijski ekvivalent Pearson-ovom koeficijentu linearne korelacije. Razlika je u tome što se računске operacije ne izvode iz numeričkih vrednosti zavisne i nezavisno promenljive, već iz njihovih relativnih odnosa tj. rangova. Spearman-ov koeficijent može da zameni Pearson-ov, ako se intervalni podaci prevedu u ordinalne tj. ako se rangiraju po veličini. Obrnuto, ako su podaci dati u ordinarnoj skali, može da se primeni samo Spearman-ov koeficijent. Bitna razlika je i u sledećem: statistička snaga Pearson-ovog koeficijenta je znatno veća nego Spearman-ovog, pa zato ako su podaci dati intervalno, prednost treba dati Pearson-ovom koeficijentu, a

Spearman-ov zbog lakoće izračunavanja primeniti kao pilot probu. Vrednosti koeficijenata se kreću od -1 do 1 (Žižić i sar., 2007, Rodgers, Nicewander, 1988).

U ovom istraživanju je većina korelacionih koeficijenata statistički značajna zbog velikog broja obavljenih eksperimentalnih merenja (jednačina 3.1). Analiza je urađena da bi se svi parametri testirali i međusobno uporedili pre nego što se pristupi matematičkom modelovanju. S obzirom na to da korelacije pretpostavljaju linearne veze promenljivih (Rodgers, Nicewander, 1988), dobijeni koeficijenti su uglavnom niskih vrednosti, što je ukazalo na nelinearnost posmatranih veza.

### **3.3.2 Indeks toksičnih elemenata (TEI) i indeks esencijalnih mikroelemenata (EMI)**

Centralna tendencija je najčešće korišćeni metod za poređenje višeparametarskih uzoraka, pa tako i uzoraka kod kojih se porede sadržaji toksičnih elemenata i esencijalnih mikroelemenata. Pri tome se uzorci rangiraju na osnovu srednje vrednosti i standardne devijacije svih merenja (Sun i sar., 2001). Pošto se jedinice i skale merenih podataka često veoma razlikuju, dobra praksa je da se merene vrednosti prevedu u standardne ocene (engl. "standard score"), koje predstavljaju bezdimenzione veličine, dobijene oduzimanjem srednje vrednosti merenja od merene vrednosti, podeljene sa standardnom devijacijom, prema sledećoj jednačini (i za indeks toksičnih elemenata (TEI) i za indeks esencijalnih mikroelemenata (EMI):

$$\text{Standardna ocena} = (x - \mu)/\sigma \quad (3.2.)$$

pri čemu  $x$  predstavlja merenu vrednost,  $\mu$  srednju vrednost merenja, a  $\sigma$  standardnu devijaciju. Nakon određivanja srednje vrednosti sume standardnih ocena uzorka za različite merene veličine dobija se bezdimenzionalna veličina koja se naziva indeks toksičnih elemenata (TEI), za toksičke elemente (Pb, Cd, As i Hg) i indeks esencijalnih mikroelemenata (EMI), za esencijalne elemente (Zn, Cu, Fe i Mn), a koja predstavlja specifičnu kombinaciju podataka dobijenih iz merenja različitih hemijskih mernih metoda i merenja.

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1 Analiza sadržaja ispitivanih elemenata u poljoprivrednom zemljištu

Za formiranje visokih, stabilnih i kvalitetnih prinosa ratarskih biljaka, bitno je da neophodnih biogenih elemenata u zemljištu bude uvek dovoljno u pristupačnoj formi.

Podaci za sadržaj elemenata u poljoprivrednom zemljištu koje se nalazi pored frekventnih saobraćajnica dati su u tabeli 1, u formi srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija. Tukey- test pokazuje da su izmerene vrednosti Hg slične u velikoj većini uzoraka, dok se izmerene vrednosti Pb, As, Zn, Cu, Fe i Mn statistički značajno razlikuju između uzoraka.

Prosečan sadržaj Hg u analiziranim uzorcima zemljišta iznosio je 0,012 mg/kg. Dozvoljen sadržaj je do 2 mg/kg pa se može reći da je i u pogledu njenog sadržaja u ispitivanim zemljištima nema opasnosti da budu zagađena.

Cu u zemljištu je poreklom iz matičnog supstrata (Sekulić i sar., 2004). Mineralna đubriva retko sadrže više od 100 mg/kg bakra i njihova dugogodišnja primena u poljskim ogledima nije dovela do kontaminacije zemljišta bakrom (Subbiah i sar., 2007). Sadržaj Cu u ispitivanim uzorcima zemljišta se kretao od 13,936- 31,601 mg/kg. Prema podacima iz literature (Škrbić i sar., 2010, Kastori i sar., 2002, Ubavić i sar., 2001), za poljoprivredna zemljišta Vojvodine prosečan sadržaj Cu se kretao od 10,82- 30,86 mg/kg što odgovara izmerenom sadržaju Cu u analiziranim uzorcima zemljišta. Pšenica je jedna od biljaka koja ima veliku osetljivost na nedostatak ovog elementa, pa se ovom elementu mora posvetiti određena pažnja na zemljištima, gde se utvrdi njegov nedostatak (Ubavić i sar., 2001).

Za voćarsko-vinogradarska zemljišta Vojvodine (Ubavić i sar., 2001) navodi da se količina Cu kreće od 1-50 mg/kg, što odgovara izmerenom sadržaju Cu na lokalitetu Banatski Monoštor, Čoka i Perlez. Na ovim lokalitetima, uzorci analiziranog zemljišta uzeti sa parcela pored kojih se nalazio voćnjak a izmereni sadržaj Cu iznosio 19,20- 25,22 mg/kg (tab.1).

Sadržaj Zn u zemljištu je promenljiv i varijabilan, a uslovljen je od niza faktora, u prvom redu od matičnog supstrata na kome je zemljište nastalo. Najčešće vrednosti su od 3 do 50 mg/kg, a njegove dozvoljene količine 300 mg/kg (Sl.gl. RS, 23/94), pa se može reći da

je koncentracija Zn u analiziranim uzorcima daleko ispod maksimalno dozvoljenog sadržaja, te je zemljište nezagađeno ovom elementom.

Sadržaj Zn u pšenici, koja je gajena na zemljištu u blizini topionice metala u Kikindi, je 48,53 mg/kg. Povećan sadržaj Zn u odnosu na druge ispitivane uzorke je posledica njegovog prisustva u zemljištu u blizini topionice metala, koja je glavni izvor zagađenja zemljišta cinkom.

Prema Vanmechelen-u (1997), u odnosu na druge elemente, Mn je biljkama potreban u relativno velikim količinama. Količina za biljke pristupačnog mangana u zemljištu je utoliko veća ukoliko su redoks potencijal i vrednost pH manji, odnosno što su uslovi za redukcione procese u zemljištu povoljniji (Kadović, Knežević, 2002).



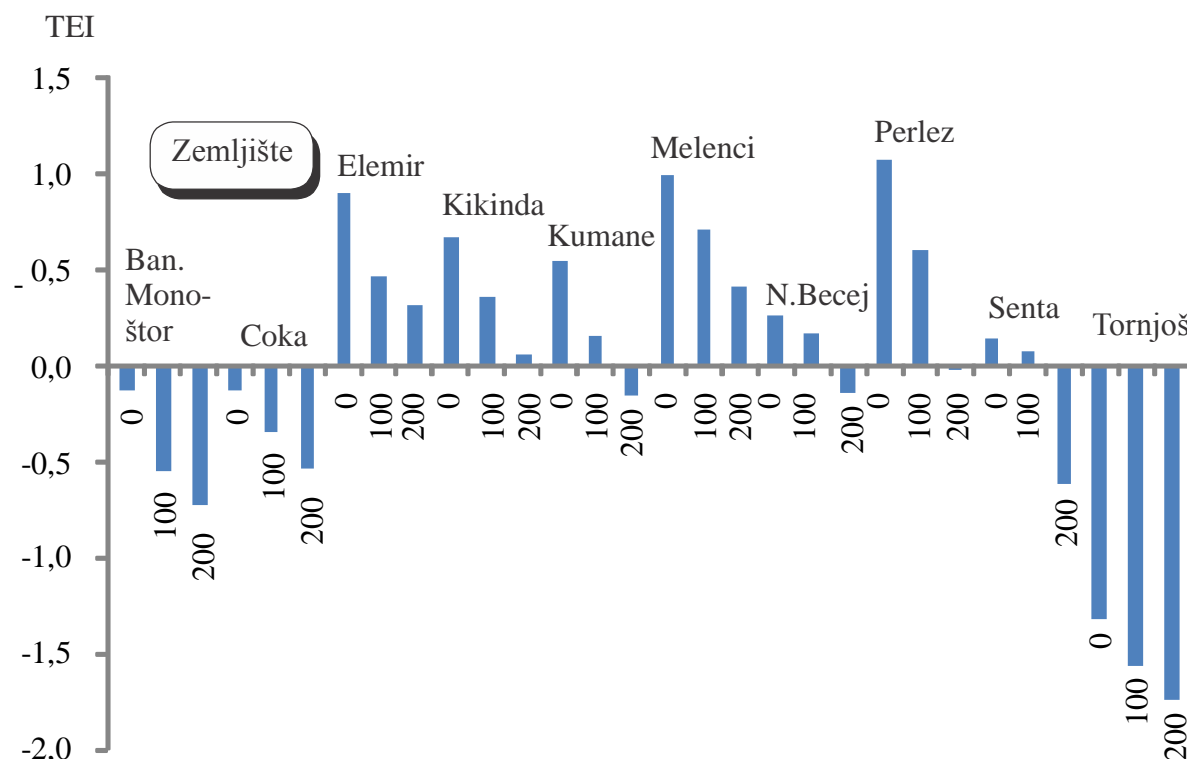
Tabela 1. Sadržaj ispitivanih elemenata (mg/kg) u poljoprivrednom zemljištu

Br.	Lokacija	Rastojanje	Toksični elementi				Esencijalni elementi			
			Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
1	B.Monoštor	0m	17,14±0,59 <sup>kl</sup>	0,13±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	12,52±0,57 <sup>mn</sup>	53,30±0,13 <sup>hi</sup>	20,56±0,56 <sup>ef</sup>	20625,75±29,84 <sup>c</sup>	584,11±0,21 <sup>k</sup>
2	B.Monoštor	100m	15,74±0,31 <sup>h</sup>	0,13±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	12,02±0,26 <sup>lm</sup>	49,64±0,41 <sup>e</sup>	20,12±0,32 <sup>de</sup>	17998,38±350,71 <sup>a</sup>	456,95±0,56 <sup>c</sup>
3	B.Monoštor	200m	13,51±0,41 <sup>c</sup>	0,13±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	11,77±0,55 <sup>kl</sup>	53,30±0,13 <sup>hi</sup>	19,20±0,02 <sup>cd</sup>	18355,25±31,84 <sup>a</sup>	455,95±0,29 <sup>e</sup>
4	Čoka	0m	16,46±0,42 <sup>ij</sup>	0,16±0,00 <sup>gh</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	9,13±0,91 <sup>b</sup>	54,32±0,34 <sup>i</sup>	21,37±0,50 <sup>f</sup>	21634,00±47,54 <sup>d</sup>	526,69±0,53 <sup>f</sup>
5	Čoka	100m	15,12±0,10 <sup>g</sup>	0,16±0,00 <sup>de</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	9,51±0,23 <sup>bcd</sup>	52,34±0,05 <sup>gh</sup>	20,62±0,39 <sup>ef</sup>	20120,50±1,93 <sup>b</sup>	512,90±0,13 <sup>e</sup>
6	Čoka	200m	13,19±0,03 <sup>de</sup>	0,15±0,00 <sup>d</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	9,24±0,02 <sup>b</sup>	50,35±0,01 <sup>ef</sup>	20,17±0,04 <sup>de</sup>	20004,38±114,26 <sup>b</sup>	509,43±4,34 <sup>d</sup>
7	Elemir	0m	21,29±0,24 <sup>q</sup>	0,18±0,00 <sup>k</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	11,21±0,24 <sup>ijk</sup>	68,00±0,12 <sup>o</sup>	24,10±0,07 <sup>hi</sup>	31584,75±5,60 <sup>m</sup>	589,00±0,21 <sup>l</sup>
8	Elemir	100m	20,12±0,06 <sup>p</sup>	0,17±0,00 <sup>ij</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	10,88±0,53 <sup>ghij</sup>	66,19±0,41 <sup>n</sup>	24,01±0,06 <sup>ghi</sup>	30780,13±56,59 <sup>l</sup>	566,98±1,14 <sup>i</sup>
9	Elemir	200m	21,29±0,24 <sup>q</sup>	0,17±0,00 <sup>hij</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	10,58±0,74 <sup>fghi</sup>	65,13±0,17 <sup>n</sup>	23,63±0,26 <sup>gh</sup>	30579,00±8,43 <sup>l</sup>	561,05±0,22 <sup>g</sup>
10	Kikinda	0m	22,21±0,17 <sup>r</sup>	0,17±0,00 <sup>ij</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	10,98±0,56 <sup>ghij</sup>	80,33±2,37 <sup>u</sup>	31,60±2,35 <sup>l</sup>	24159,50±20,94 <sup>h</sup>	748,45±0,39 <sup>t</sup>
11	Kikinda	100m	21,12±0,01 <sup>q</sup>	0,17±0,00 <sup>hij</sup>	0,01±0,00 <sup>ab</sup>	10,56±0,40 <sup>fghi</sup>	78,74±2,36 <sup>t</sup>	29,87±0,76 <sup>k</sup>	22166,75±14,36 <sup>e</sup>	742,70±0,19 <sup>s</sup>
12	Kikinda	200m	20,01±0,03 <sup>op</sup>	0,16±0,00 <sup>efg</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	10,28±0,29 <sup>efg</sup>	74,74±0,07 <sup>r</sup>	29,93±0,07 <sup>k</sup>	20998,75±132,57 <sup>c</sup>	741,84±0,11 <sup>s</sup>
13	Kumane	0m	19,54±0,26 <sup>no</sup>	0,17±0,00 <sup>ij</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	11,15±0,12 <sup>hijk</sup>	57,47±0,47 <sup>k</sup>	21,11±0,02 <sup>ef</sup>	26704,50±1,60 <sup>j</sup>	633,15±0,13 <sup>o</sup>
14	Kumane	100m	18,19±0,26 <sup>m</sup>	0,17±0,00 <sup>hij</sup>	0,01±0,00 <sup>ab</sup>	10,65±0,37 <sup>fghi</sup>	55,96±0,16 <sup>j</sup>	20,42±0,49 <sup>ef</sup>	24535,88±40,24 <sup>h</sup>	620,95±0,31 <sup>m</sup>
15	Kumane	200m	16,69±0,16 <sup>jk</sup>	0,16±0,00 <sup>ef</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	10,47±0,46 <sup>efgh</sup>	54,44±0,47 <sup>i</sup>	19,40±0,45 <sup>cd</sup>	24412,13±0,83 <sup>h</sup>	620,20±0,16 <sup>m</sup>
16	Melenci	0m	19,23±0,34 <sup>n</sup>	0,18±0,00 <sup>k</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	13,04±0,11 <sup>n</sup>	63,37±0,27 <sup>m</sup>	23,14±0,06 <sup>gh</sup>	27876,63±0,74 <sup>k</sup>	649,90±0,40 <sup>f</sup>
17	Melenci	100m	18,59±0,18 <sup>m</sup>	0,17±0,00 <sup>ij</sup>	0,01±0,00 <sup>ab</sup>	13,04±0,11 <sup>n</sup>	63,37±0,27 <sup>m</sup>	23,14±0,06 <sup>gh</sup>	27876,63±0,52 <sup>k</sup>	649,90±0,40 <sup>f</sup>

18	Melenci	200m	17,32±0,09 <sup>l</sup>	0,17±0,00 <sup>ij</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	12,94±0,11 <sup>n</sup>	60,67±0,38 <sup>l</sup>	23,02±0,01 <sup>g</sup>	27767,63±3,81 <sup>k</sup>	649,91±0,14 <sup>f</sup>
19	N.Bečej	0m	15,91±0,19 <sup>h</sup>	0,17±0,00 <sup>j</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	11,49±0,38 <sup>ijkl</sup>	51,24±0,29 <sup>fg</sup>	19,18±0,54 <sup>cd</sup>	25139,00±3,70 <sup>i</sup>	572,95±0,48 <sup>j</sup>
20	N.Bečej	100m	14,61±0,17 <sup>f</sup>	0,17±0,00 <sup>j</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	11,49±0,38 <sup>ijkl</sup>	51,24±0,29 <sup>fg</sup>	19,18±0,54 <sup>cd</sup>	25138,50±3,51 <sup>i</sup>	572,93±0,47 <sup>j</sup>
21	N.Bečej	200m	13,47±0,24 <sup>e</sup>	0,17±0,00 <sup>ij</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	11,18±0,47 <sup>ijk</sup>	50,07±0,05 <sup>ef</sup>	19,00±0,01 <sup>c</sup>	25126,00±5,68 <sup>i</sup>	568,40±1,08 <sup>i</sup>
22	Perlez	0m	17,63±0,57 <sup>l</sup>	0,17±0,00 <sup>ij</sup>	0,02±0,00 <sup>d</sup>	10,29±0,19 <sup>efg</sup>	77,35±0,40 <sup>s</sup>	25,22±0,33 <sup>j</sup>	23355,63±9,16 <sup>g</sup>	638,77±0,43 <sup>q</sup>
23	Perlez	100m	16,08±0,05 <sup>hi</sup>	0,17±0,00 <sup>ij</sup>	0,01±0,00 <sup>cd</sup>	10,10±0,04 <sup>def</sup>	72,46±0,46 <sup>q</sup>	24,71±0,30 <sup>ij</sup>	23124,50±2,93 <sup>fg</sup>	636,13±0,54 <sup>p</sup>
24	Perlez	200m	15,66±0,11 <sup>h</sup>	0,17±0,00 <sup>ghi</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	10,02±0,01 <sup>cdef</sup>	70,36±0,45 <sup>p</sup>	23,94±0,11 <sup>ghi</sup>	23100,88±1,25 <sup>fg</sup>	629,66±0,36 <sup>n</sup>
25	Senta	0m	13,38±0,30 <sup>e</sup>	0,16±0,00 <sup>ef</sup>	0,01±0,00 <sup>bcd</sup>	10,12±0,39 <sup>def</sup>	42,79±0,31 <sup>d</sup>	17,74±0,47 <sup>b</sup>	22972,38±108,86 <sup>fg</sup>	563,11±0,55 <sup>h</sup>
26	Senta	100m	12,83±0,11 <sup>cd</sup>	0,16±0,00 <sup>ef</sup>	0,01±0,00 <sup>bcd</sup>	9,78±0,37 <sup>bcd</sup>	40,37±0,40 <sup>c</sup>	17,15±0,03 <sup>b</sup>	22888,63±34,12 <sup>f</sup>	560,53±0,30 <sup>g</sup>
27	Senta	200m	12,47±0,08 <sup>c</sup>	0,16±0,00 <sup>e</sup>	0,01±0,00 <sup>ab</sup>	9,31±0,01 <sup>bc</sup>	39,93±0,06 <sup>c</sup>	17,08±0,05 <sup>b</sup>	22814,00±1,31 <sup>f</sup>	560,08±0,12 <sup>g</sup>
28	Tornjoš	0m	11,21±0,52 <sup>b</sup>	0,14±0,01 <sup>c</sup>	0,01±0,00 <sup>ab</sup>	7,04±0,45 <sup>a</sup>	37,57±0,49 <sup>b</sup>	13,94±0,53 <sup>a</sup>	18088,25±54,85 <sup>a</sup>	417,83±0,58 <sup>b</sup>
29	Tornjoš	100m	10,85±0,05 <sup>b</sup>	0,13±0,00 <sup>b</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	7,02±0,07 <sup>a</sup>	35,46±0,43 <sup>a</sup>	13,78±0,13 <sup>a</sup>	18040,63±7,87 <sup>a</sup>	411,49±0,74 <sup>a</sup>
30	Tornjoš	200m	10,00±0,02 <sup>a</sup>	0,13±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	6,93±0,09 <sup>a</sup>	34,86±0,36 <sup>a</sup>	13,54±0,05 <sup>a</sup>	18009,13±1,55 <sup>a</sup>	410,74±0,12 <sup>a</sup>

a,b,c... Različita slova u eksponentu u istoj koloni tabele ukazuju na statistički značajnu razliku između srednjih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0,05$  (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa)

Na slici 3 prikazani su rezultati indeksa toksičnih elemenata (TEI) za zemljište. Utvrđeno je da uzorci zemljišta na rastojanju 0 m od saobraćajnice u Elemiru, Kikindi, Melencima i Perlezu imaju veće vrednosti za TEI, prevashodno zbog visoke vrednosti sadržaja Pb i Cd (tabela1).



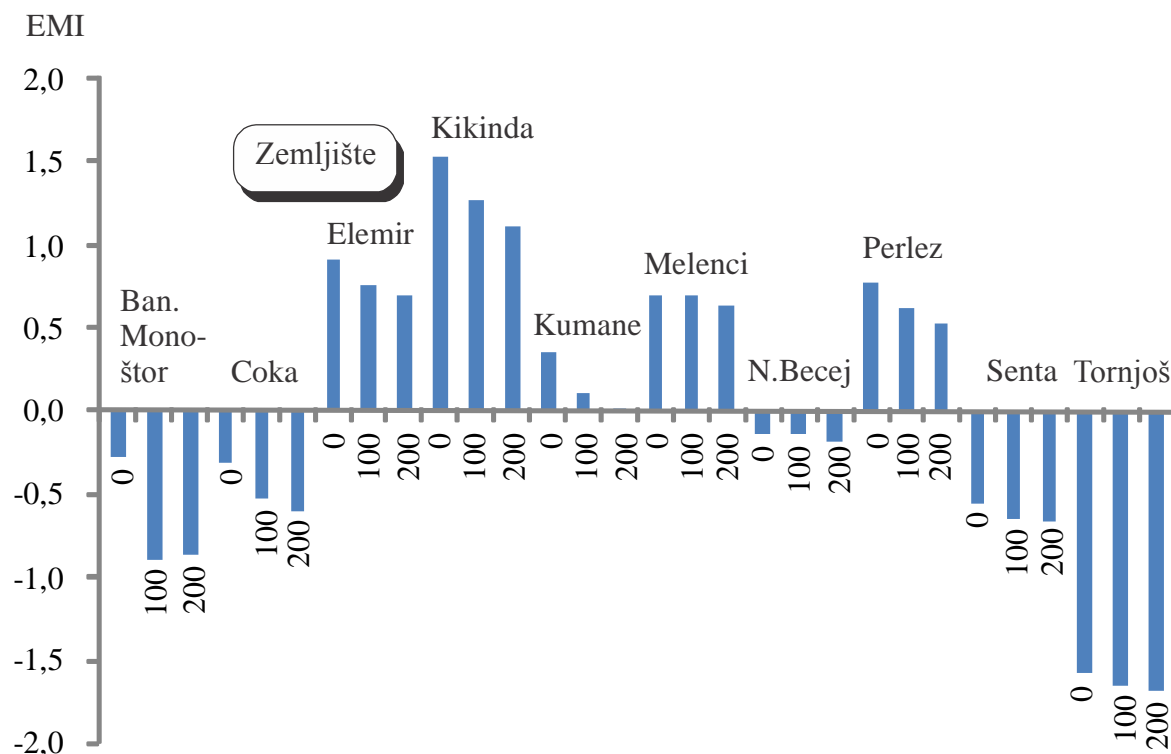
Slika 3. TEI za zemljište

Rezultati indeksa esencijalnih mikroelemenata (EMI) za zemljište prikazani su na slici 4. Pozitivne vrednosti za EMI ukazuju na visoke koncentracije esencijalnih mikroelemenata u zemljištu.

Tako je na primer, za uzorke zemljišta iz Kikinde, na rastojanjima 0 m, 100 m i 200 m od saobraćajnice, kao i za uzorke zemljišta uzetih sa lokaliteta Elemira na rastojanju 0 m, 100 m i 200 m od saobraćajnice, dobijene su visoke vrednosti za EMI, prevashodno zbog visoke vrednosti sadržaja Fe i Mn (tabela 1).

Ukupan sadržaj Fe u poljoprivrednom zemljištu na ispitivanim lokalitetima je visok (tab. 1) što je posledica pedogeneze zemljišta i geološke podloge na kojoj su zemljišta obrazovana. Njegov sadržaj u zemljištu je varibijalan i može da varira od 10000-1000000 mg/kg (Barow, 1981).

Kabata-Pendias i sar. (1989) su predložili za "kritičnu" koncentraciju Fe 1500 mg/kg, pri kojoj se mogu se javiti toksični simptomi na biljkama.



Slika 4. EMI za zemljište

U tabeli 2. date su srednje vrednosti dobijenog sadržaja ispitivanih elemenata za analizirana zemljišta, kao i najviši i najniži utvrđen sadržaj.

Kadmijum je element koji se danas sve više spominje zbog mogućnosti nagomilavanja u zemljištu primenom fosfatnih đubriva i/ili muljeva. Kako mu je dozvoljeni sadržaj do 3 mg/kg (Sl.gl. RS, 23/94), može se reći da ispitivana zemljišta nisu u opasnosti da budu zagađena ovim elementom.

Sadržaj ukupnog olova u uzorcima poljoprivrednog zemljišta na svim ispitivanim lokalitetima daleko je ispod maksimalno dozvoljene količine (MDK). Najveća količina olova izmerena je na lokalitetu Kikinde (22,21 mg/kg), što se objašnjava da je uzorak zemljišta uzet sa parcele koja se nalazi neposredno uz saobraćajnicu koja prolazi pored industrijske zone. Najčešće antropogeno zagađenje zemljišta olovom je pored prometnih saobraćajnica i vodi poreklo od izduvnih gasova automobile (Nwachukwu i sar., 2010). Prosečan sadržaj za sva ispitivanja zemljišta iznosio je 17,389 mg/kg. Kako je dozvoljena količina olova 100 mg/kg, može se reći da ispitivana zemljišta nisu zagađena olovom.

Tabela 2. Deskriptivni statistički podaci za ispitivane elemente (mg/kg) u poljoprivrednom zemljištu

	Rastojanje	Toksični elementi				Esencijalni elementi			
		Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Sred.vr.	0m	17,43	0,17	0,01	10,49	59,16	21,93	24612,74	593,32
SD	0m	3,60	0,01	0,00	1,68	14,57	5,01	3870,28	91,86
min	0m	11,21	0,14	0,01	7,04	37,57	13,94	18088,25	417,83
max	0m	22,21	0,18	0,02	13,04	80,33	31,60	31584,75	748,45
Sred.vr.	100m	16,39	0,16	0,01	10,34	57,35	21,43	23852,46	586,05
SD	100m	3,40	0,01	0,00	1,62	14,28	4,68	3845,66	93,11
min	100m	10,85	0,13	0,01	7,02	35,46	13,78	18040,63	411,49
max	100m	21,12	0,17	0,01	13,04	78,74	29,87	30780,13	742,70
Sred.vr.	200m	15,57	0,16	0,01	10,10	55,62	21,08	23645,76	583,48
SD	200m	3,66	0,01	0,00	1,62	13,40	4,71	3886,91	93,26
min	200m	10,05	0,13	0,01	6,93	34,86	13,54	18009,13	410,74
max	200m	21,29	0,17	0,01	12,94	74,74	29,93	30579,00	741,84

Statistički značajne korelacije, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima zemljišta na različitim rastojanjima od puta, zabeležene su između esencijalnih mikroelemenata Zn, Cu, Fe i Mn na nivou  $p < 0,01$  (tab.3).

Utvrđena je veoma značajna, pozitivna korelacija između Zn i Cu ( $0,952^+$ ), Zn i Mn ( $0,810^+$ ), Cu i Mn ( $0,844^+$ ), Fe i Mn ( $0,493^+$ ).

Uočava se korelacije između Cd i svih analiziranih elemenata, na statistički značajnom nivou  $p < 0,01$ , Cd i Hg ( $0,209^+$ ), Cd i As ( $0,360^+$ ), Cd i Zn ( $0,565^+$ ), Cd i Cu ( $0,526^+$ ), Cd i Fe ( $0,786^+$ ) i Cd i Mn ( $0,690^+$ ).

Relativno visoke koncentracije Cd se nalaze u sirovim fosfatima iz kojih se proizvode fosfatna đubriva. U sirovim fosfatima se mogu naći u većim koncentracijama pored Cd i As, Pb i Hg (Kastori, 1997).

Prema Alloway (1995), u zemljišta gde se unosi otpadni mulj koncentracija Cd se povećava. Posle višegodišnje primene visokih doza otpadnog mulja na dvadeset lokaliteta, izmeren je ukupni sadržaj u zemljištu: Cd 54,2 mg/kg; Pb 938 mg/kg; Zn 1748 mg/kg; Cu 770 mg/kg. Korelacije između Cd i ostalih analiziranih elemenata se mogu objasniti tvrdnjama James i Barrow-u, (1981), da primenom otpadnog mulja postoji rizik od zagađenja zemljišta usled znatno većih količina Cu, Zn, Cd i Mn u otpadnom mulju.

Poznato je da postoji antagonizam između Cu i Zn u adsorptivnom kompleksu zemljišta, pa se na osnovu tih antagonizama Cd kao najslabije vezan istiskuje (Alloway, 1995, Adriano, 2001). Ovo objašnjava statistički značajnu vezu Cd sa Zn.

Takođe je zabeležena pozitivna korelacija između Pb i svih elemenata osim Hg, na statistički značajnom nivou  $p < 0,01$ , Pb i Cd ( $0,586^+$ ), Pb i As ( $0,569^+$ ), Pb i Zn ( $0,846^+$ ), Pb i Cu ( $0,853^+$ ), Pb i Fe ( $0,661^+$ ) i Pb i Mn ( $0,762^+$ ).

Zemljišta u okolini topionica rude Zn, Cu i Pb odlikuju se visokim sadržajem Cd i Pb. Visok udeo Pb i Cd u zemljišta uočava se u okolini velikih saobraćajnica, jer su oni prisutni u benzinu, automobilskim gumama i uljima za podmazivanje (Baechle, Wolstein, 1984).

Tabela 3. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao  $p$  – vrednosti, napisane u malim zagradama

	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Pb	0,586 <sup>+</sup> (<0,01)	0,033 (0,62)	0,569 <sup>+</sup> (<0,01)	0,846 <sup>+</sup> (<0,01)	0,853 <sup>+</sup> (<0,01)	0,661 <sup>+</sup> (<0,01)	0,762 <sup>+</sup> (<0,01)
Cd		0,209 <sup>+</sup> (<0,01)	0,360 <sup>+</sup> (<0,01)	0,565 <sup>+</sup> (<0,01)	0,526 <sup>+</sup> (<0,01)	0,786 <sup>+</sup> (<0,01)	0,690 <sup>+</sup> (<0,01)
Hg			0,003 (0,97)	0,158* (0,02)	0,089 (0,17)	0,084 (0,20)	0,140* (0,03)
As				0,453 <sup>+</sup> (<0,01)	0,454 <sup>+</sup> (<0,01)	0,529 <sup>+</sup> (<0,01)	0,515 <sup>+</sup> (<0,01)
Zn					0,952 <sup>+</sup> (<0,01)	0,456 <sup>+</sup> (<0,01)	0,810 <sup>+</sup> (<0,01)
Cu						0,391 <sup>+</sup> (<0,01)	0,844 <sup>+</sup> (<0,01)
Fe							0,493 <sup>+</sup> (<0,01)

<sup>+</sup>Statistički značajan na nivou  $p < 0,01$ , \* Statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , \*\* Statistički značajan na nivou  $p < 0,10$

Na osnovu rezultata merenja sadržaja elemenata u poljoprivrednom zemljištu, u Banatu i Bačkoj (tabela 1), formirani su linearni matematički modeli, oblika  $y = a + b \cdot x$  za predikciju sadržaja toksičnih i esencijalnih elemenata u zemljištu u zavisnosti od udaljenosti od glavne saobraćajnice. Sa  $y$  je obeležen sadržaj elemenata (Pb, Cd, Hg, As, Zn, Cu, Fe, Mn), a sa  $x$  je obeleženo rastojanje od glavne saobraćajnice (0, 100 i 200 m). U gornjoj jednačini sa  $a$  je obeležen nulti član binoma, a sa  $b$  je obeležen koeficijent pravca. U tabeli 4, regresioni koeficijenti su prikazani srednjom vrednošću i standardnom devijacijom, a statistička značajnost rezultata je izražena preko  $t$  - testa (pri čemu je broj stepeni slobode  $dF = 30 - 2 = 28$ ), kao i preko  $p$  - vrednosti. Uočava se da su vrednosti regresionih koeficijenata  $a$  statistički značajne na nivou  $p < 0,01$ .

Tabela 4. Regresioni koeficijenti za linearni matematički model

	Nulti član				Prvi član			
	a	SD	t(28)	p	b	SD	t(28)	p
Pb	17,379	0,957	18,168	<0,01	-0,010	0,007	-1,372	0,181
Cd	0,164	0,004	37,841	<0,01	0,000	0,000	-1,128	0,269
Hg	0,012	0,000	0,000	<0,01	0,000	0,000	0,000	<0,01
As	10,704	0,468	22,871	<0,01	-0,002	0,004	-0,587	0,562
Zn	58,440	3,802	15,372	<0,01	-0,016	0,029	-0,541	0,592
Cu	21,781	1,291	16,875	<0,01	-0,005	0,010	-0,453	0,654
Fe	24081,263	1131,803	21,277	<0,01	-5,487	8,767	-0,626	0,536
Mn	589,590	26,537	22,218	<0,01	-0,108	0,206	-0,527	0,602

Iz podataka prikazanih u tabeli 4 primećuje se trend smanjivanja sadržaja Pb, As, Zn, Cu, Fe i Mn na većim udaljenostima od puta (svi koeficijenti pravca imaju negativne vrednosti, -0,010, -0,002, -0,016, -0,005, -5,487 i -0,108 ). Cd i Hg se ne menjaju značajno pri većim udaljenostima od puta. Rezultati ukazuju da su Cd i Hg poreklom iz mineralnih i organskih đubriva, što su utvrdili i Ubavić i sar. (2001).

#### ***4.2 Analiza sadržaja ispitivanih elemenata u pšenici***

Podaci za sadržaj toksičnih i esencijalnih elemenata u pšenici dati su u formi srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija (tabela5). Na osnovu urađenog Tukey-evog testa primetno je da se izmerene vrednosti Cd i Hg značajno ne razlikuju u velikoj većini uzoraka, dok se izmerene vrednosti Pb, As, Zn, Cu, Fe i Mn statistički značajno razlikuju između uzoraka. Količina olova u uzorcima je posledica frekfencije saobraćaja, odnosno vozila koja još uvek koriste motorni benzin sa aditivima na bazi olova kao pogonsko gorivo.

Izmerene vrednosti olova u pšenici neposredno pored saobraćajnice na lokalitetu Kikinda, Kumane i Novi Bečej iznosile su 0,23 i 0,22 mg/kg, i veće su od vrednosti koje propisuje FAO/ WHO Codex Alimentarius Commissia (1998).



Tabela 5. Sadržaj ispitivanih elemenata (mg/kg) u celom zrnju pšenice

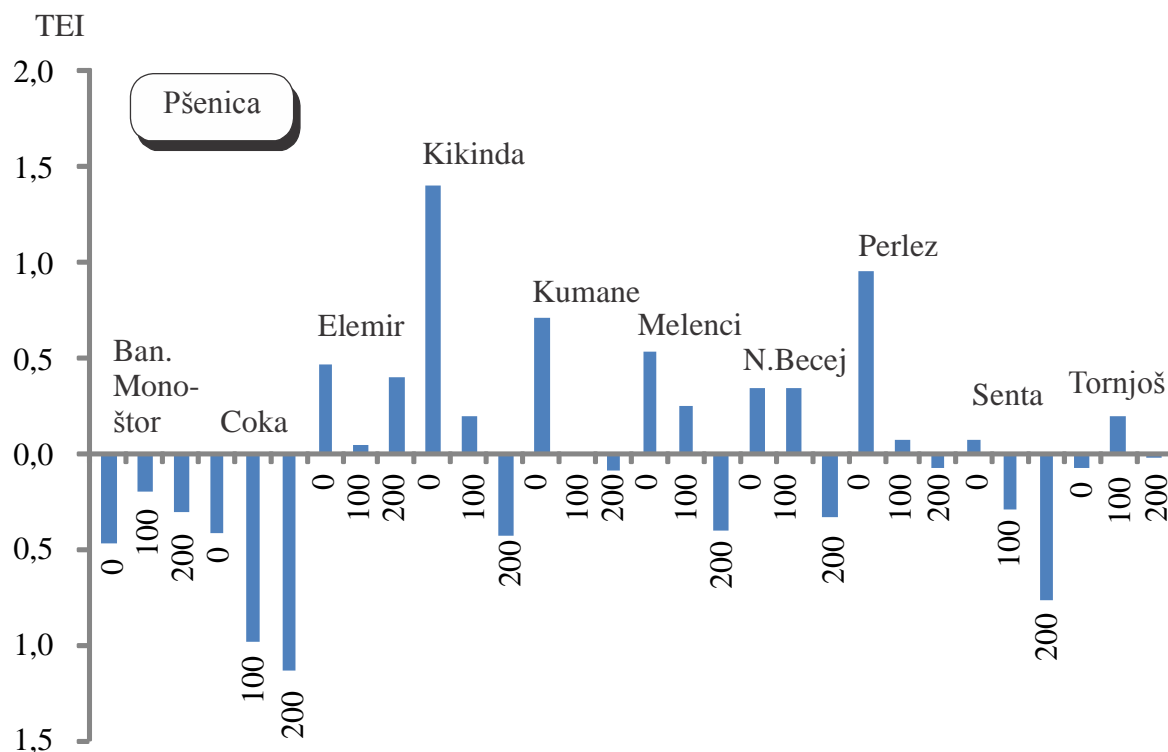
BrLokacija	Rastojanje	Toksični elementi				Esencijalni elementi			
		Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
31 B.Monoštor	0m	0,13±0,01 <sup>abcde</sup>	0,10±0,04 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,02±0,00 <sup>abcdefg</sup>	24,54±0,44 <sup>j</sup>	3,34±0,11 <sup>j</sup>	33,53±1,01 <sup>g</sup>	47,96±0,19 <sup>g</sup>
32 B.Monoštor	100m	0,13±0,00 <sup>abcde</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>abcdef</sup>	17,33±0,34 <sup>d</sup>	2,46±0,06 <sup>d</sup>	27,19±0,22 <sup>b</sup>	43,16±0,66 <sup>d</sup>
33 B.Monoštor	200m	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>efg</sup>	0,01±0,00 <sup>abcde</sup>	19,37±0,32 <sup>e</sup>	3,67±0,07 <sup>n</sup>	49,84±1,19 <sup>p</sup>	57,35±0,66 <sup>n</sup>
34 Čoka	0m	0,11±0,04 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>bc</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>abcdefg</sup>	23,47±0,41 <sup>i</sup>	3,45±0,04 <sup>kl</sup>	40,05±0,42 <sup>m</sup>	44,08±0,57 <sup>c</sup>
35 Čoka	100m	0,13±0,00 <sup>abcde</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>abcd</sup>	22,14±0,48 <sup>gh</sup>	3,49±0,08 <sup>l</sup>	39,05±0,11 <sup>l</sup>	46,22±0,10 <sup>f</sup>
36 Čoka	200m	0,12±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	17,18±0,36 <sup>d</sup>	3,07±0,02 <sup>h</sup>	42,62±0,38 <sup>n</sup>	44,72±0,04 <sup>e</sup>
37 Elemir	0m	0,14±0,04 <sup>de</sup>	0,12±0,00 <sup>bc</sup>	0,01±0,00 <sup>efg</sup>	0,02±0,00 <sup>fg</sup>	15,87±0,01 <sup>c</sup>	3,34±0,00 <sup>j</sup>	39,04±0,42 <sup>l</sup>	63,27±0,03 <sup>q</sup>
38 Elemir	100m	0,12±0,00 <sup>a</sup>	0,11±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,02±0,00 <sup>bcdefg</sup>	17,55±0,01 <sup>d</sup>	2,66±0,00 <sup>ef</sup>	51,52±0,45 <sup>q</sup>	55,22±0,06 <sup>kl</sup>
39 Elemir	200m	0,12±0,00 <sup>ab</sup>	0,12±0,00 <sup>bc</sup>	0,01±0,00 <sup>h</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	14,72±0,01 <sup>b</sup>	2,46±0,00 <sup>d</sup>	35,84±0,00 <sup>jk</sup>	57,99±0,07 <sup>n</sup>
40 Kikinda	0m	0,23±0,00 <sup>f</sup>	0,12±0,01 <sup>bc</sup>	0,01±0,00 <sup>b</sup>	0,05±0,01 <sup>h</sup>	17,13±0,12 <sup>d</sup>	4,04±0,01 <sup>p</sup>	30,77±0,51 <sup>de</sup>	61,23±0,53 <sup>p</sup>
41 Kikinda	100m	0,12±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>b</sup>	0,04±0,01 <sup>h</sup>	48,53±1,29 <sup>m</sup>	1,79±0,09 <sup>a</sup>	29,38±1,45 <sup>c</sup>	59,38±1,67 <sup>o</sup>
42 Kikinda	200m	0,11±0,00 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>bc</sup>	0,01±0,00 <sup>abcde</sup>	17,15±0,96 <sup>d</sup>	2,74±0,15 <sup>g</sup>	31,19±0,56 <sup>e</sup>	51,99±1,47 <sup>i</sup>
43 Kumane	0m	0,22±0,00 <sup>f</sup>	0,12±0,00 <sup>bc</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	12,08±0,04 <sup>a</sup>	2,30±0,00 <sup>c</sup>	29,91±0,02 <sup>c</sup>	51,75±0,02 <sup>i</sup>
44 Kumane	100m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,12±0,00 <sup>bc</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	12,20±0,02 <sup>a</sup>	2,60±0,00 <sup>e</sup>	29,98±0,06 <sup>cd</sup>	54,28±0,01 <sup>j</sup>
45 Kumane	200m	0,12±0,00 <sup>a</sup>	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,01±0,00 <sup>ab</sup>	24,40±0,06 <sup>j</sup>	2,52±0,00 <sup>d</sup>	31,14±0,01 <sup>e</sup>	65,25±0,02 <sup>r</sup>
46 Melenci	0m	0,21±0,00 <sup>f</sup>	0,11±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	22,49±0,06 <sup>h</sup>	2,27±0,00 <sup>c</sup>	36,63±0,02 <sup>k</sup>	51,90±0,02 <sup>i</sup>
47 Melenci	100m	0,21±0,00 <sup>f</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>ab</sup>	15,87±0,09 <sup>c</sup>	2,23±0,00 <sup>bc</sup>	35,38±0,03 <sup>ij</sup>	51,46±0,10 <sup>i</sup>

48 Melenci	200m	0,12±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	15,58±0,00 <sup>c</sup>	2,17±0,00 <sup>b</sup>	34,79±0,02 <sup>hi</sup>	49,40±0,01 <sup>h</sup>
49 N.Bečej	0m	0,22±0,00 <sup>f</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>cd</sup>	0,01±0,00 <sup>abcdef</sup>	22,22±0,02 <sup>gh</sup>	3,79±0,00 <sup>o</sup>	35,80±0,01 <sup>jk</sup>	56,13±0,01 <sup>m</sup>
50 N.Bečej	100m	0,22±0,00 <sup>f</sup>	0,11±0,01 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,02±0,00 <sup>bcdefg</sup>	18,76±0,02 <sup>e</sup>	3,52±0,00 <sup>lm</sup>	32,55±0,00 <sup>f</sup>	38,61±0,00 <sup>b</sup>
51 N.Bečej	200m	0,12±0,00 <sup>a</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>abcde</sup>	24,65±0,01 <sup>j</sup>	3,09±0,00 <sup>h</sup>	25,42±0,01 <sup>a</sup>	40,23±0,01 <sup>c</sup>
52 Perlez	0m	0,14±0,00 <sup>bcde</sup>	0,13±0,00 <sup>c</sup>	0,01±0,00 <sup>efg</sup>	0,02±0,00 <sup>efg</sup>	19,40±0,02 <sup>e</sup>	2,69±0,00 <sup>fg</sup>	34,43±0,05 <sup>h</sup>	50,20±0,01 <sup>h</sup>
53 Perlez	100m	0,13±0,00 <sup>abcde</sup>	0,12±0,00 <sup>bc</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>abcd</sup>	24,36±0,01 <sup>j</sup>	3,40±0,02 <sup>jk</sup>	41,91±0,18 <sup>n</sup>	69,82±0,14 <sup>s</sup>
54 Perlez	200m	0,12±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,02±0,00 <sup>bcdefg</sup>	25,01±0,01 <sup>j</sup>	3,77±0,06 <sup>o</sup>	35,41±0,02 <sup>ij</sup>	54,68±0,02 <sup>jk</sup>
55 Senta	0m	0,14±0,01 <sup>cde</sup>	0,12±0,01 <sup>bc</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	26,13±0,02 <sup>k</sup>	3,39±0,01 <sup>jk</sup>	46,82±0,03 <sup>o</sup>	47,56±0,37 <sup>g</sup>
56 Senta	100m	0,12±0,00 <sup>abcd</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>de</sup>	0,01±0,00 <sup>abcde</sup>	24,87±0,32 <sup>j</sup>	3,01±0,01 <sup>h</sup>	35,51±0,03 <sup>ij</sup>	31,17±0,03 <sup>a</sup>
57 Senta	200m	0,11±0,00 <sup>a</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,02±0,00 <sup>bcdefg</sup>	28,15±0,31 <sup>l</sup>	3,18±0,00 <sup>i</sup>	35,99±0,07 <sup>jk</sup>	42,58±0,05 <sup>d</sup>
58 Tornjoš	0m	0,15±0,00 <sup>e</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>cd</sup>	0,02±0,00 <sup>defg</sup>	22,00±0,02 <sup>gh</sup>	3,59±0,00 <sup>mn</sup>	38,61±0,01 <sup>l</sup>	55,85±0,01 <sup>lm</sup>
59 Tornjoš	100m	0,13±0,00 <sup>abcde</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>efg</sup>	0,02±0,00 <sup>g</sup>	20,33±0,31 <sup>f</sup>	4,74±0,00 <sup>q</sup>	27,17±0,02 <sup>b</sup>	30,64±0,01 <sup>a</sup>
60 Tornjoš	200m	0,12±0,00 <sup>abcd</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>g</sup>	0,02±0,00 <sup>cdefg</sup>	21,75±0,02 <sup>g</sup>	3,24±0,00 <sup>i</sup>	35,46±0,01 <sup>ij</sup>	51,89±0,00 <sup>i</sup>

a,b,c... Različita slova u eksponentu u istoj koloni tabele ukazuju na statistički značajnu razliku između srednjih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0,05$  (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa)

Rezultati TEI za pšenicu prikazani su na slici 5. Uočava se najveća vrednost TEI za uzorak pšenice sa lokaliteta Kikinda, koji je uzet neosredno uz saobraćajnicu, zbog visoke vrednosti sadržaja Pb (tabela 5).

Na visoke vrednosti za TEI uzoraka pšenice iz Perlez, 0 m od saobraćajnice uticale su visoke vrednosti Pb, Cd i As (tabela 5).

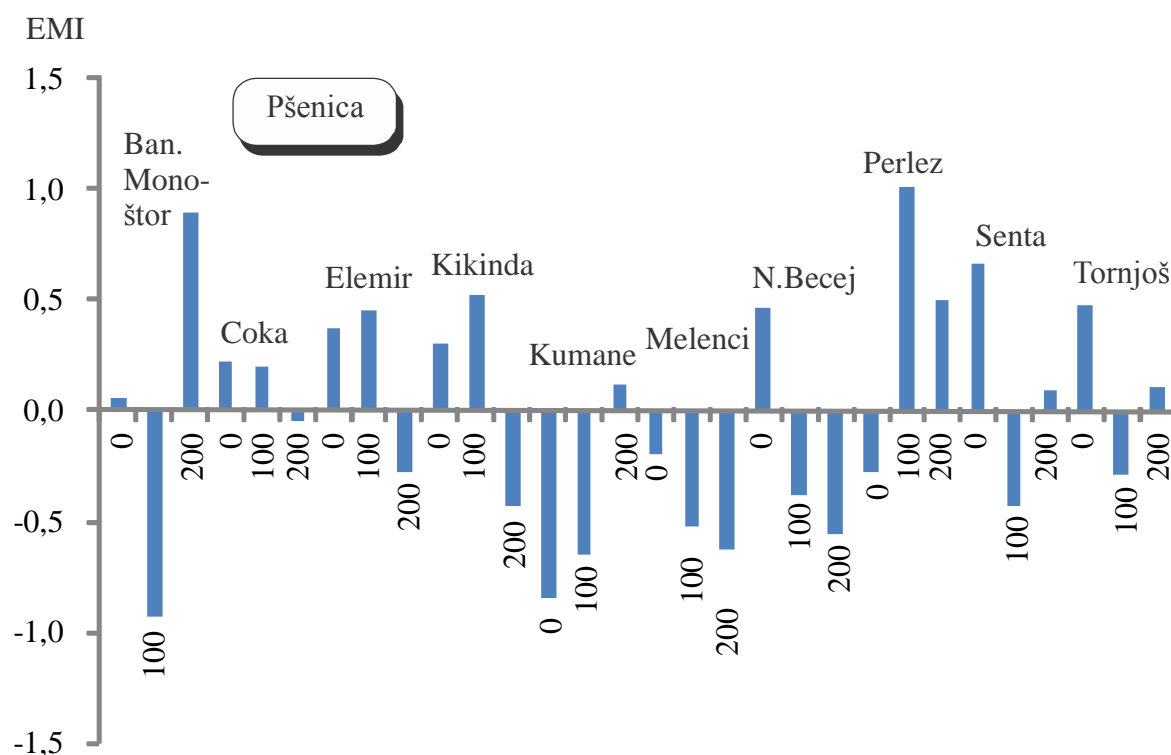


Slika 5. TEI za pšenicu

Na slici 6 prikazani su rezultati EMI za pšenicu. Pozitivne vrednosti za EMI ukazuju na visoke koncentracije esencijalnih mikroelemenata u pšenici. Tako je na primer, za uzorke pšenice sa lokaliteta Perleza (100 m od saobraćajnice), Banatskog Monoštora (200 m od saobraćajnice), Kikinde (0 m od saobraćajnice), dobijene su visoke vrednosti za EMI, prevashodno zbog visoke vrednosti sadržaja Fe i Mn (tabela 5). Kod uzoraka pšenice sa lokaliteta Sente (0 m od saobraćajnice) i Tornjoša (0 m od saobraćajnice), pozitivne vrednosti za EMI su posledica veće koncentracije Zn, Mn i Fe. Sadržaj esencijalnih elemenata u zrnju se kretao u uobičajenim granicama. Na primer, maksimalno dozvoljeni sadržaji Cu i Zn u

žitaricama u Bugarskoj (Bojinova i sar., 1996) su 10 i 40 mg/kg suve materije, dok našim zakonskim regulativama još nije definisan.

Izmereni sadržaj Zn u pšenici na lokalitetu Kikinde iznosio je 48,53 mg/kg, što je verovatno posledica njegovog prisustva u zemljištu u blizini Livnice "Kikinda", kao i taloženjem ovog metala iz vazduha, s obzirom da se Zn koristi kao aditiv u uljima za podmazivanje, te može da potiče od saobraćaja.



Slika 6. EMI za pšenicu

Deskriptivni statistički podaci za sadržaj elementa u celom zrnju pšenice prikazani su u tabeli 6.

Dobijeni rezultati pokazuju da je prosečan sadržaj toksičnih elemenata u pšenici ispod vrednosti koje su definisane Pravilnikom o sadržaju maksimalno dozvoljenih koncentracija (1992).

Upoređujući izmerene koncentracije olova u pšeničnom zrnju sa vrednostima koje propisuje FAO/WHO Codex Alimentarius Commissia uočava se povećan sadržaj Pb u četiri uzorka (Kikinda, Kumane, Melenci, Novi Bečej), neposredno uz saobraćajnicu (tabela 5).

Povećan sadržaj Pb može se objasniti njegovim prisustvom u zemljištu, koje potiče od izduvnih gasova motornih vozila, kao i uticaju vazdušnog transporta i njegovom depozicijom iz vazduha na zemljište i biljku što su pokazali Davies i Holmes (1972), koji su utvrdili da ako je sadržaj Pb u benzinu 0,45 g/l i ako je protok vozila 24<sup>h</sup>, tada sa obe strane saobraćajnice u širini 15 m, sa svakih 1000 vozila koncentracija olova u vazduhu se povećava za 1 µg/m<sup>3</sup>. Metali su obično prisutni kao aerosoli sa veličinama čestica u opsegu 5 mm do 20 mm u prečniku i imaju prosečno vreme zadržavanja od 10 do 30 dana (Bowen,1979).

Maksimalno dozvoljene koncentracije koje propisuje EU 0,2 mg/ kg Cd u pšeničnom zrnju, 0,1- 0,2 mg/ kg Pb u cerealijama, dok Hg i As ne smeju da budu prisutne u hrani.

Maksimalno dozvoljene koncentracije Pb, Cd, Hg i As u žitu prema važećem Pravilniku o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama ("Službeni glasnik SRJ", br. 5/92, 11/92 – ispr. i 32/2002 i "Sl. glasnik RS", br. 25/2010 - dr. pravilnik i 28/2011) su 0,4; 0,1; 0,05 i 1 mg/kg suve materije.

Tabela 6. Deskriptivni statistički podaci za ispitivane elemente (mg/kg) u celom zrnju pšenice

	Toksični elementi					Esencijalni elementi			
	Rastojanje	Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Sred.vr.	0m	0,169	0,116	0,007	0,019	20,532	3,221	36,558	52,992
SD	0m	0,045	0,006	0,002	0,011	4,357	0,603	4,942	6,114
min	0m	0,112	0,103	0,003	0,012	12,083	2,269	29,913	44,081
max	0m	0,225	0,128	0,009	0,048	26,128	4,035	46,821	63,274
Sred.vr.	100m	0,142	0,113	0,007	0,017	22,193	2,990	34,963	47,996
SD	100m	0,039	0,004	0,002	0,010	10,032	0,838	7,621	12,511
min	100m	0,116	0,108	0,003	0,011	12,198	1,794	27,170	30,639
max	100m	0,220	0,118	0,009	0,043	48,528	4,741	51,524	69,823
Sred.vr.	200m	0,118	0,112	0,008	0,013	20,795	2,992	35,771	51,607
SD	200m	0,004	0,003	0,003	0,003	4,631	0,520	6,631	7,694
min	200m	0,114	0,108	0,003	0,009	14,720	2,166	25,416	40,225
max	200m	0,125	0,118	0,012	0,018	28,145	3,775	49,840	65,248

Koncentracije Cu na rastojanju od 0 m su od 2,269- 4,035 mg/kg, na rastojanju 100 m koncentracija se kretala od 1,794- 4,741 mg/kg, a na 200 m 2,166- 3,775 mg/kg. U radu Kastori, Petrović (1994) ispitivan je sadržaj esencijalnih elemenata u pšenici, pri čemu je utvrđeno da se koncentracija Cu u pšenici kreće se od 4- 30 mg/kg. Dobijeni rezultati pokazuju da su najveće iznerene koncentracije Cu u ispitivanim uzorcima pšenice, na donjoj granici vrednosti koje su odredili Kastori i Petrović.

Zn je element čija je pokretljivost u biljkama osrednja (Kastori, Petrović,1993). U slučaju da je njegova koncentracija u zemljišta visoka, nakuplja se u korenu. Prema tabeli 10, u analiziranoj pšenici, na rastojanju 0 m se sadržaj Zn kretao od 12,083- 26,128 mg/kg, na 100 m 12,198- 48,528 mg/kg, a na 200 m 14,72- 28,145 mg/kg. Koncentracija Zn u biljkama se kreće u širokim granicama, u proseku od 30-150 mg/kg, najčešće od 20-50 mg/kg.

Statistički značajne korelacije, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pšenice na različitim rastojanjima od saobraćajnice, zabeležene su između toksičnih i esencijalnih mikroelemenata Pb, Cd, As, Zn, Fe i Mn na nivou  $p < 0,01$  (tab.7). Toksični elementi, prisutni u hranljivom supstratu mogu da inhibiraju ili podstiču usvajanje esencijalnih elemenata (Sela i sar., 1988). Ovaj uticaj se najčešće zasniva na antagonizmu, kao što je na primer između Cd i Fe, ili sinergizmu što je uočeno između jona Cd i Mn i Cu (Moraghan, 1993).

Utvrđena je negativna korelacija između Pb i Zn (-0,238<sup>+</sup>), Hg i As (-0,254<sup>+</sup>), Hg i Zn (-0,281<sup>+</sup>), As i Fe (-0,227<sup>+</sup>) i Cu i Mn (-0,204<sup>+</sup>).

Statistički značajna, pozitivna korelacija između Cd i Mn (0,180<sup>+</sup>), Hg i Mn (0,173<sup>+</sup>), As i Mn (0,174<sup>+</sup>), Fe i Mn (0,243<sup>+</sup>), na nivou  $p < 0,01$  (tab.7).

Pozitivna korelacija, na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$ , zabeležena je između Pb i As (0,171<sup>\*</sup>), As i Cu (0,152<sup>\*</sup>), Cu i Fe (0,141<sup>\*</sup>). Na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$ , utvrđena je i negativna korelacija između Pb i Fe (-0,149<sup>\*</sup>) i Cd i Zn (-0,132<sup>\*</sup>). Povećani sadržaj Zn u zemljištu utiče na povećanje koncentracije Cd u žitu (Adriano, 1986; Dudka, et al., 1994).

Statistički značajna korelacija, na nivou  $p < 0,10$ , zabeležene su između Pb i Hg (0,109<sup>\*\*</sup>) i Hg i Cu (-0,119<sup>\*\*</sup>).

Tabela 7. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pšenice (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti, napisane u malim zagradama

	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Pb	0,057 (0,38)	0,109** (0,09)	0,171* (0,01)	-0,238+ (<0,01)	0,058 (0,37)	-0,149* (0,02)	0,066 (0,31)
Cd		0,067 (0,31)	0,064 (0,33)	-0,132* (0,04)	-0,082 (0,21)	0,004 (0,96)	0,180+ (<0,01)
Hg			-0,254+ (<0,01)	-0,281+ (<0,01)	-0,119** (0,07)	-0,064 (0,32)	0,173+ (<0,01)
As				0,400+ (<0,01)	0,152* (0,02)	-0,227+ (<0,01)	0,174+ (<0,01)
Zn					-0,053 (0,42)	-0,057 (0,38)	0,021 (0,75)
Cu						0,141* (0,03)	-0,204+ (<0,01)
Fe							0,243+ (<0,01)

+Statistički značajan na nivou  $p < 0,01$ , \* Statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , \*\* Statistički značajan na nivou  $p < 0,10$

Na osnovu rezultata merenja sadržaja ispitivanih elemenata u celom zrnu pšenice, (tabela 5), formirani su linearni matematički modeli, oblika  $y = a + b \cdot x$  za predikciju sadržaja toksičnih i esencijalnih elemenata u pšenici u zavisnosti od udaljenosti od glavnog puta. U tabeli 8, regresioni koeficijenti su prikazani srednjom vrednošću i standardnom devijacijom. Uočava se da su vrednosti regresionih koeficijenata  $a$  statistički značajne na nivou  $p < 0,01$ .

Primećuje se trend smanjivanja sadržaja Cu, Fe i Mn u uzorcima pšenice na većim udaljenostima od puta (svi koeficijenti pravca imaju negativne vrednosti, -0,001, -0,004 i -0,007). Pb, Cd, Hg, As i Zn se ne menjaju značajno na pri većim udaljenostima od puta.

Tabela 8. Regresioni koeficijenti za linearni matematički model

	Nulti član				Prvi član			
	a	SD	t(28)	p	b	SD	t(28)	p
Pb	0,168	0,010	17,331	<0,01	0,000	0,000	-3,362	<0,01
Cd	0,115	0,001	87,514	<0,01	0,000	0,000	-1,860	0,073
Hg	0,007	0,001	0,000	<0,01	0,000	0,000	0,000	<0,01
As	0,019	0,002	8,061	<0,01	0,000	0,000	-1,476	0,151
Zn	21,042	1,956	10,758	<0,01	0,001	0,015	0,087	0,931
Cu	3,182	0,190	16,751	<0,01	-0,001	0,001	-0,776	0,444
Fe	36,158	1,848	19,562	<0,01	-0,004	0,014	-0,275	0,785
Mn	51,558	2,673	19,286	<0,01	-0,007	0,021	-0,335	0,740

#### 4.2.1 Količine esencijalnih i toksičnih elemenata u odnosu na dnevnu potrošnju hleba od celog zrna pšenice

Procena zdravstvenog značaja određene hranljive komponente za ljude koji je konzumiraju se izvodi na osnovu podataka o njenoj hranljivoj vrednosti a ne na osnovu učestalosti njenog korišćenja. Zato su zdravstvene organizacije širom sveta u prethodnih pola veka počele da propisuju i preporučuju količinu unetih hranljivih i drugih komponenata hrane. Svetske institucije koje propisuju najrelevantnije podatke o hranljivoj vrednosti pojedinih komponenata hrane su Organizacija za poljoprivredu i hranu (*Food and Agriculture Organization* - FAO) i Svetska zdravstvena organizacija (*World Health Organization* - WHO).

U Republici Srbiji su na bazi internacionalnih naučnih saznanja, kao i na bazi sprovedenih ispitivanja o nacionalnoj ishrani definisane preporučene dnevne doze pojedinih esencijalnih elemenata u cilju preventive i što bolje zdravstvene zaštite ljudi. Preporučeni dnevni unosi, prema Pravilniku o deklarisanju i označavanju upakovanih namirnica (2004), su za Fe 14 mg; Zn 15 mg; Cu 2 mg ; Mn 2 mg.

Na osnovu podataka Privredne komore Srbije (2012), srednja mesečna potrošnja hleba i pekarskih proizvoda u Srbije 8750 g.



Analizirajući dnevnu potrošnju hleba i proizvoda od žita u ishrani ljudi, procenjeno je dnevno unošenje esencijalnih elemenata i poređeni sa relevantnim dnevno referentnim vrednostima. Na osnovu dobijenih podataka proizilazi da bi dnevne porcije proizvoda od celog zrna pšenice zadovoljila dnevne potrebe odraslog čoveka za bakrom oko 50%, potrebe za cinkom od oko 23-50%, potreba za gvožđem oko 70%. S obzirom da se kod nas više troše proizvodi od belog brašna, ove vrednosti unetih elemenata, esencijalnih i toksičnih su mnogo manje.

Škrbić i Čupić (2004) ističu da žita i proizvodi od žita u ishrani stanovništva obezbeđuju oko 41 % od stvarnih potreba za jonima gvožđa, ali se oni u zrnu nalaze u hemijskom obliku koji nije najpovoljniji za sorpciju. U tome ih ometa prisustvo jona fosfora i fitinske kiseline.

Dnevno unošenje jona Zn u ishrani ljudi normalno se kreće od 12 do 15 mg Zn /dan. Postoje široke granice tolerancije između normalnih količina jona Zn unetih hranom i onih koji mogu prouzrokovati štetne efekte. Toksične doze jona Zn vrlo je teško precizirati pošto ovo njegovo dejstvo ne zavisi samo od količine unete soli Zn, već od njene koncentracije i interakcije sa drugim mikroelementima prisutnim u hrani, prvenstveno jona Fe, Cu, Ca i dr.

Prema JECFA/WHO (1993), prihvatljiv unos Cd je 7 µg/kg telesne mase/nedeljno, odnosno 420 µg nedeljno za odrasle osobe prosečne mase 60 kg. Prema proračunima, proizvodima od celog zrna pšenice u organizam bi se unelo oko 46% tolerantne količine Cd.

Prema JECFA/WHO (1993), prihvatljivi unos Pb je 25 µg/kg telesne mase/nedeljno, ili 1,5 mg za odrasle osobe, za Hg 4 µg/kg telesne mase/nedeljno, dok je prihvatljiv unos za As 2 µg/kg telesne mase/dan. Prema dobijenim rezultatima, konzumirajući proizvode od celog zrna pšenice u organizam bi se dnevno unelo od 12,4- 17,7% tolerantne količine Pb, 5% Hg i 3,5-9% As.

### **4.3 Sadržaj ispitivanih elemenata u mekinjama**

U procesu mlinske prerade pšenice izdvaja se omotač zajedno sa aleuronskim slojem u obliku mekinja. Omotač ne spada u hraljive materije, ali nije manje vredan u ishrani jer sadrži značajnu količinu prehrambenih vlakana, a u aleuronskom sloju je najveći sadržaj vitamina B-kompleksa, koji su neophodni za pravilno funkcionisanje ljudskog organizma. Podaci za sadržaj toksičnih i esencijalnih elemenata u mekinjama su dati u formi srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija, (tabela 9).

Uočava da je najveći sadržaj Pb u mekinjama 0,29 mg/kg, (Kumane, tab.9), kod uzorka pšenice koji je požnjeven neposredno pored saobraćajnice, dok je sadržaj Pb u brašnu istog uzorka 0,11 mg/kg (tab.13). Rezultati pokazuju da je omotač zrna pšenice nosilac značajnih količina nečistoća zbog svoje specifične anatomske građe koja omogućuje koncentraciju polutanata različitog porekla na njihovoj površini. Intenzitet kontaminacije mekinja olovom se smanjio udaljavanjem od saobraćajnice.

Prema ranijim ispitivanjima (Ludajić i Filipović, 2009), ukupan sadržaj Cd u uzorcima pšeničnih mekinja, na lokalitetu srednjobanatskog okruga periodu 2003-2007. godine, bio je 0,01-0,0145 mg/kg. Sadržaj Cd u ispitivanim uzorcima mekinja kretao se 0,11-0,14 mg/kg (tab. 9), što ukazuje na povećan sadržaj Cd u mekinjama za deset puta u odnosu na period 2003-2007.god.

U analiziranim mekinjama, na rastojanju 0 m sadržaj Fe se kretao od 78,82- 133,76 mg/kg, na 100 m 12,04- 133,05 mg/kg, a na 200 m 92, 15- 240,48 mg/kg (tab. 9). Rezultati pokazuju da je sadržaj Fe u mekinjama (tab.9) 3-4 puta veći u odnosu na celo zrno pšenice (tab.5), i čak 9-12 puta veći u odnosu na njegov sadržaj u brašnu (tab.13), što pokazuje da je koncentracija Fe u mekinjama najveća u odnosu na druge delove zrna, što je u saglasnosti sa tvrdnjama Milivojević i sar. (2004) koji su ispitivali reakcije različitih genotipova pšenice, nastale primenom različitih varijanti đubrenja i konstatovali da je mineralna ishrana značajno uticala na koncentraciju Fe u zrnu i slami pšenice.

Rezultati ispitivanja pokazali da se koncentracija Mn u mekinjama, na rastojanju 0 m kretala od 138,9- 218,2 mg/kg, na 100 m 121,73- 228 mg/kg, a na 200 m 135, 82- 235,84 mg/kg (tab. 9).

U celom zrnu pšenice koncentracija Mn, na rastojanju 0 m iznosila je 44, 08- 63,27 mg/kg, na 100 m 30,63- 69,82 mg/kg, a na 200 m 40,22- 65,24 mg/kg (tab. 5), i ove vrednosti

se smatraju normalnim pšenicu (Kabata-Pendias i Pendias, 1989). Na osnovu dobijenih rezultata uočava se povećan sadržaj Mn u mekinjama 3-3,5 puta u odnosu na celo zrno pšenice. Koncentracija Mn u analiziranim uzorcima pšenice je ujednačena u odnosu na ranija istraživanja (Milivojević i sar., 2005), gde se sadržaj Mn u zrnu pšenice kretao od 46,9 do 64,2 mg/kg.

Prema ranijim ispitivanjima (Ludajić, 2008), prosečan sadržaj As u pšeničnim mekinjama, na lokalitetu srednjebačkog okruga u period 2003- 2005. godine, bio je 0,015- 0,02 mg/kg, a na lokalitetu srednjebanatskog okruga u istom periodu, bio je 0,01- 0,029 mg/kg. Sadržaj As u 23% analiziranih uzoraka mekinja kretao se od 0,04- 0,07 mg/kg (tab. 9), što ukazuje na povećan sadržaj As u mekinjama u odnosu na period 2003- 2005. god. Sadržaj As u mekinjama izmeren na lokalitetu Kikinde (uzorak 70 i 71) iznosio je 0,07 i 0,06 mg/kg, što se može pripisati njegovim prisustvom u podzemnim vodama (Dalmacija, 1998, Ćuk i sar., 2012), koje su prisutne na lokalitetu sa kojih su uzeti uzorci na analizu.

Tabela 9. Sadržaj ispitivanih elemenata (mg/kg) u pšeničnim mekinjama

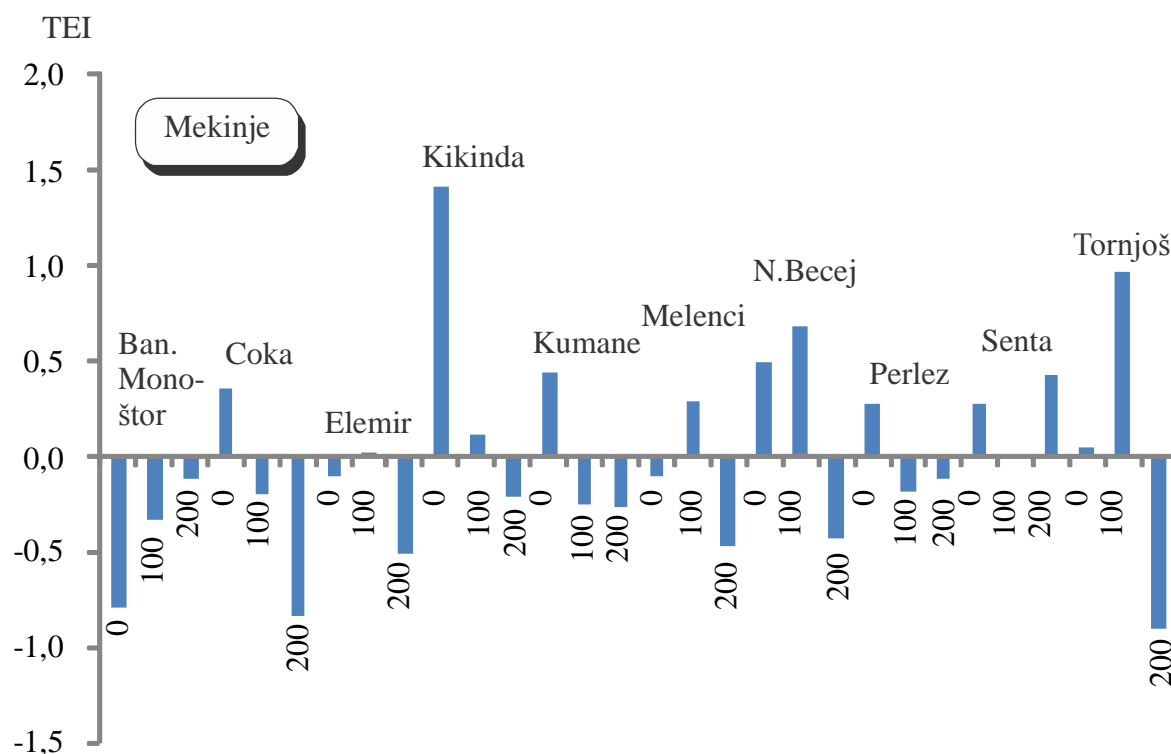
Br	Lokacija	Rastojanje	Toksični elementi				Esencijalni elementi			
			Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
61	B.Monoštor	0m	0,12±0,01 <sup>abc</sup>	0,11±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,02±0,00 <sup>defgh</sup>	80,89±0,62 <sup>p</sup>	10,53±0,40 <sup>n</sup>	102,06±1,08 <sup>ab</sup>	141,56±1,21 <sup>d</sup>
62	B.Monoštor	100m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,12±0,00 <sup>bcdef</sup>	0,01±0,00 <sup>bcd</sup>	0,02±0,00 <sup>bcdef</sup>	67,10±0,62 <sup>j</sup>	8,26±0,18 <sup>f</sup>	91,54±0,43 <sup>ab</sup>	142,89±0,63 <sup>d</sup>
63	B.Monoštor	200m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,12±0,00 <sup>abcdef</sup>	0,01±0,00 <sup>cdefg</sup>	0,03±0,00 <sup>klm</sup>	99,99±0,96 <sup>t</sup>	13,27±0,11 <sup>p</sup>	167,85±3,35 <sup>bc</sup>	142,53±1,26 <sup>d</sup>
64	Čoka	0m	0,15±0,05 <sup>c</sup>	0,13±0,01 <sup>fg</sup>	0,01±0,00 <sup>cdefg</sup>	0,02±0,00 <sup>defgh</sup>	79,49±0,75 <sup>o</sup>	10,40±0,11 <sup>mn</sup>	103,19±1,06 <sup>ab</sup>	138,91±0,67 <sup>cd</sup>
65	Čoka	100m	0,12±0,03 <sup>abc</sup>	0,12±0,01 <sup>bcdef</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,02±0,00 <sup>cdefg</sup>	59,85±0,35 <sup>g</sup>	8,94±0,06 <sup>g</sup>	101,44±0,58 <sup>ab</sup>	160,33±0,98 <sup>hij</sup>
66	Čoka	200m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,12±0,00 <sup>abcd</sup>	0,00±0,00 <sup>ab</sup>	0,03±0,00 <sup>fghij</sup>	75,37±0,81 <sup>m</sup>	10,39±0,32 <sup>mn</sup>	101,79±0,24 <sup>ab</sup>	160,98±0,58 <sup>ij</sup>
67	Elemir	0m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,11±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>h</sup>	0,02±0,00 <sup>ab</sup>	56,98±0,06 <sup>f</sup>	9,26±0,01 <sup>hi</sup>	125,26±0,88 <sup>abc</sup>	205,51±0,08 <sup>o</sup>
68	Elemir	100m	0,15±0,04 <sup>bc</sup>	0,12±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,04±0,00 <sup>n</sup>	55,32±0,02 <sup>e</sup>	7,55±0,00 <sup>e</sup>	133,05±0,16 <sup>abc</sup>	198,20±0,35 <sup>n</sup>
69	Elemir	200m	0,11±0,00 <sup>a</sup>	0,11±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>efg</sup>	0,02±0,00 <sup>abcde</sup>	56,33±0,02 <sup>f</sup>	7,31±0,00 <sup>e</sup>	92,54±0,04 <sup>ab</sup>	150,49±0,31 <sup>ef</sup>
70	Kikinda	0m	0,22±0,00 <sup>d</sup>	0,12±0,01 <sup>abcdef</sup>	0,01±0,00 <sup>g</sup>	0,07±0,00 <sup>p</sup>	77,59±0,68 <sup>n</sup>	10,28±0,25 <sup>lm</sup>	110,98±0,15 <sup>ab</sup>	184,10±5,51 <sup>m</sup>
71	Kikinda	100m	0,14±0,01 <sup>abc</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>cde</sup>	0,06±0,02 <sup>o</sup>	78,91±0,63 <sup>o</sup>	5,24±0,28 <sup>b</sup>	66,75±1,87 <sup>ab</sup>	228,51±8,84 <sup>q</sup>
72	Kikinda	200m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,13±0,00 <sup>cdefg</sup>	0,01±0,00 <sup>bcd</sup>	0,02±0,00 <sup>efghi</sup>	65,83±1,93 <sup>i</sup>	8,07±0,05 <sup>f</sup>	103,74±1,83 <sup>ab</sup>	235,85±6,41 <sup>r</sup>
73	Kumane	0m	0,29±0,00 <sup>e</sup>	0,11±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,02±0,00 <sup>fghi</sup>	46,04±0,07 <sup>a</sup>	8,19±0,00 <sup>f</sup>	79,45±0,04 <sup>ab</sup>	154,68±0,17 <sup>fg</sup>
74	Kumane	100m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,02±0,00 <sup>abcd</sup>	47,92±0,10 <sup>b</sup>	9,72±0,00 <sup>j</sup>	12,05±0,02 <sup>a</sup>	166,75±0,11 <sup>l</sup>
75	Kumane	200m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,01±0,00 <sup>efg</sup>	0,02±0,00 <sup>abc</sup>	49,16±0,03 <sup>c</sup>	8,14±0,00 <sup>f</sup>	93,03±0,01 <sup>ab</sup>	197,56±0,12 <sup>n</sup>
76	Melenci	0m	0,22±0,00 <sup>d</sup>	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,02±0,00 <sup>abcde</sup>	88,61±0,04 <sup>r</sup>	9,06±0,00 <sup>gh</sup>	116,41±0,08 <sup>ab</sup>	195,66±0,35 <sup>n</sup>
77	Melenci	100m	0,21±0,00 <sup>d</sup>	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	0,02±0,00 <sup>abc</sup>	63,41±0,53 <sup>h</sup>	5,71±0,00 <sup>c</sup>	106,76±0,19 <sup>ab</sup>	160,85±0,05 <sup>hij</sup>

78	Melenci	200m	0,12±0,00 <sup>ab</sup>	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,02±0,00 <sup>abcde</sup>	52,40±0,27 <sup>d</sup>	6,81±0,00 <sup>d</sup>	101,20±0,09 <sup>ab</sup>	149,61±0,44 <sup>e</sup>
79	N.Bečej	0m	0,21±0,00 <sup>d</sup>	0,12±0,01 <sup>bcdef</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,03±0,00 <sup>hijk</sup>	89,65±0,04 <sup>s</sup>	9,96±0,00 <sup>k</sup>	133,76±0,07 <sup>abc</sup>	218,20±0,09 <sup>p</sup>
80	N.Bečej	100m	0,21±0,00 <sup>d</sup>	0,12±0,00 <sup>bcdef</sup>	0,01±0,00 <sup>g</sup>	0,03±0,00 <sup>ghijk</sup>	75,06±0,01 <sup>m</sup>	10,56±0,02 <sup>n</sup>	90,93±0,01 <sup>ab</sup>	131,66±0,07 <sup>b</sup>
81	N.Bečej	200m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,02±0,00 <sup>abcde</sup>	60,48±0,01 <sup>g</sup>	9,00±0,00 <sup>g</sup>	97,46±0,00 <sup>ab</sup>	135,83±0,09 <sup>bc</sup>
82	Perlez	0m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,14±0,00 <sup>g</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	60,60±0,03 <sup>g</sup>	1,44±0,00 <sup>a</sup>	78,83±0,10 <sup>ab</sup>	156,60±0,23 <sup>gh</sup>
83	Perlez	100m	0,11±0,03 <sup>a</sup>	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,04±0,00 <sup>lmn</sup>	54,56±0,01 <sup>e</sup>	8,97±0,01 <sup>g</sup>	80,27±0,04 <sup>ab</sup>	158,00±0,17 <sup>ghi</sup>
84	Perlez	200m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,03±0,00 <sup>ijk</sup>	82,78±0,25 <sup>q</sup>	10,35±0,13 <sup>mn</sup>	117,43±0,28 <sup>abc</sup>	165,51±0,25 <sup>kl</sup>
85	Senta	0m	0,11±0,04 <sup>a</sup>	0,13±0,00 <sup>efg</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,03±0,00 <sup>jkl</sup>	81,20±0,02 <sup>p</sup>	10,50±0,10 <sup>mn</sup>	109,75±0,23 <sup>ab</sup>	139,35±0,94 <sup>cd</sup>
86	Senta	100m	0,12±0,04 <sup>abc</sup>	0,13±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,03±0,00 <sup>lmn</sup>	70,54±0,53 <sup>k</sup>	9,91±0,03 <sup>jk</sup>	106,36±0,16 <sup>ab</sup>	133,01±0,68 <sup>b</sup>
87	Senta	200m	0,12±0,00 <sup>abc</sup>	0,12±0,00 <sup>abcde</sup>	0,01±0,00 <sup>h</sup>	0,04±0,00 <sup>n</sup>	70,82±0,40 <sup>k</sup>	9,45±0,01 <sup>i</sup>	240,49±360,2 <sup>c</sup>	154,14±0,17 <sup>fg</sup>
88	Tornjoš	0m	0,15±0,00 <sup>bc</sup>	0,13±0,00 <sup>defg</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	0,04±0,00 <sup>mn</sup>	72,29±0,26 <sup>l</sup>	10,11±0,01 <sup>kl</sup>	95,35±0,01 <sup>ab</sup>	148,65±0,14 <sup>e</sup>
89	Tornjoš	100m	0,14±0,00 <sup>abc</sup>	0,12±0,03 <sup>abcdef</sup>	0,01±0,00 <sup>h</sup>	0,06±0,00 <sup>o</sup>	64,87±0,06 <sup>i</sup>	11,64±0,03 <sup>o</sup>	75,10±0,02 <sup>ab</sup>	121,74±0,05 <sup>a</sup>
90	Tornjoš	200m	0,11±0,04 <sup>a</sup>	0,12±0,00 <sup>bcdef</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	72,30±0,04 <sup>l</sup>	11,49±0,02 <sup>o</sup>	92,15±0,02 <sup>ab</sup>	162,30±0,11 <sup>jk</sup>

<sup>a,b,c...</sup> Različita slova u eksponentu u istoj koloni tabele ukazuju na statistički značajnu razliku između srednjih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0,05$  (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa)

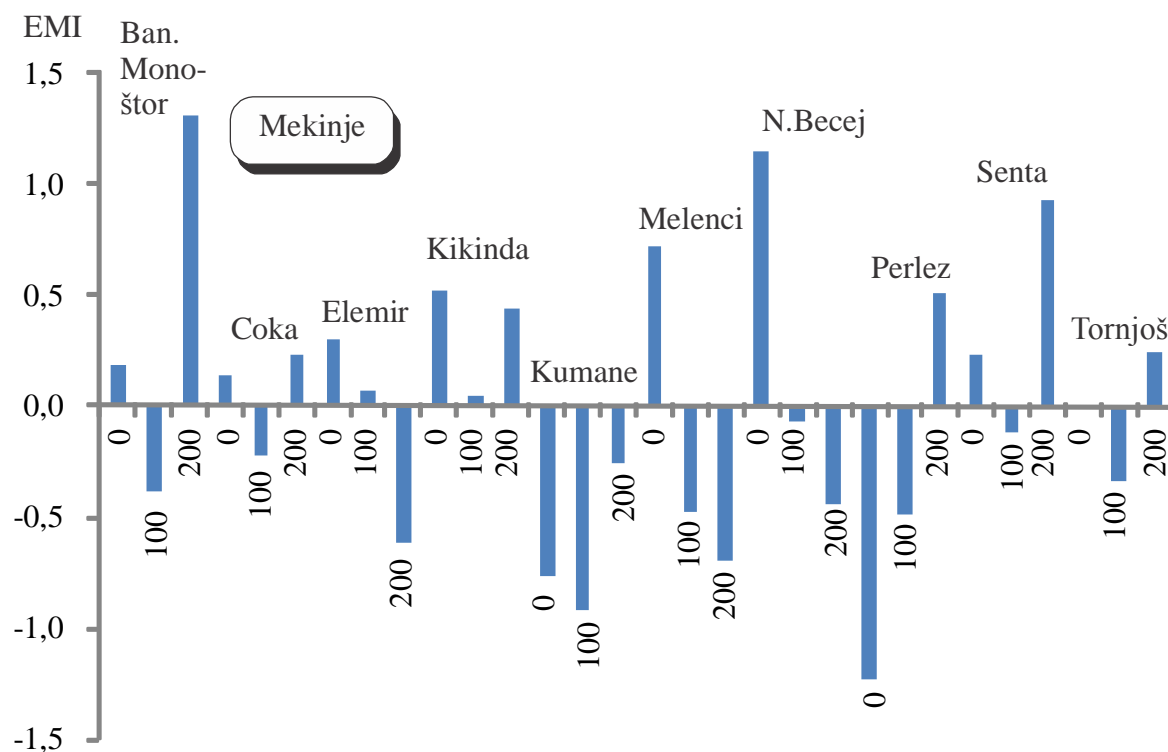
Na slici 7. prikazani su rezultati TEI za mekinje, a na slici 8. rezultati EMI za mekinje. Pozitivne vrednosti za TEI ukazuju na visoke koncentracije toksičnih elemenata. Uzorak (Kikinda, 0 m od saobraćajnice) pokazuje visoke vrednosti za TEI, prevashodno zbog visoke vrednosti sadržaja Pb (0,22 mg/kg) i Cd. Izmerena koncentracija Cd je 2,4 puta veća od maksimalno dozvoljene koncentracije koju propisuje Pravilnik (1992). Visoke vrednosti za TEI ima uzorak 89 (Tornjoš, 100 m od saobraćajnice) zbog visokih vrednosti Pb, Cd i As.

Dobijeni rezultati ukazuju da su koncentracije ispitivanih elemenata u mekinjama mnogo veće u odnosu na brašno (tab. 13). Može se uočiti iz priloženog da je koncentracija ispitivanih elemenata najveća na perifernim delovima zrna tj. mekinjama bez obzira na udaljenost od saobraćajnice, što je od posebnog značaja kada je u pitanju izrada hleba od celog zrna.



Slika 7. TEI za mekinje

Pozitivne vrednosti za EMI ukazuju na visoke koncentracije esencijalnih makroelemenata. Tako je na primer uzorak (Kikinda, 0 m od saobraćajnice) dobio visoke vrednosti za EMI, prevashodno zbog visoke vrednosti sadržaja Zn, Fe i Mn.



Slika 8. EMI za mekinje

U tabeli 10. prikazani su deskriptivni statistički podaci za ispitivane elemente u mekinjama na različitim rastojanjima od saobraćajnice.

Sadržaj Pb, As i Hg u mekinjama kretao u granicama koje propisuje Pravilnik (1992). Samo je sadržaj Cd (0,109- 0,138 mg/kg) u mekinjama viši od maksimalno dozvoljenog (0,05 mg/kg), a sadržaj Cd u mekinjama je 2,18-2,76 puta veći u odnosu na vrednosti propisane Pravilnikom (1992), što se može objasniti relativno visokim koncentracijama Cd nalaze u sirovim fosfatima iz kojih se proizvode fosfatna đubriva, koja se koriste u poljoprivrednoj proizvodnji, te otuda ona mogu biti izvori kontaminacije Cd.

U uzorcima mekinja na rastojanju 0 m prosečan sadržaj Zn je iznosio 73,3 mg/kg, na 100 m prosečne vrednosti iznosile su 63,65 mg/kg, a na 200 m 68,54 mg/kg Zn (tab.10). Sadržaj Zn u analiziranim uzorcima je u skladu sa rezultatima Kastorija (1993) koji je utvrdio

da pšenične mekinje sadrže od 40-120 mg/kg Zn. Takođe, dobijeni rezultati pokazuju da je koncentracija Zn u mekinjama 2,8- 3,6 puta veća u odnosu na celo zrno pšenice (tab. 6), i 5-11,5 puta veći u odnosu na njegovu koncentraciju u pšeničnom brašnu (tab. 14) što su u svojim ispitivanjima pokazali Stefanović i sar.(2007).

Tabela 10. Deskriptivni statistički podaci za ispitivane elemente (mg/kg) u pšeničnim mekinjama

	Rastojanje	Toksični elementi				Esencijalni elementi			
		Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Sred.vr.	0m	0,172	0,122	0,008	0,029	73,33	8,973	105,50	168,32
SD	0m	0,060	0,010	0,001	0,017	14,338	2,754	17,847	29,811
min	0m	0,110	0,109	0,006	0,014	46,043	1,439	78,825	138,91
max	0m	0,290	0,138	0,011	0,074	89,651	10,535	133,76	218,20
Sred.vr.	100m	0,142	0,121	0,008	0,033	63,75	8,651	86,42	160,19
SD	100m	0,039	0,003	0,001	0,016	9,650	2,033	32,219	32,475
min	100m	0,105	0,115	0,007	0,016	47,915	5,242	12,045	121,73
max	100m	0,214	0,125	0,011	0,061	78,910	11,643	133,05	228,51
Sred.vr.	200m	0,115	0,120	0,007	0,023	68,546	9,428	120,76	165,47
SD	200m	0,005	0,003	0,002	0,008	15,330	1,995	47,752	29,857
min	200m	0,105	0,114	0,004	0,014	49,158	6,805	92,151	135,82
max	200m	0,123	0,126	0,011	0,038	99,985	13,265	240,48	235,85

Utvrđena je korelacija između esencijalnih elemenata Zn, Cu i Fe na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$  (tab. 11).

Koncentracija Zn u mekinjama je u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom Cu ( $r=0,460^*$ ). Prema tvrdnjama Nan i sar.(2000) korelacija između Zn i Cu, u pšeničnom zrnu, može biti posledica metaboličkih procesa u kojima učestvuju ova dva esencijalna elementa.



Tabela 11. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima mekinja (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti, napisane u malim zagradama

	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Pb	-0,157 (0,41)	0,165 (0,38)	0,169 (0,37)	0,085 (0,66)	-0,045 (0,81)	-0,017 (0,93)	0,144 (0,45)
Cd		-0,209 (0,27)	-0,067 (0,72)	0,115 (0,55)	-0,131 (0,49)	-0,075 (0,69)	-0,232 (0,22)
Hg			0,201 (0,29)	-0,181 (0,34)	0,010 (0,96)	0,256 (0,17)	-0,010 (0,96)
As				0,267 (0,15)	0,186 (0,33)	0,115 (0,55)	0,095 (0,62)
Zn					0,460* (0,01)	0,411* (0,02)	0,009 (0,96)
Cu						0,229 (0,22)	-0,294 (0,12)
Fe							0,036 (0,85)

<sup>+</sup>Statistički značajan na nivou  $p < 0,01$ , <sup>\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , <sup>\*\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p < 0,10$

Na osnovu dobijenih rezultata merenja sadržaja ispitivanih elemenata u pšeničnim mekinjama, tabela 9, formirani su linearni matematički modeli, oblika  $y = a + b \cdot x$  za predikciju sadržaja toksičnih i esencijalnih elemenata u mekinjama, u zavisnosti od udaljenosti od saobraćajnice. Regresioni koeficijenti su prikazani u tabeli 12. Uočava se da su vrednosti regresionih koeficijenata  $a$  statistički značajne na nivou  $p < 0,01$ .

Tabela 12. Regresioni koeficijenti za linearni matematički model

	Nulti član				Prvi član			
	a	SD	t(28)	p	b	SD	t(28)	p
Pb	0,171	0,012	14,654	<0,01	0,000	0,000	-3,108	<0,01
Cd	0,122	0,002	67,180	<0,01	0,000	0,000	-0,771	0,447
Hg	0,008	0,000	0,000	<0,01	0,000	0,000	0,000	<0,01
As	0,031	0,004	7,385	<0,01	0,000	0,000	-0,873	0,390
Zn	70,939	3,914	18,123	<0,01	-0,024	0,030	-0,790	0,436
Cu	8,790	0,653	13,461	<0,01	0,002	0,005	0,449	0,657
Fe	96,601	10,563	9,145	<0,01	0,076	0,082	0,933	0,359
Mn	166,087	8,765	18,949	<0,01	-0,014	0,068	-0,209	0,836

Primećuje se trend smanjivanja sadržaja Zn i Mn na većim udaljenostima od puta (svi koeficijenti pravca imaju negativne vrednosti, -0,024 i -0,014). Pb, Cd, Hg, As se ne menjaju značajno na pri većim udaljenostima od puta. Primetno je povećanje sadržaja Cu i Fe.

#### 4.3.1 Količine esencijalnih i toksičnih elemenata u odnosu na dnevnu potrošnju hleba sa pšeničnim mekinjama

Sagledavajući nedostatke u ishrani ljudi, nutricionisti ističu važnost prehrambenih vlakana u održavanju zdravlja ljudi. Preporučeni dnevni unos vlakana od strane svetske zdravstvene organizacije je 25-38 g na dan, pri čemu najmanje polovina treba da je poreklom iz žita. Pekarski proizvodi se konzumiraju svakodnevno i zbog toga su pogodni za korigovanje nedostataka vlakana u hrani.

Prema Pravilniku o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda (2013), hleb sa pšeničnim mekinjama sadrži najmanje 7% mekinja u odnosu na količinu upotrebljenog brašna.

Prosečna dnevna potrošnja hleba i pekarskih proizvoda u Srbiji je 290 g, prema podacima Privredne komore Srbije (2012). Na osnovu preporučenog dnevnog unosa, kao i na osnovu dobijenih rezultata proizilazi da bi konzumiranjem hleba sa pšeničnim mekinjama,

zadovoljili dnevne potrebe odraslog čoveka za cinkom oko 10-22%, potrebe za bakrom oko 11-30%, potreba za gvoždem oko 17-37%.

Bakar spada u grupu esencijalnih elemenata, ali ako se unosi hranom u koncentracijama koje su veće od preporučenih njegovo dejstvo može biti i štetno. Zato je važno da se prati sadržaj ovog metala u uzorcima žitarica, brašna i hleba.

Prema dobijenim rezultatima sadržaj Fe u mekinjama se kretao od 78,82-240,48 mg/kg (tab.9), a u pšeničnom brašnu od 6,76-20,09 mg/kg. Kako je sadržaj ovog, u ishrani ljudi važnog metala, manji u brašnu u poređenju sa mekinjama može se preporučiti da se prilikom proizvodnje hleba vrši njegovo obogaćivanje gvoždem korišćenjem pšeničnih mekinja ili celih zrna pšenice. Na ovaj način se sadržaj Fe u hlebu može povećati i time zadovoljiti dnevne potrebe organizma za ovim elementom, a takođe se može izvršiti prevencija pojave pojedinih bolesti, koje mogu nastati usled nedostatka Fe u ljudskom organizmu, kao što je anemija.

Prema JECFA/WHO (1993), prihvatljiv unos Cd je 7 µg/kg telesne mase/nedeljno, odnosno 420 µg za odrasle osobe prosečne mase 60 kg. Prema proračunima, konzumiranjem hleba i peciva sa dodatkom pšeničnih mekinja u organizam bi se dnevno unelo oko 35-39% tolerantne količine Cd.

Prihvatljivi dnevni unos za Pb, prema JECFA/WHO (1993), je 25 µg/kg telesne mase/nedeljno, ili 1,5 mg za odrasle osobe. Prema dobijenim rezultatima konzumiranjem hleba i peciva sa dodatkom pšeničnih mekinja u organizam bi se unelo oko 8,69-12,71% tolerantne količine Pb. U procesu mlevenja dobijaju se različite vrste brašna i krupica, a sporedni proizvodi su mekinje. Pb se uglavnom nalazi na površini zrna pšenice u odnosu na centralne delove endosperma. Da bi se smanjio unos Pb neophodna je površinska obrada zrna pre mlevenja.

Prema JECFA/WHO (1999), nedeljni unos za Hg 4 µg/kg telesne mase/nedeljno, dok je prihvatljiv unos za As 2 µg/kg telesne mase/dan. Svakodnevnim unosom hleba i peciva koji su obogaćeni mekinjama, koji su dobijeni od analizirane pšenice u organizam bi se unelo 2,5- 6% Hg i 1,85-6,3% As. Dobijeni rezultati ukazuju na veći sadržaj As u mekinjama u odnosu na brašno što u svojim istraživanjima pokazali i Cubadda i sar. (2001).

#### **4.4 Analiza sadržaja ispitivanih elemenata u brašnu**

Podaci za sadržaj toksičnih i esencijalnih elemenata u brašnu, tab. 13, dati su u formi srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija. Tukey-test je pokazao da su vrednosti Pb, Cd i Hg dosta slične u velikoj većini uzoraka, dok se izmerene vrednosti As, Zn, Cu, Fe i Mn statistički značajno razlikuju između uzoraka. Sadržaj elemenata sa pretežno toksičnim dejstvom, u brašnu kretao u granicama koje propisuje Pravilnik o količinama pesticida i metala koji se mogu nalaziti u namirnicama (1992).

Prema Pravilniku (1992) sadržaj Cd u brašnu je 0,1 mg/kg, a dobijeni rezultati pokazuju da je od 30 analiziranih uzoraka brašna 93% uzoraka imao neznatno veći sadržaj Cd u odnosu na graničnu vrednost.

Sadržaj Cd u ispitivanim uzorcima brašna kretao se od 0,094-0,113 mg/kg (tab. 9), što je četiri puta veća koncentracija u odnosu na ranija ispitivanjima (Raquel i sar., 2013) gde je ukupan sadržaj Cd u uzorcima brašna bio 0,023-0,027 mg/kg.

Sadržaji Pb, As i Hg u ispitivanim uzorcima brašna (tab.13) pokazuju da se prosečan sadržaj ovih toksičnih elementa kretao u granicama koje propisuje Pravilnik (1992), ali imajući u vidu toksičan i kumulativan efekat koji ovi elementi mogu imati u ljudskom organizmu, neophodno je stalno praćenje i određivanje njihovog sadržaja.

Rezultati pokazuju da je prosečan sadržaj esencijalnih elemenata u brašnu (tab. 13) manji u odnosu na njihov sadržaj u mekinjama (tab. 9), što su pokazali i Stefanović i sar.(2007) kada su ispitivali sadržaj toksičnih i esencijalnih elemenata u pšenici, mekinjama i brašnu u zavisnosti od blizine industrijske zone.

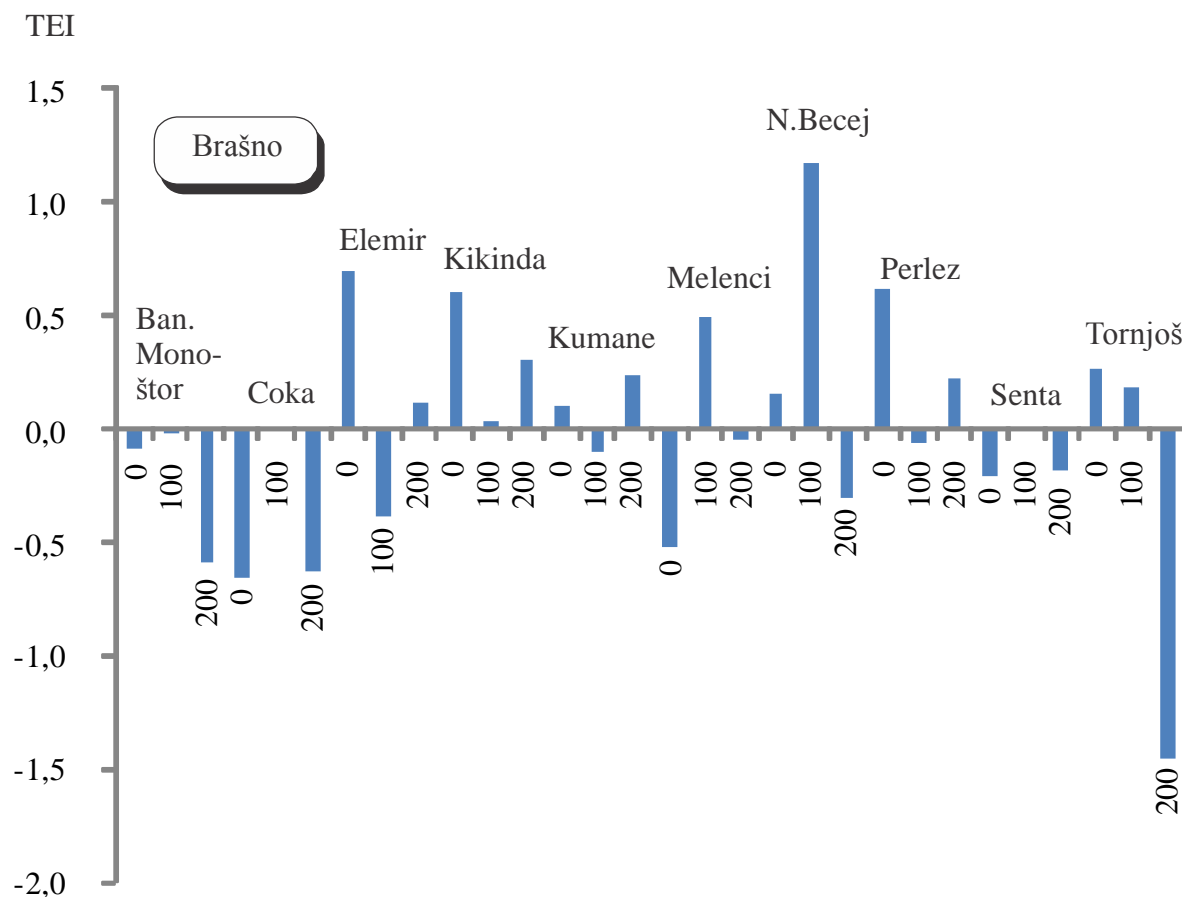
Tabela 13. Sadržaj ispitivanih elemenata (mg/kg) u brašnu

Br.	Lokacija	Rastojanje	Toksični elementi				Esencijalni elementi			
			Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
91	B.Monoštor	0m	0,11±0,00 <sup>b</sup>	0,10±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>bcdef</sup>	7,06±0,05 <sup>m</sup>	1,53±0,08 <sup>j</sup>	9,16±0,09 <sup>l</sup>	13,96±0,41 <sup>o</sup>
92	B.Monoštor	100m	0,11±0,00 <sup>b</sup>	0,11±0,00 <sup>bcd</sup>	0,01±0,00 <sup>cde</sup>	0,01±0,00 <sup>ab</sup>	5,18±0,02 <sup>de</sup>	1,24±0,05 <sup>d</sup>	8,37±0,09 <sup>fgh</sup>	11,07±0,07 <sup>hijk</sup>
93	B.Monoštor	200m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>abcd</sup>	4,58±0,15 <sup>c</sup>	1,24±0,02 <sup>d</sup>	8,54±0,45 <sup>hi</sup>	9,76±3,59 <sup>defgh</sup>
94	Čoka	0m	0,08±0,05 <sup>a</sup>	0,11±0,00 <sup>cd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>bcdef</sup>	6,50±0,22 <sup>kl</sup>	1,56±0,05 <sup>jkl</sup>	8,90±0,13 <sup>k</sup>	9,49±0,06 <sup>defg</sup>
95	Čoka	100m	0,10±0,04 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>bcd</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>fg</sup>	6,93±0,04 <sup>m</sup>	1,57±0,02 <sup>jkl</sup>	9,18±0,05 <sup>l</sup>	10,59±0,32 <sup>fghij</sup>
96	Čoka	200m	0,10±0,01 <sup>ab</sup>	0,10±0,00 <sup>abcd</sup>	0,00±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>abc</sup>	6,30±0,33 <sup>jkl</sup>	1,46±0,05 <sup>hi</sup>	8,52±0,07 <sup>hi</sup>	10,48±0,03 <sup>fghij</sup>
97	Elemir	0m	0,09±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>efgh</sup>	0,04±0,00 <sup>l</sup>	4,97±0,01 <sup>d</sup>	1,46±0,00 <sup>hi</sup>	8,11±0,01 <sup>e</sup>	7,22±0,00 <sup>ab</sup>
98	Elemir	100m	0,09±0,00 <sup>ab</sup>	0,10±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,02±0,00 <sup>h</sup>	4,99±0,00 <sup>d</sup>	1,39±0,00 <sup>fg</sup>	10,49±0,42 <sup>no</sup>	8,85±0,09 <sup>cde</sup>
99	Elemir	200m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,10±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>gh</sup>	0,01±0,00 <sup>abcd</sup>	3,97±0,04 <sup>b</sup>	1,16±0,00 <sup>bc</sup>	8,33±0,01 <sup>efgh</sup>	9,32±0,05 <sup>def</sup>
100	Kikinda	0m	0,11±0,00 <sup>b</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>fgh</sup>	0,02±0,00 <sup>i</sup>	5,56±0,05 <sup>f</sup>	1,51±0,00 <sup>ij</sup>	8,21±0,00 <sup>ef</sup>	11,45±0,06 <sup>ijklm</sup>
101	Kikinda	100m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>cde</sup>	0,02±0,00 <sup>h</sup>	6,54±0,35 <sup>l</sup>	1,45±0,11 <sup>hi</sup>	7,33±0,17 <sup>b</sup>	10,85±1,03 <sup>ghijk</sup>
102	Kikinda	200m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>d</sup>	0,01±0,00 <sup>bcde</sup>	0,01±0,00 <sup>efg</sup>	13,07±0,59 <sup>q</sup>	2,94±0,01 <sup>o</sup>	20,10±0,11 <sup>r</sup>	26,83±1,88 <sup>q</sup>
103	Kumane	0m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	3,20±0,00 <sup>a</sup>	0,99±0,00 <sup>a</sup>	6,76±0,00 <sup>a</sup>	9,63±0,00 <sup>defg</sup>
104	Kumane	100m	0,11±0,00 <sup>b</sup>	0,10±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	5,88±0,00 <sup>gh</sup>	1,47±0,00 <sup>hi</sup>	10,61±0,02 <sup>o</sup>	17,55±0,01 <sup>p</sup>
105	Kumane	200m	0,11±0,00 <sup>b</sup>	0,11±0,00 <sup>bcd</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>abcd</sup>	5,01±0,00 <sup>d</sup>	1,13±0,02 <sup>b</sup>	7,38±0,00 <sup>bc</sup>	12,78±0,01 <sup>mno</sup>
106	Melenci	0m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,09±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>defg</sup>	0,01±0,00 <sup>abcde</sup>	7,43±0,03 <sup>no</sup>	1,43±0,00 <sup>gh</sup>	10,32±0,00 <sup>n</sup>	10,79±0,03 <sup>ghij</sup>
107	Melenci	100m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>bcd</sup>	0,01±0,00 <sup>h</sup>	0,01±0,00 <sup>a</sup>	6,19±0,02 <sup>ij</sup>	1,15±0,01 <sup>bc</sup>	9,21±0,01 <sup>l</sup>	10,46±0,01 <sup>fghi</sup>

108 Melenci	200m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,10±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>bcdef</sup>	6,21±0,00 <sup>ijk</sup>	1,22±0,00 <sup>d</sup>	8,61±0,00 <sup>ij</sup>	12,24±0,01 <sup>klmn</sup>
109 N.Bečej	0m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>cd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>abcdef</sup>	7,72±0,00 <sup>p</sup>	1,54±0,00 <sup>jk</sup>	9,01±0,00 <sup>kl</sup>	9,93±0,00 <sup>efgh</sup>
110 N.Bečej	100m	0,12±0,00 <sup>b</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>h</sup>	0,02±0,00 <sup>j</sup>	6,89±0,00 <sup>m</sup>	1,16±0,00 <sup>bc</sup>	8,48±0,00 <sup>ghi</sup>	8,55±0,00 <sup>bcde</sup>
111 N.Bečej	200m	0,09±0,00 <sup>ab</sup>	0,10±0,00 <sup>abc</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,03±0,00 <sup>k</sup>	5,61±0,00 <sup>fg</sup>	1,36±0,00 <sup>ef</sup>	7,60±0,00 <sup>cd</sup>	7,43±0,00 <sup>abc</sup>
112 Perlez	0m	0,11±0,01 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>cd</sup>	0,01±0,00 <sup>bcde</sup>	0,03±0,00 <sup>k</sup>	6,58±0,00 <sup>l</sup>	1,32±0,00 <sup>e</sup>	8,97±0,01 <sup>kl</sup>	12,41±0,06 <sup>lmn</sup>
113 Perlez	100m	0,10±0,04 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>cd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	7,15±0,00 <sup>mn</sup>	1,78±0,01 <sup>m</sup>	10,00±0,08 <sup>m</sup>	13,61±0,07 <sup>no</sup>
114 Perlez	200m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>efgh</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	6,92±0,00 <sup>m</sup>	1,75±0,03 <sup>m</sup>	8,28±0,01 <sup>efg</sup>	11,91±0,04 <sup>ijklm</sup>
115 Senta	0m	0,10±0,05 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>cd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	7,60±0,01 <sup>op</sup>	1,90±0,00 <sup>n</sup>	13,68±0,04 <sup>q</sup>	13,96±0,13 <sup>o</sup>
116 Senta	100m	0,11±0,04 <sup>ab</sup>	0,11±0,01 <sup>cd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	0,01±0,00 <sup>gh</sup>	7,73±0,09 <sup>p</sup>	1,53±0,04 <sup>j</sup>	10,35±0,06 <sup>n</sup>	8,40±0,05 <sup>bcd</sup>
117 Senta	200m	0,10±0,04 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>abcdef</sup>	5,42±0,16 <sup>ef</sup>	1,20±0,00 <sup>cd</sup>	7,76±0,01 <sup>d</sup>	6,15±0,00 <sup>a</sup>
118 Tornjoš	0m	0,12±0,00 <sup>b</sup>	0,11±0,00 <sup>cd</sup>	0,01±0,00 <sup>abcd</sup>	0,01±0,00 <sup>cdef</sup>	7,11±0,01 <sup>m</sup>	1,60±0,01 <sup>kl</sup>	11,83±0,01 <sup>p</sup>	12,39±0,04 <sup>lmn</sup>
119 Tornjoš	100m	0,11±0,00 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>bcd</sup>	0,01±0,00 <sup>def</sup>	0,01±0,00 <sup>bcdef</sup>	6,03±0,00 <sup>hij</sup>	1,61±0,00 <sup>l</sup>	8,79±0,00 <sup>jk</sup>	9,90±0,00 <sup>efgh</sup>
120 Tornjoš	200m	0,10±0,04 <sup>ab</sup>	0,09±0,04 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>ab</sup>	0,01±0,00 <sup>bcdef</sup>	5,95±0,00 <sup>hi</sup>	1,32±0,00 <sup>e</sup>	8,89±0,00 <sup>k</sup>	11,10±0,01 <sup>hijkl</sup>

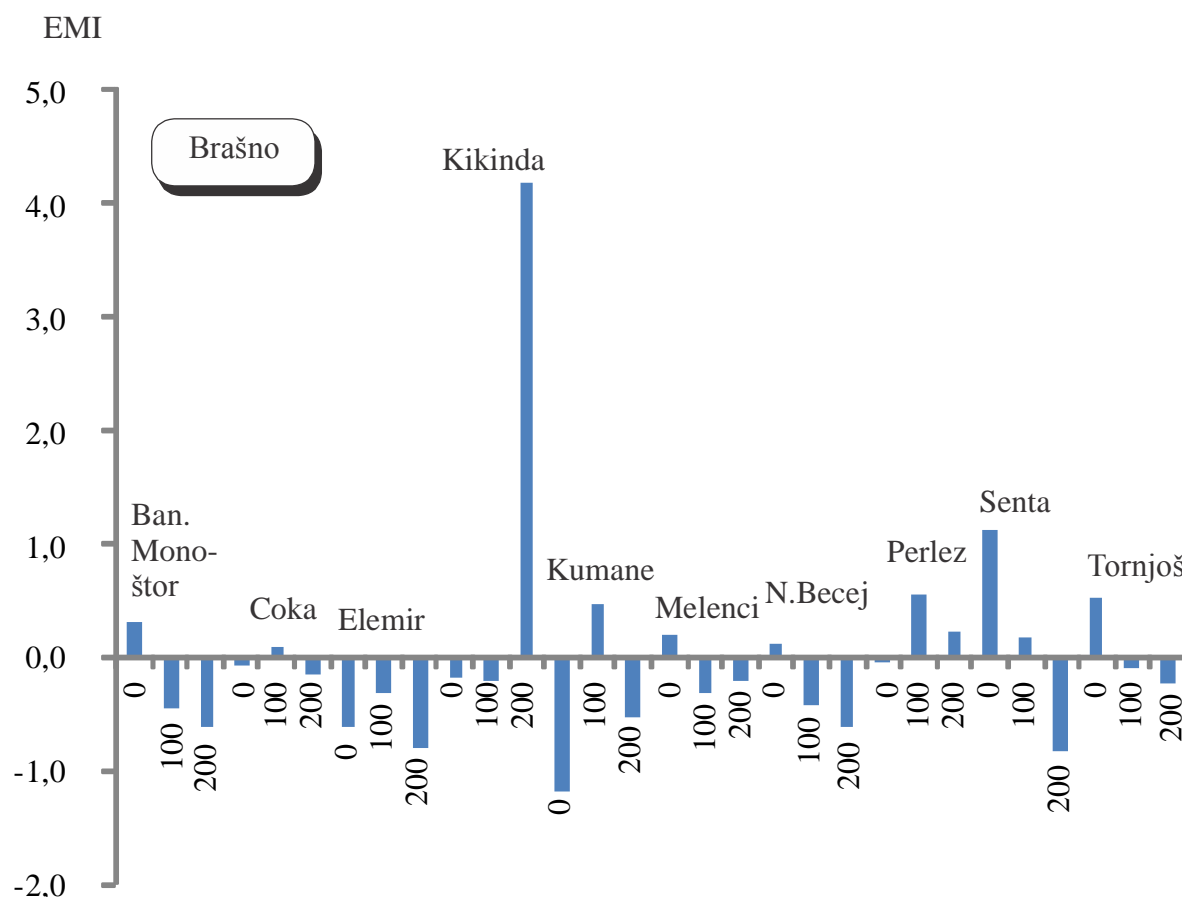
<sup>a,b,c...</sup> Različita slova u eksponentu u istoj koloni tabele ukazuju na statistički značajnu razliku između srednjih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0,05$  (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa)

Na slici 9 prikazani su rezultati TEI za brašno, a na slici 10 rezultati EMI za brašno. Pozitivne vrednosti za TEI ukazuju na visoke koncentracije toksičnih elemenata (slika 9). Tako je na primer uzorak (Elemir, 0 m od saobraćajnice) dobio visoke vrednosti za TEI, prevashodno zbog visoke vrednosti sadržaja As, a uzorak (N. Bečej, 100 m od saobraćajnice) dobio visoke vrednosti za TEI zbog visokih vrednosti Pb, Cd i As.



Slika 9. TEI za brašno

Pozitivne vrednosti za EMI ukazuju na visoke koncentracije esencijalnih makroelemenata. Tako je na primer uzorak (Kikinda, 200 m od saobraćajnice) dobio visoke vrednosti za EMI, prevashodno zbog visoke vrednosti sadržaja Fe i Mn.



Slika 10. EMI za brašno

Deskriptivni statistički podaci za ispitivane elemente u pšeničnom brašnu prikazani su u tabeli 14.

Sadržaj Pb u brašnu, nalazi se u opsegu od 0,076-0,122 mg/kg. Srednje vrednosti sadržaja Pb su  $0,106 \pm 0,014$  mg/kg brašna. Rezultati pokazuju da je koncentracija Pb u analiziranom brašnu veća u odnosu na ranija ispitivanja (Raquel i sar., 2013), gde je sadržaj Pb bio 0,037-0,056 mg/kg, kao i prema ispitivanjima Zhange i sar.(1998), gde je koncentracija Pb bila 0,0351 mg/kg. Suprotno tome, Doe i sar. (2013) kao i Locatelli (2004) su u svojim istraživanjima pokazali su se koncentracije Pb u brašnu kretala od 0,22-0,34 mg/kg, odnosno 0,49-0,89 mg/kg, što je mnogo više u odnosu na dobijene rezultate.

U analiziranom brašnu, na rastojanju 0 m prosečan sadržaj Zn se kretao od 6,371 mg/kg, na 100 m 6,351 mg/kg, a na 200 m 6,305 mg/kg (tab. 14). Rezultati pokazuju da je sadržaj Zn u brašnu (tab.14) 11,5 puta manji u odnosu na njegov sadržaj u mekinjama



(tab.10), što je u skladu sa rezultatima Stefanović i sar. (2007). Koncentracija Zn u analiziranim uzorcima brašna je ujednačena u odnosu na ranija istraživanja (Raquel i sar., 2013) gde je prosečan sadržaj Zn u pšeničnom brašnu bio  $6,154 \pm 0,313$  mg/kg.

Tabela 14. Deskriptivni statistički podaci za ispitivane elemente (mg/kg) u brašnu

		Toksični elementi				Esencijalni elementi			
	Rastojanje	Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Sred.vr.	0m	0,106	0,106	0,007	0,017	6,371	1,483	9,496	11,122
SD	0m	0,014	0,004	0,001	0,011	1,421	0,229	1,990	2,138
min	0m	0,076	0,095	0,005	0,011	3,200	0,987	6,764	7,223
max	0m	0,122	0,110	0,009	0,045	7,715	1,895	13,683	13,963
Sred.vr.	100m	0,108	0,106	0,008	0,014	6,351	1,435	9,280	10,983
SD	100m	0,007	0,002	0,002	0,004	0,868	0,205	1,077	2,766
min	100m	0,094	0,101	0,006	0,009	4,993	1,151	7,329	8,399
max	100m	0,118	0,109	0,010	0,025	7,735	1,779	10,610	17,553
Sred.vr.	200m	0,106	0,104	0,006	0,013	6,305	1,479	9,400	11,800
SD	200m	0,007	0,005	0,002	0,006	2,531	0,546	3,790	5,682
min	200m	0,093	0,094	0,003	0,010	3,967	1,134	7,377	6,150
max	200m	0,114	0,113	0,010	0,031	13,070	2,944	20,098	26,829

Statistički značajne korelacije, između esencijalnih mikroelemenata u uzorcima brašna na različitim rastojanjima od saobraćanice, zabeležene su između esencijalnih mikroelemenata Zn, Cu, Fe i Mn na nivou  $p < 0,01$  (tab.15) i to:

Veoma je značajna korelacija između Zn i Cu ( $r=0,871^+$ ), Zn i Fe ( $r=0,828^+$ ), Zn i Mn ( $r=0,707^+$ ), Cu i Fe ( $r=0,865^+$ ), Cu i Mn ( $r=0,759^+$ ) kao Fe i Mn ( $r=0,800^+$ ).

Sadržaj Cd u odnosu na sadržaj Zn ( $r=0,404^*$ ), kao i sadržaj Cd u odnosu na sadržaj Cu ( $r=0,434^*$ ), pokazuje korelaciju na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$ .

Zabeležena je korelacija između toksičnih elemenata Cd i Pb i esencijalnih elemenata Fe i Mn na statistički značajnom nivou  $p < 0,10$  (tab.14), kao i korelacija između Cd i Fe ( $r=0,356^{**}$ ), Cd i Mn ( $r=0,326^{**}$ ) i Pb i Mn ( $r=0,299^{**}$ ).

Tabela 15. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima brašna (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti, napisane u malim zagradama

	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Pb	0,059 (0,76)	0,069 (0,72)	-0,255 (0,17)	0,086 (0,65)	-0,074 (0,70)	0,044 (0,82)	0,299 <sup>**</sup> (0,09)
Cd		-0,001 (0,99)	-0,061 (0,75)	0,404 <sup>*</sup> (0,03)	0,434 <sup>*</sup> (0,02)	0,356 <sup>**</sup> (0,05)	0,326 <sup>**</sup> (0,08)
Hg			0,156 (0,41)	-0,188 (0,32)	-0,251 (0,18)	-0,218 (0,25)	-0,246 (0,19)
As				-0,095 (0,62)	-0,056 (0,77)	-0,150 (0,43)	-0,251 (0,18)
Zn					0,871 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )	0,828 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )	0,707 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )
Cu						0,865 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )	0,759 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )
Fe							0,800 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )

<sup>+</sup>Statistički značajan na nivou  $p<0,01$ , <sup>\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p<0,05$ , <sup>\*\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p<0,10$

Na osnovu sadržaja elemenata u uzorcima brašna (tabela 13), formirani su linearni matematički modeli za predikciju sadržaja toksičnih i esencijalnih elemenata u brašnu, u zavisnosti od udaljenosti od glavnog puta. Regresioni koeficijenti su prikazani su tabeli 16. Primećuje se da su vrednosti regresionih koeficijenata *a* statistički značajne na nivou  $p<0,01$ , a da su vrednosti koeficijenata *b* uglavnom bliske nuli i da nisu statistički značajne. Primetno je da samo vrednosti Cd i Hg rastu na većoj udaljenosti od glavne saobraćajnice, pošto su vrednosti koeficijenta *b* pozitivne (iako vrlo blizu nuli).

Tabela 16. Regresioni koeficijenti za linearni matematički model

	Nulti član				Prvi član			
	<i>a</i>	SD	<i>t</i> (28)	<i>p</i>	<i>b</i>	SD	<i>t</i> (28)	<i>p</i>
Pb	0,106	0,003	37,722	<0,01	0,000	0,000	0,163	0,872
Cd	0,106	0,001	0,000	<0,01	0,000	0,000	0,000	<0,01
Hg	0,007	0,000	0,000	<0,01	0,000	0,000	0,000	<0,01
As	0,017	0,002	7,400	<0,01	0,000	0,000	-1,186	0,246
Zn	6,375	0,496	12,859	<0,01	0,000	0,004	-0,086	0,932
Cu	1,468	0,103	14,291	<0,01	0,000	0,001	-0,026	0,979
Fe	9,440	0,723	13,061	<0,01	0,000	0,006	-0,086	0,932
Mn	10,963	1,094	10,022	<0,01	0,003	0,008	0,400	0,692

#### 4.4.1 Količine esencijalnih i toksičnih elemenata u odnosu na dnevnu potrošnju hleba od belog brašna

Žitarice, brašno i hleb predstavljaju, direktno ili indirektno, jednu od osnovnih komponenti ljudske ishrane, pa je i njihov uticaj na zdravlje ljudi veliki. Zbog značaja koje ove namirnice imaju u ljudskoj ishrani, potrebno je znati njihov mineralni sastav koji je i direktan indikator hranljive vrednosti ovih proizvoda kao i eventualnog zagađenja ovih proizvoda kao posledica zagađenja životne sredine ili posledica primenjenih agrotehničkih mera.

U Republici Srbiji je još uvek razvijena navika da se na trpezi servira jedna vrsta hleba i to je često beli hleb. Prema podacima Privredne komore Srbije (2012) prosečna dnevna potrošnja hleba i pekarskih proizvoda u Srbiji je 290 g.

Analizirajući dnevnu potrošnju hleba, kao i na osnovu preporučenog dnevnog unosa, dobijeni su podaci o dnevnom unosu esencijalnih i toksičnih elemenata, ukoliko bi konzumirali hleb koji je napravljen od analiziranog brašna. Konzumiranje belog hleba zadovoljila dnevne potrebe odraslog čoveka za bakrom oko 20%, potrebe za cinkom od oko 11%, potreba za gvožđem oko 20%.

Prema JECFA/WHO (1993), prihvatljiv dnevni unos Cd je 7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  telesne mase/nedeljno, odnosno 420  $\mu\text{g}$  za odrasle osobe. Prema proračunima, proizvodima od analiziranog brašna u organizam bi se dnevno unelo oko 35% tolerantne količine Cd. Može se smatrati da je unos Cd veoma visok, ali treba napomenuti da ovaj proračun verovatno precenjuje stvarni sadržaj Cd u mlinskim proizvodima koji se koriste za proizvodnju hleba. Naime, Chaudri i sar. (1995) ukazuju na smanjenje od 31% za sadržaj Cd u belom u odnosu na crno brašno, odnosno belo brašno potiče iz centralnih delova zrna tj. centralnih delova endosperma a tamnija brašna i mekinje su bliže površini zrna ili su na površini (mekinje) gde je sadržaj Cd udvostručen. Takođe, Brüggemann i Kumpulainen (1995), su utvrdili da je sadržaj Cd u brašnu smanjen za 2-25%, a najveći pad evidentiran je u brašnu sa najmanjim sadržajem pepela.

Prema dobijenim rezultatima, proizvodima od analiziranog brašna, bi se dnevno unelo oko 11% Pb. U odnosu na istraživanje Conti i sar. (2000), gde je unos Pb u proizvodima od brašna 1%, izračunata visoka vrednost unosa Pb može se objasniti upotrebom olovnih benzina kao i atmosferskim deponovanjem Pb na površini zrna pšenice.

Prema JECFA/WHO (1999), nedeljni unos za Hg 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  telesne mase/nedeljno, dok je prihvatljiv unos za As 2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  telesne mase/dan. Svakodnevnim unosom hleba i peciva, koji su dobijeni od analiziranog brašna u organizam bi se unelo 0,3-0,6% Hg i oko 2,5% As.

#### ***4.5 Pearson-ov koeficijent korelacije između sadržaja toksičnih i esencijalnih elementata u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu***

U tabeli 17 prikazana je korelacija između sadržaja toksičnih i esencijalnih elemenata u analiziranom zemljištu i pšenici. Statistički značajna pozitivna korelacija od 0,494 (na nivou  $p < 0,01$ ) zabeležena je između sadržaja Cd u zrnu pšenice i njegovog sadržaja u zemljištu, što ukazuje da pšenica usvaja Cd iz zemljišta, što je u saglasnosti sa tvrdnjama Adams i sar. (2004) da usvajanje Cd zavisi od njegove koncentracije u zemljištu i da se koncentracija Cd u pšenici prilično tačno može odrediti na osnovu podataka o njegovom sadržaju u zemljištu.

Pozitivan koeficijent korelacije 0,403, statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , uočen je između sadržaja Mn u pšenici i analiziranom zemljištu. Rezultati su u saglasnosti sa podacima pokazuje da je sadržaj Mn u pšenici povezan sa njegovim sadržajem u zemljištu. Milivojević i sar. (2005), što su u svojim istraživanjima utvrdili da je usvijeni Mn od strane pšenice funkcija prisutne koncentracije ovog elementa u zemljištu.

Statistički značajna negativna korelacija (na nivou  $p < 0,10$ ), zapažena je između Cu u pšenici i zemljišta (-0,355), što pokazuje da sadržaj Cu u pšenici ne potiče iz zemljišta.

Tabela 17. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti, napisane u malim zagradama

		Pšenica							
		Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Zemljište	Pb	<b>0,260</b> ( <b>0,17</b> )	0,402* (0,03)	0,105 (0,58)	0,300 (0,11)	-0,132 (0,49)	-0,491 <sup>+</sup> (<0,01)	-0,095 (0,62)	0,533 <sup>+</sup> (<0,01)
	Cd	0,360** (0,05)	<b>0,494</b> <sup>+</sup> ( <b>&lt;0,01</b> )	-0,021 (0,91)	0,037 (0,85)	-0,035 (0,85)	-0,333** (0,07)	-0,020 (0,92)	0,282 (0,13)
	Hg	0,076 (0,69)	0,553 <sup>+</sup> (<0,01)	<b>0,024</b> ( <b>0,90</b> )	-0,003 (0,99)	0,057 (0,76)	0,026 (0,89)	0,280 (0,13)	0,038 (0,84)
	As	0,386* (0,04)	-0,052 (0,79)	0,239 (0,20)	<b>-0,145</b> ( <b>0,44</b> )	-0,172 (0,36)	-0,485 <sup>+</sup> (<0,01)	-0,041 (0,83)	0,192 (0,31)
	Zn	0,137 (0,47)	0,448* (0,01)	0,025 (0,90)	0,372* (0,04)	<b>0,024</b> ( <b>0,90</b> )	-0,349** (0,06)	-0,026 (0,89)	0,595 (<0,01) <sup>+</sup>
	Cu	0,134 (0,48)	0,353** (0,06)	-0,141 (0,46)	0,447* (0,01)	0,067 (0,73)	<b>-0,355</b> ** ( <b>0,05</b> )	-0,068 (0,72)	0,495 (<0,01) <sup>+</sup>
	Fe	0,294 (0,12)	0,360** (0,05)	0,355** (0,05)	-0,110 (0,56)	-0,274 (0,14)	-0,416* (0,02)	<b>0,097</b> ( <b>0,61</b> )	0,315** (0,09)
	Mn	0,262 (0,16)	0,326** (0,08)	-0,082 (0,67)	0,321** (0,08)	0,143 (0,45)	-0,444* (0,01)	-0,239 (0,20)	<b>0,403</b> * ( <b>0,03</b> )

<sup>+</sup>Statistički značajan na nivou  $p < 0,01$ , \* Statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , \*\* Statistički značajan na nivou  $p < 0,10$

Na osnovu prikazanih Pearson-ovih koeficijenata korelacije između sadržaja ispitivanih toksičnih elemenata u celom zrnju pšenice i u mekinjama (tab. 18), postoji veoma značajna pozitivna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između Pb (0,905), kao i As (0,782) u celom zrnju i mekinjama, što ukazuje da su koncentracije Pb i As u mekinjama u direktnoj vezi sa njihovom količinom u celom zrnju pšenice.

Statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,05$ ), zabeležena je između Cd u celom zrnju i omotaču (0,423).

Na osnovu korelacije između sadržaja analiziranih esencijalnih elemenata u celom zrnu pšenice i mekinjama, postoji korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ), između sadržaja Cu u celom zrnu i mekinjama (0,675), kao i između sadržaja Mn u celom zrnu i mekinjama (0,591), što ukazuje da se najveća koncentracija akumuliranog Cu i Mn nalazi u omotaču pšenice. Takođe je uočena statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,05$ ) između Fe u pšeničnom zrnu i mekinjama (0,415).

Tabela 18. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima pšenice i mekinja (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti, napisane u malim zagradama

		Mekinjje							
		Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Pšenica	Pb	<b>0,905<sup>+</sup></b> ( <b>&lt;0,01</b> )	0,093 (0,62)	0,036 (0,85)	0,161 (0,39)	-0,237 (0,21)	-0,073 (0,72)	-0,173 (0,36)	0,024 (0,90)
	Cd	-0,094 (0,62)	<b>0,423<sup>*</sup></b> ( <b>0,02</b> )	-0,214 (0,26)	-0,023 (0,91)	-0,027 (0,89)	0,244 (0,19)	0,097 (0,61)	-0,237 (0,21)
	Hg	0,215 (0,25)	0,233 (0,22)	<b>0,101</b> ( <b>0,60</b> )	0,113 (0,55)	-0,095 (0,62)	0,249 (0,19)	-0,168 (0,38)	-0,027 (0,89)
	As	0,140 (0,46)	-0,045 (0,81)	-0,300 (0,10)	<b>0,782<sup>+</sup></b> ( <b>&lt;0,01</b> )	0,399 <sup>*</sup> (0,03)	0,374 <sup>*</sup> (0,04)	-0,026 (0,89)	0,010 (0,96)
	Zn	0,206 (0,27)	-0,353 (0,06)	-0,199 (0,29)	0,219 (0,25)	<b>0,382<sup>*</sup></b> ( <b>0,04</b> )	0,381 <sup>*</sup> (0,04)	0,279 (0,14)	-0,119 (0,53)
	Cu	0,003 (0,99)	-0,488 (0,01)	-0,053 (0,78)	-0,088 (0,64)	-0,078 (0,68)	<b>0,675<sup>+</sup></b> ( <b>&lt;0,01</b> )	0,212 (0,26)	-0,186 (0,33)
	Fe	0,001 (0,99)	-0,207 (0,27)	-0,259 (0,17)	-0,055 (0,77)	0,118 (0,54)	0,211 (0,26)	<b>0,415<sup>*</sup></b> ( <b>0,02</b> )	-0,055 (0,78)
	Mn	0,119 (0,53)	0,152 (0,42)	-0,137 (0,47)	0,301 (0,11)	0,207 (0,27)	-0,319 <sup>*</sup> (0,09)	-0,006 (0,98)	<b>0,591<sup>+</sup></b> ( <b>&lt;0,01</b> )

<sup>+</sup>Statistički značajan na nivou  $p < 0,01$ , <sup>\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , <sup>\*\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p < 0,10$

U tabeli 19 prikazani su Pearson-ovi koeficijenti korelacije između sadržaja ispitivanih elemenata u brašnu i mekinjama. Uočena je značajna pozitivna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između sadržaja As u mekinjama i brašnu (0,645), kao i statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,05$ ) između sadržaja Hg u mekinjama i brašnu (0,482), što pokazuje da je sadržaj As i Hg u brašnu u direktnoj vezi sa njihovim sadržajem u mekinjama.

Tabela 19. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, između sadržaja ispitivanih elemenata u uzorcima mekinja i brašna (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti, napisane u malim zagradama

		Brašno							
		Pb	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Mekinje	Pb	<b>-0,175</b> ( <b>0,36</b> )	0,999 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )	-0,157 (0,41)	0,165 (0,38)	0,169 (0,37)	0,085 (0,66)	-0,045 (0,81)	-0,017 (0,93)
	Cd	0,299 (0,11)	<b>0,273</b> ( <b>0,15</b> )	-0,161 (0,40)	-0,039 (0,84)	0,145 (0,45)	0,051 (0,79)	-0,096 (0,61)	-0,239 (0,20)
	Hg	0,326 <sup>**</sup> (0,08)	-0,027 (0,89)	<b>0,482</b> <sup>*</sup> ( <b>0,02</b> )	0,125 (0,51)	0,230 (0,22)	0,006 (0,97)	-0,140 (0,46)	0,069 (0,72)
	As	-0,246 (0,19)	0,418 <sup>*</sup> (0,02)	-0,235 (0,21)	<b>0,645</b> <sup>+</sup> ( <b>&lt;0,01</b> )	0,042 (0,83)	-0,304 (0,10)	-0,227 (0,23)	-0,051 (0,79)
	Zn	-0,251 (0,18)	-0,050 (0,79)	0,061 (0,75)	0,326 <sup>**</sup> (0,08)	<b>-0,101</b> ( <b>0,60</b> )	-0,194 (0,30)	-0,223 (0,24)	-0,033 (0,86)
	Cu	0,707 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )	-0,143 (0,45)	0,327 <sup>**</sup> (0,08)	-0,247 (0,19)	-0,014 (0,94)	<b>0,264</b> ( <b>0,16</b> )	-0,006 (0,97)	-0,054 (0,78)
	Fe	0,759 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )	-0,264 (0,16)	0,247 (0,19)	-0,155 (0,41)	0,129 (0,50)	0,168 (0,37)	<b>0,127</b> ( <b>0,50</b> )	-0,073 (0,70)
	Mn	0,800 <sup>+</sup> ( $<0,01$ )	-0,165 (0,38)	0,309 <sup>**</sup> (0,09)	-0,227 (0,23)	-0,064 (0,74)	0,063 (0,74)	0,028 (0,88)	<b>-0,064</b> ( <b>0,74</b> )

<sup>+</sup>Statistički značajan na nivou  $p < 0,01$ , <sup>\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , <sup>\*\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p < 0,10$



#### 4.6 ANOVA analiza uticaja promenljivih na sadržaj toksičnih i esencijalnih elemenata u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu

Uticaj promenljivih na sadržaj Pb, Cd, Hg, As, Zn, Cu, Fe i Mn u uzorcima zemljišta, zrna pšenice i njenih delova, u deset naseljenih mesta u Banatu, na različitim udaljenostima od prometnih saobraćajnica pokazuje univarijantna analiza (ANOVA), a rezultati su prikazani u tabelama 21 i 22.

U ovoj analizi ispitivan je uticaj naseljenog mesta (promenljiva "Mesto"), zatim uticaj udaljenosti od puta (promenljiva "Pozicija") i vrste uzorka – zemljište, zrno pšenice, mekinje ili brašno (promenljiva "Tip"). Za potrebe ove analize, uvedeni su kodovi (tabela 20).

Tabela 20. Tabela kodova za ANOVA analizu

Kod	Mesto	Pozicija	Tip
1	B. Monoštor	0	Zemljište
2	Čoka	100	Mekinje
3	Elemir	200	Pšenica
4	Kikinda		Brašno
5	Kumane		
6	Melenci		
7	N. Bečej		
8	Perlez		
9	Senta		
10	Tornjoš		

Najuticajnije promenljive za sadržaj Pb i As u ispivanim uzorcima su "Tip" i "Mesto" uzorka (tab.21). Najveće vrednosti zbira kvadrata razlika (SS), pokazuju koji su to članovi najuticajniji pri računanju sadržaja toksičnih elemenata u uzorcima.

Za promenljivu "Mesto" SS je  $6,1 \cdot 10^2$ , za promenljivu "Tip"  $4,7 \cdot 10^4$ , a za "Mesto×Tip" SS  $1,8 \cdot 10^3$ , što znači da zajednički uticaj "Mesta" i "Tipa" ima veći uticaj od "Mesta" na sadržaj Pb u svim uzorcima.

Najuticajnija promenljiva za sadržaj As je promenljiva "Tip", za koju je vrednost SS bila  $2,0 \cdot 10^4$ .

Promenljiva koje najviše utiče na sadržaj Cd i Hg u ispivanim uzorcima je "Tip" uzorka, dakle radi se o uzorcima zemljišta, zrna pšenice, mekinja i brašna. Iz tabele 21 uočava se, za Cd, najveća vrednost SS 0,4 a za Hg vrednost SS je  $2,9 \cdot 10^{-3}$ .

Tabela 21. ANOVA tabela– najuticajnije promenljive za toksične elemente

	dF	Pb			Cd			Hg			As		
		SS	F	p	SS	F	p	SS	F	p	SS	F	p
Nulti član	1	$1,7 \cdot 10^4$	$9,4 \cdot 10^5$	<0,01	15,0	$4,0 \cdot 10^5$	<0,01	$6,8 \cdot 10^{-2}$	$4,7 \cdot 10^4$	<0,01	$6,7 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^5$	<0,01
Mesto	9	<b><math>6,1 \cdot 10^2</math></b>	<b><math>3,8 \cdot 10^3</math></b>	<0,01	0,0	$5,2 \cdot 10^1$	<0,01	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^1$	<0,01	<b><math>1,5 \cdot 10^2</math></b>	<b><math>4,3 \cdot 10^2</math></b>	<0,01
Pozicija	2	$4,6 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^3$	<0,01	0,0	$3,3 \cdot 10^1$	<0,01	$7,7 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^1$	<0,01	2,0	$2,6 \cdot 10^1$	<0,01
Tip	3	<b><math>4,7 \cdot 10^4</math></b>	<b><math>8,8 \cdot 10^5</math></b>	<0,01	<b>0,4</b>	<b><math>3,8 \cdot 10^3</math></b>	<0,01	<b><math>2,9 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b><math>6,6 \cdot 10^2</math></b>	<0,01	<b><math>2,0 \cdot 10^4</math></b>	<b><math>1,8 \cdot 10^5</math></b>	<0,01
Mesto×Pozicija	18	$1,5 \cdot 10^1$	$4,5 \cdot 10^1$	<0,01	0,0	6,8	<0,01	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^1$	<0,01	1,3	1,9	<0,01
Mesto×Tip	27	<b><math>1,8 \cdot 10^3</math></b>	<b><math>3,7 \cdot 10^3</math></b>	<0,01	0,0	$3,9 \cdot 10^1$	<0,01	$8,5 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^1$	<0,01	<b><math>4,4 \cdot 10^2</math></b>	<b><math>4,4 \cdot 10^2</math></b>	<0,01
Pozicija×Tip	6	$1,2 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^3$	<0,01	0,0	4,3	<0,01	$7,2 \cdot 10^{-5}$	8,2	<0,01	5,3	$2,4 \cdot 10^1$	<0,01
Mesto×Pozicija× Tip	54	$4,1 \cdot 10^1$	$4,3 \cdot 10^1$	<0,01	0,0	3,4	<0,01	$7,2 \cdot 10^{-4}$	9,2	<0,01	3,6	1,8	<0,01
Greška modela	840	$1,5 \cdot 10^1$			0,0			$1,2 \cdot 10^{-3}$			$3,1 \cdot 10^1$		

dF – broj stepeni slobode, SS – zbir kvadrata razlika, F – F-test

Najuticajnije promenljive za sadržaj Zn, Fe i Mn u ispivanim uzorcima su “Tip” i “Mesto” uzorka, dakle radi se o uzorcima zemljišta, zrna pšenice, mekinja i brašna, kao i geografskom položaju odakle su uzeti uzorci (tab.22).

Za Zn, vrednost SS je  $1,7 \cdot 10^4$  za promenljivu “Mesto”,  $6,2 \cdot 10^5$  za promenljivu “Tip”, dok je za međusobni uticaj ove dve promenljive “Mesto×Tip”  $4,7 \cdot 10^4$ . Znači promenljiva “Tip” je najuticajnija na sadržaj Zn u ispitivanim uzorcima.

Za Fe, najveću vrednost SS ima promenljiva “Tip”  $9,9 \cdot 10^{10}$ , promenljiva “Mesto”  $8,4 \cdot 10^8$ , a takođe je veoma značajan međusobni uticaj ove dve promenljive gde je vrednost SS  $2,5 \cdot 10^9$ .

Za Mn, vrednost SS je  $7,3 \cdot 10^5$  za promenljivu “Mesto”,  $4,9 \cdot 10^7$  za promenljivu Tip”, dok je za međusobni uticaj ove dve promenljive “Mesto×Tip” vrednost SS  $1,2 \cdot 10^6$ .

Za sadržaj Cu u ispitivanim uzorcima najuticajnija promenljiva je “Tip” uzorka, za koju je vrednost SS bila  $5,8 \cdot 10^4$ . Takođe je međusobni uticaj “Mesto×Tip” je veoma značajan za sadržaj Cu, jer je vrednost SS bila  $4,3 \cdot 10^3$ .

Tabela 22. ANOVA tabela – najuticajnije promenljive za esencijalne elemente

	dF	Zn			Cu			Fe			Mn		
		SS	F	p	SS	F	p	SS	F	p	SS	F	p
Nulti član	1	$1,4 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^6$	<0,01	$7,3 \cdot 10^4$	$9,3 \cdot 10^5$	<0,01	$3,4 \cdot 10^{10}$	$2,8 \cdot 10^6$	<0,01	$3,9 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^7$	<0,01
Mesto	9	<b><math>1,7 \cdot 10^4</math></b>	<b><math>8,4 \cdot 10^3</math></b>	<0,01	$6,6 \cdot 10^2$	$9,4 \cdot 10^2$	<0,01	<b><math>8,4 \cdot 10^8</math></b>	<b><math>7,7 \cdot 10^3</math></b>	<0,01	<b><math>7,3 \cdot 10^5</math></b>	<b><math>4,7 \cdot 10^4</math></b>	<0,01
Pozicija	2	$1,1 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3$	<0,01	$1,2 \cdot 10^1$	$7,9 \cdot 10^1$	<0,01	$1,4 \cdot 10^7$	$5,8 \cdot 10^2$	<0,01	$1,2 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^3$	<0,01
Tip	3	<b><math>6,2 \cdot 10^5</math></b>	<b><math>9,1 \cdot 10^5</math></b>	<0,01	<b><math>5,8 \cdot 10^4</math></b>	<b><math>2,5 \cdot 10^5</math></b>	<0,01	<b><math>9,9 \cdot 10^{10}</math></b>	<b><math>2,7 \cdot 10^6</math></b>	<0,01	<b><math>4,9 \cdot 10^7</math></b>	<b><math>9,4 \cdot 10^6</math></b>	<0,01
Mesto×Pozicija	18	$7,6 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^3$	<0,01	$2,6 \cdot 10^2$	$1,9 \cdot 10^2$	<0,01	$1,5 \cdot 10^7$	$7,0 \cdot 10^1$	<0,01	$4,7 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	<0,01
Mesto×Tip	27	<b><math>4,7 \cdot 10^4</math></b>	<b><math>7,6 \cdot 10^3</math></b>	<0,01	<b><math>4,3 \cdot 10^3</math></b>	<b><math>2,1 \cdot 10^3</math></b>	<0,01	<b><math>2,5 \cdot 10^9</math></b>	<b><math>7,7 \cdot 10^3</math></b>	<0,01	<b><math>1,2 \cdot 10^6</math></b>	<b><math>2,6 \cdot 10^4</math></b>	<0,01
Pozicija×Tip	6	$3,1 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^3$	<0,01	$4,8 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^2$	<0,01	$4,3 \cdot 10^7$	$5,8 \cdot 10^2$	<0,01	$1,5 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^3$	<0,01
Mesto×Pozicija×Tip	54	$1,7 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^3$	<0,01	$4,8 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	<0,01	$4,6 \cdot 10^7$	$7,0 \cdot 10^1$	<0,01	$1,3 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^3$	<0,01
Greška modela	840	$1,9 \cdot 10^2$			$6,6 \cdot 10^1$			$1,0 \cdot 10^7$			$1,4 \cdot 10^3$		

dF – broj stepeni slobode, SS – zbir kvadrata razlika, F – F-test

#### **4.7 Analiza glavnih komponenata**

U tabeli 23, prikazan je koeficijent korelacije, za Pb, između uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta, na različitim udaljenostima od saobraćajnice (na 0, 100 i 200 m). Korelacionom analizom utvrđeno je da postoji jaka veza pozitivnog smera (0,663) između koncentracije Pb u uzorcima brašna (na 0 m i 100 m).

Utvrđena je korelacija (0,633) između koncentracije Pb u brašnu (100 m) i mekinjama (0 m), kao i korelacija (0,651) između Pb u brašnu (100 m) i pšenici (0m) što ukazuje da je koncentracija Pb u brašnu u direktnoj vezi sa njegovom količinom u mekinjama i pšenici.

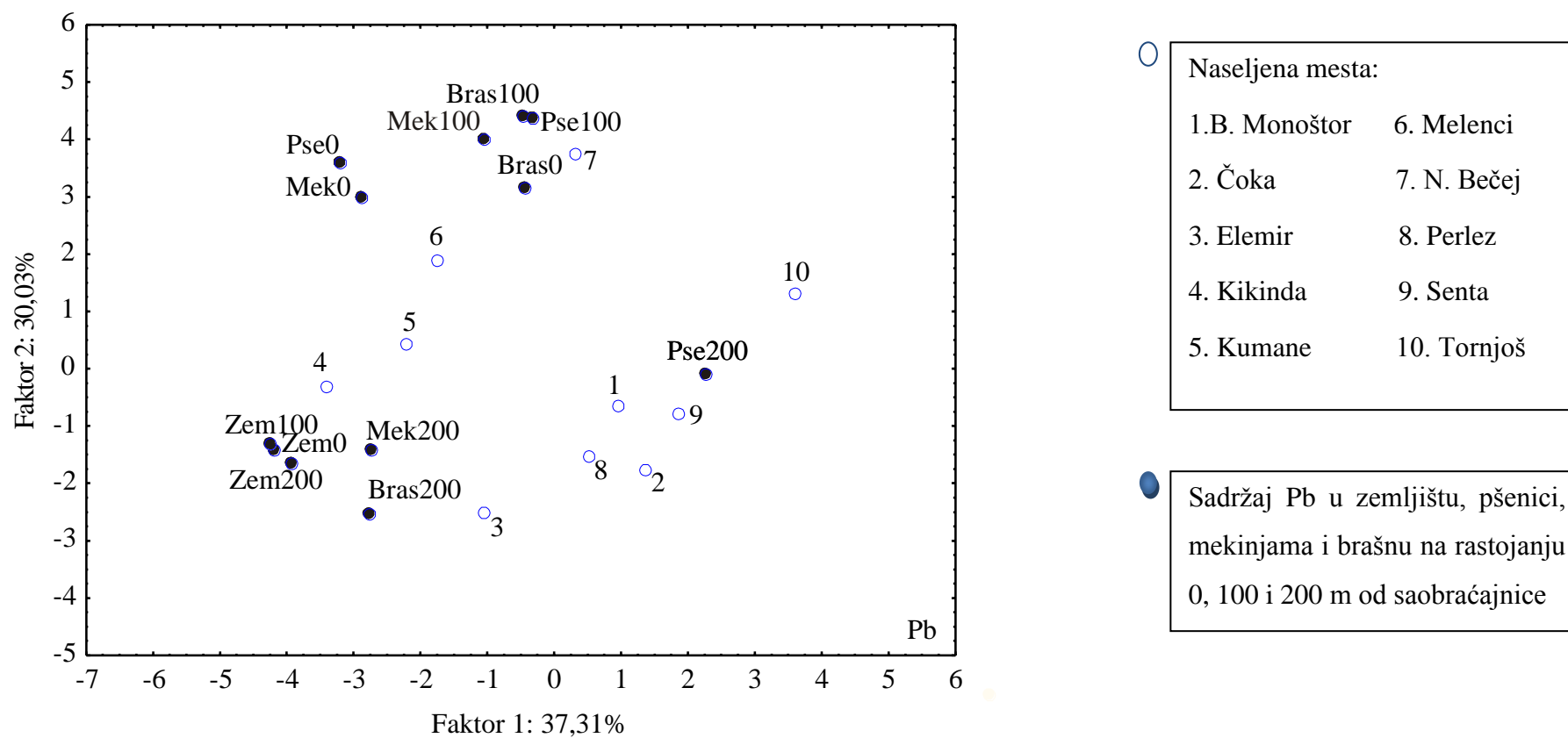
Uočena je statistički značajna pozitivna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između koncentracije Pb u mekinjama i pšenici (0,860), na rastojanju 0 m, kao značajna pozitivna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između sadržaja Pb u mekinjama na 100 m i pšenici na 100 m (0,925) što pokazuje da je koncentracija Pb u mekinjama u vezi sa njegovom koncentracijom u celom zrnju pšenice.

Zabeležena je statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između koncentracija Pb u uzorcima zemljišta, na rastojanju 0 i 100 m (0,994), na rastojanju 0 i 200 m (0,949) kao i na rastojanju 100 i 200 m (0,963).

Na slici 11 prikazan je biplot za sadržaj Pb u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu u zavisnosti od udaljenosti od saobraćajnice, na kome se uočava da je najveća koncentracija Pb u zemljištu na lokalitetu Kikinde. Najveći sadržaj Pb u zemljištu na rastojanju 0 i 100 m od saobraćajnice je posledica blizine AD Livnice "Kikinda".

Tabela 23. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, za Pb, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti

<b>Pb</b>	Bras100	Bras200	Mek0	Mek100	Mek200	Pse0	Pse100	Pse200	Zem0	Zem100	Zem200
Bras0	<b>0,663</b> p=0,037	0,140 p=0,699	0,352 p=0,319	0,223 p=0,536	-0,253 p=0,481	0,521 p=0,123	0,255 p=0,478	0,217 p=0,547	-0,080 p=0,825	-0,060 p=0,869	-0,100 p=0,784
Bras100		-0,211 p=0,559	<b>0,633</b> p=0,049	0,384 p=0,274	0,082 p=0,822	<b>0,651</b> p=0,041	0,494 p=0,146	0,008 p=0,982	-0,172 p=0,635	-0,171 p=0,637	-0,332 p=0,348
Bras200			0,172 p=0,634	-0,363 p=0,302	0,399 p=0,253	0,079 p=0,829	-0,439 p=0,205	0,073 p=0,841	0,708 p=0,022	0,706 p=0,023	0,641 p=0,046
Mek0				0,373 p=0,288	0,223 p=0,537	<b>0,860</b> p=0,001	0,351 p=0,321	-0,411 p=0,238	0,385 p=0,271	0,394 p=0,260	0,260 p=0,467
Mek100					-0,205 p=0,570	0,603 p=0,065	<b>0,925</b> p=0,000	-0,040 p=0,913	0,102 p=0,779	0,138 p=0,704	0,136 p=0,709
Mek200						0,237 p=0,510	-0,181 p=0,617	-0,469 p=0,172	0,570 p=0,085	0,553 p=0,097	0,410 p=0,239
Pse0							0,523 p=0,121	-0,487 p=0,153	0,432 p=0,212	0,462 p=0,179	0,388 p=0,268
Pse100								0,029 p=0,938	-0,077 p=0,833	-0,065 p=0,859	-0,114 p=0,754
Pse200									-0,299 p=0,402	-0,321 p=0,366	-0,363 p=0,303
Zem0										<b>0,994</b> p=0,000	<b>0,949</b> p=0,000
Zem100											<b>0,963</b> p=0,000



Slika 11. Biplot za sadržaj Pb u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta

Koeficijent korelacije za Cd, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta na različitim rastojanjima od puta (0, 100 i 200 m) prikazan je u tabeli 24. Koncentracija Cd u brašnu i mekinjama (0 m), je u pozitivnoj korelaciji (0,728), na statistički značajnom nivou ( $p < 0,05$ ).

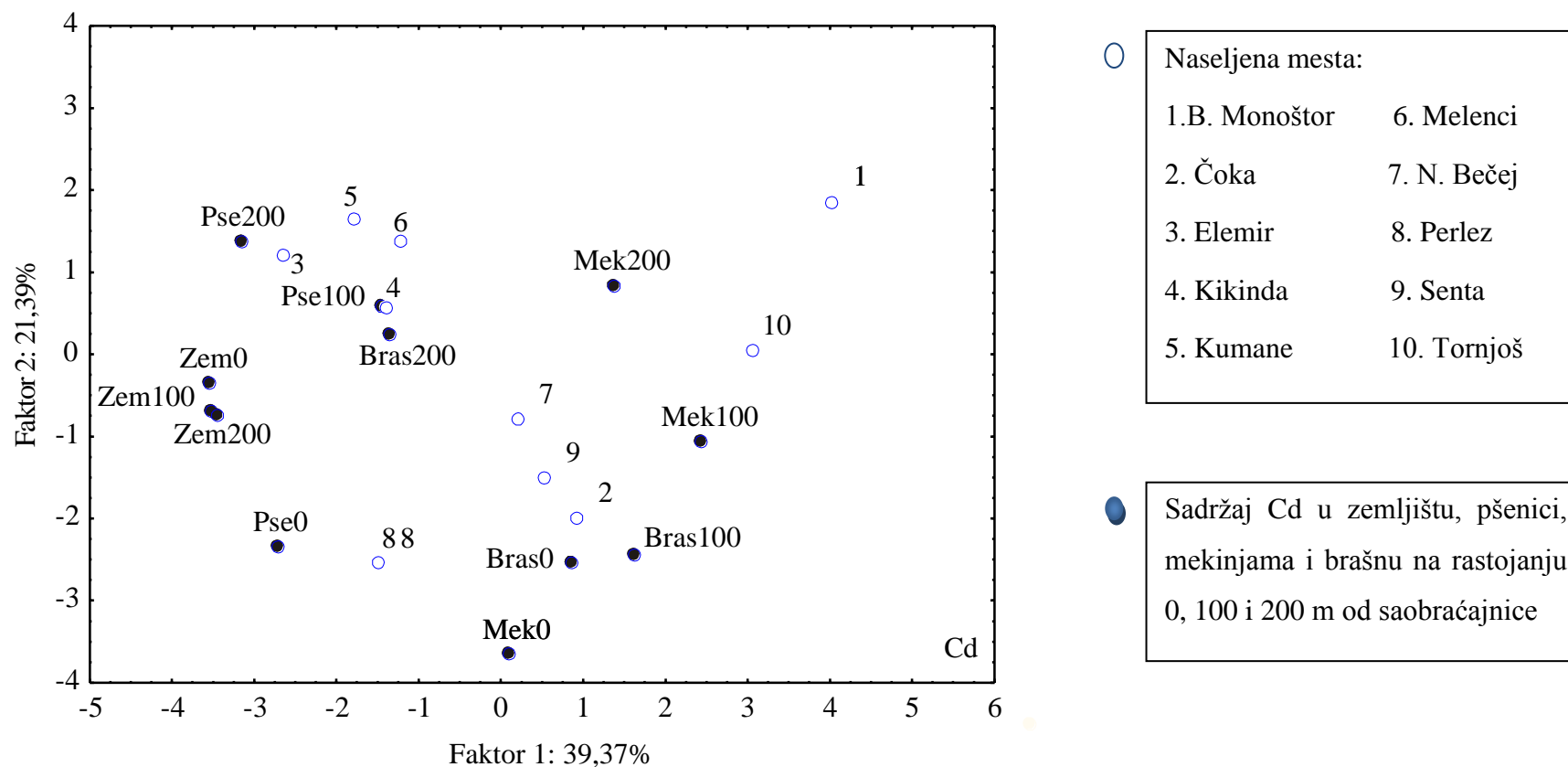
Na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$ , utvrđena je pozitivna korelacija između sadržaja Cd u mekinjama i pšenici, na rastojanju 0 m od puta, kao i negativna korelacija između koncentracija Cd u mekinjama, na rastojanju 100 m, i pšenice na rastojanju 200 m od puta (-0,721). Sadržaj Cd u pšenici na 0 m, je u značajnoj korelaciji sa njegovim sadržajem u zemljištu na 0, 100 i 200 m udaljenosti od puta (0,655, 0,691, 0,663), što ukazuje da pšenica usvaja Cd iz zemljišta. Statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između koncentracije Cd u zemljištu na rastojanju 0 m i 100 m (0,968), na 0 m i 200 m (0,963), kao i na rastojanju 100 i 200 m (0,993).

Prema slici 12, na kojoj je prikazan biplot za sadržaj Cd u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta, uočava se da je najveća koncentracija Cd u pšenici na rastojanju 100 m od puta, na lokalitetu Kikinda. Takođe je uočena i veća koncentracija Cd u pšenici na rastojanju 200 m od puta, na lokalitetu Elemira, što je verovatno posledica njegovog prisustva u zemljištu u blizini Livnice Kikinda i Fabrike sintetičkog kaučuka-Elemir. Toksični elementi koji se emituju iz ovih industrijskih postrojenja padaju u izmenjenom ili neizmenjenom obliku na površinu zemljišta, odakle ih biljke apsorbuju i akumuliraju u svoja tkiva i organe.



Tabela 24. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, za Cd, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti

<b>Cd</b>	Bras100	Bras200	Mek0	Mek100	Mek200	Pse0	Pse100	Pse200	Zem0	Zem100	Zem200
Bras0	0,189	-0,178	<b>0,728</b>	0,213	-0,085	0,278	-0,050	-0,190	-0,281	-0,159	-0,188
	p=0,602	p=0,623	p=0,017	p=0,556	p=0,815	p=0,437	p=0,892	p=0,598	p=0,432	p=0,662	p=0,603
Bras100		-0,012	0,616	0,414	0,191	0,129	-0,227	<b>-0,637</b>	-0,295	-0,240	-0,183
		p=0,973	p=0,058	p=0,234	p=0,598	p=0,722	p=0,528	p=0,048	p=0,408	p=0,504	p=0,612
Bras200			-0,034	-0,354	0,184	0,303	0,153	0,213	0,179	0,290	0,262
			p=0,925	p=0,316	p=0,610	p=0,395	p=0,673	p=0,554	p=0,620	p=0,416	p=0,465
Mek0				0,153	-0,050	<b>0,651</b>	-0,052	-0,298	0,035	0,115	0,106
				p=0,673	p=0,891	p=0,041	p=0,886	p=0,403	p=0,924	p=0,752	p=0,772
Mek100					-0,196	-0,419	-0,343	<b>-0,721</b>	-0,442	-0,383	-0,329
					p=0,587	p=0,228	p=0,332	p=0,019	p=0,201	p=0,274	p=0,353
Mek200						-0,266	-0,100	-0,224	-0,400	-0,346	-0,390
						p=0,457	p=0,783	p=0,533	p=0,252	p=0,327	p=0,265
Pse0							0,375	0,378	<b>0,655</b>	<b>0,691</b>	<b>0,663</b>
							p=0,285	p=0,282	p=0,040	p=0,027	p=0,037
Pse100								0,534	0,112	0,109	0,094
								p=0,112	p=0,758	p=0,765	p=0,796
Pse200									<b>0,629</b>	0,609	0,592
									p=0,051	p=0,062	p=0,071
Zem0										<b>0,968</b>	<b>0,963</b>
										p=0,000	p=0,000
Zem100											<b>0,993</b>
											p=0,000



Slika 12. Biplot za sadržaj Cd u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta

Korelacijskom analizom sadržaja Hg, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta) utvrđena je statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,05$ ) između sadržaja Hg u brašnu i mekinjama na 0 m (0,734). Takođe je uočena statistički značajna korelacija između sadržaja Hg, u brašnu na 200 m i mekinjama na 0 m (0,755) i brašnu i mekinjama na 200 m (0,662) što ukazuje da je koncentracija Hg u brašnu u direktnoj vezi sa njenim sadržajem u mekinjama.

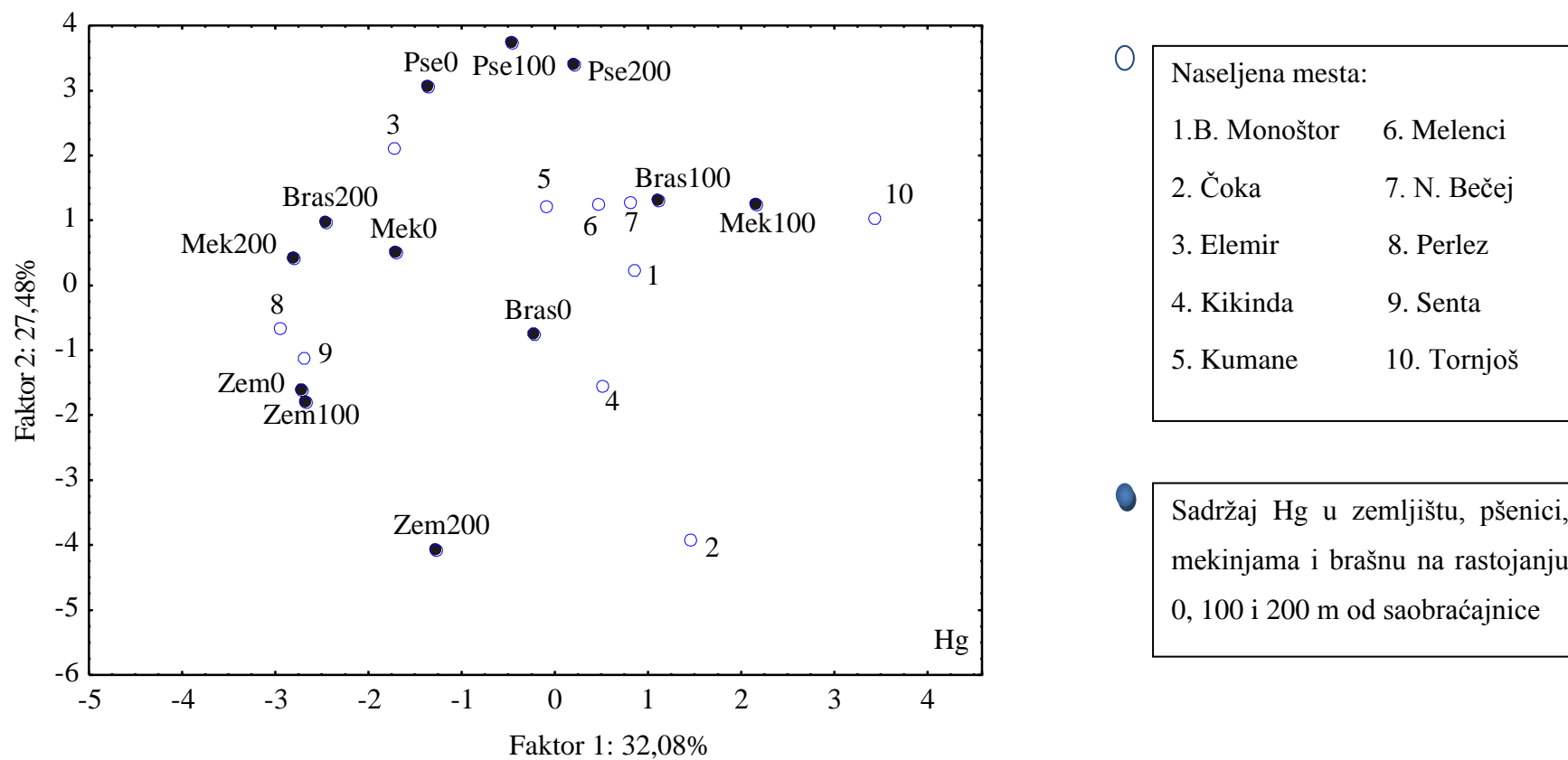
Statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) utvrđena je između sadržaja Hg u pšenici na 0 i 100m (0,832).

Na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$ , uočena je korelacija između sadržaja Hg u pšenici na rastojanju 0 i 200 m (0,642) kao i na rastojanju 100 i 200 m (0,761) što pokazuje da koncentracija Hg u pšenice ne zavisi od udaljenosti od saobraćajnice.

Biplot za sadržaj Hg u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu u zavisnosti od udaljenosti od saobraćajnice prikazan je na slici 13, na kome se uočava da je najveća koncentracija Hg u zemljištu na udaljenosti 0 i 100 m od puta utvrđen je na lokalitetu Sente i Perleza, najveća koncentracija Hg u pšenici na rastojanju 0 m utvrđena na lokalitetu Elemira, dok je najveća koncentracija Hg u brašnu (100 m) izmerena u Novom Bečeju (slika 13).

Tabela 25. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, za Hg, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti

Hg	Bras100	Bras200	Mek0	Mek100	Mek200	Pse0	Pse100	Pse200	Zem0	Zem100	Zem200
Bras0	0,067	0,335	<b>0,734</b>	-0,401	0,107	-0,165	-0,352	-0,093	-0,279	-0,299	-0,237
	p=0,854	p=0,343	p=0,016	p=0,250	p=0,770	p=0,649	p=0,319	p=0,798	p=0,435	p=0,402	p=0,510
Bras100		0,151	-0,010	0,529	-0,175	0,057	0,295	0,149	-0,367	-0,219	-0,204
		p=0,677	p=0,978	p=0,116	p=0,628	p=0,876	p=0,408	p=0,682	p=0,297	p=0,543	p=0,571
Bras200			<b>0,755</b>	-0,189	<b>0,662</b>	0,383	0,321	0,232	0,483	0,516	0,126
			p=0,012	p=0,601	p=0,037	p=0,275	p=0,366	p=0,519	p=0,157	p=0,127	p=0,729
Mek0				-0,495	0,465	0,170	0,060	0,204	0,095	0,081	-0,115
				p=0,146	p=0,176	p=0,639	p=0,868	p=0,571	p=0,794	p=0,824	p=0,751
Mek100					-0,520	-0,028	0,360	0,324	-0,398	-0,331	-0,338
					p=0,123	p=0,938	p=0,307	p=0,360	p=0,255	p=0,350	p=0,340
Mek200						0,597	0,357	-0,036	0,552	0,621	0,066
						p=0,069	p=0,311	p=0,920	p=0,098	p=0,055	p=0,855
Pse0							<b>0,832</b>	<b>0,642</b>	0,267	0,184	-0,354
							p=0,003	p=0,045	p=0,456	p=0,611	p=0,316
Pse100								<b>0,761</b>	0,071	0,063	-0,523
								p=0,011	p=0,845	p=0,863	p=0,121
Pse200									-0,084	-0,279	-0,505
									p=0,817	p=0,436	p=0,136
Zem0										<b>0,937</b>	<b>0,631</b>
										p=0,000	p=0,051
Zem100											0,620
											p=0,056



Slika 13. Biplot za sadržaj Hg u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta

U tabeli 26, prikazan je koeficijent korelacije (analiza Pearson koeficijenta) između sadržaja As između različitih uzoraka zemljišta, pšenice, mekinja i brašna na različitim rastojanjima od saobraćajnice (0, 100 i 200m).

Statistički značajna pozitivna korelacija, na nivou  $p < 0,01$ , zapažena je između koncentracije As u zemljištu na 0 m i koncentracije As u zemljištu na 100 m i 200 m (0,987 i 0,982), kao i između koncentracije As u zemljištu na 100 m i 200 m (0,997).

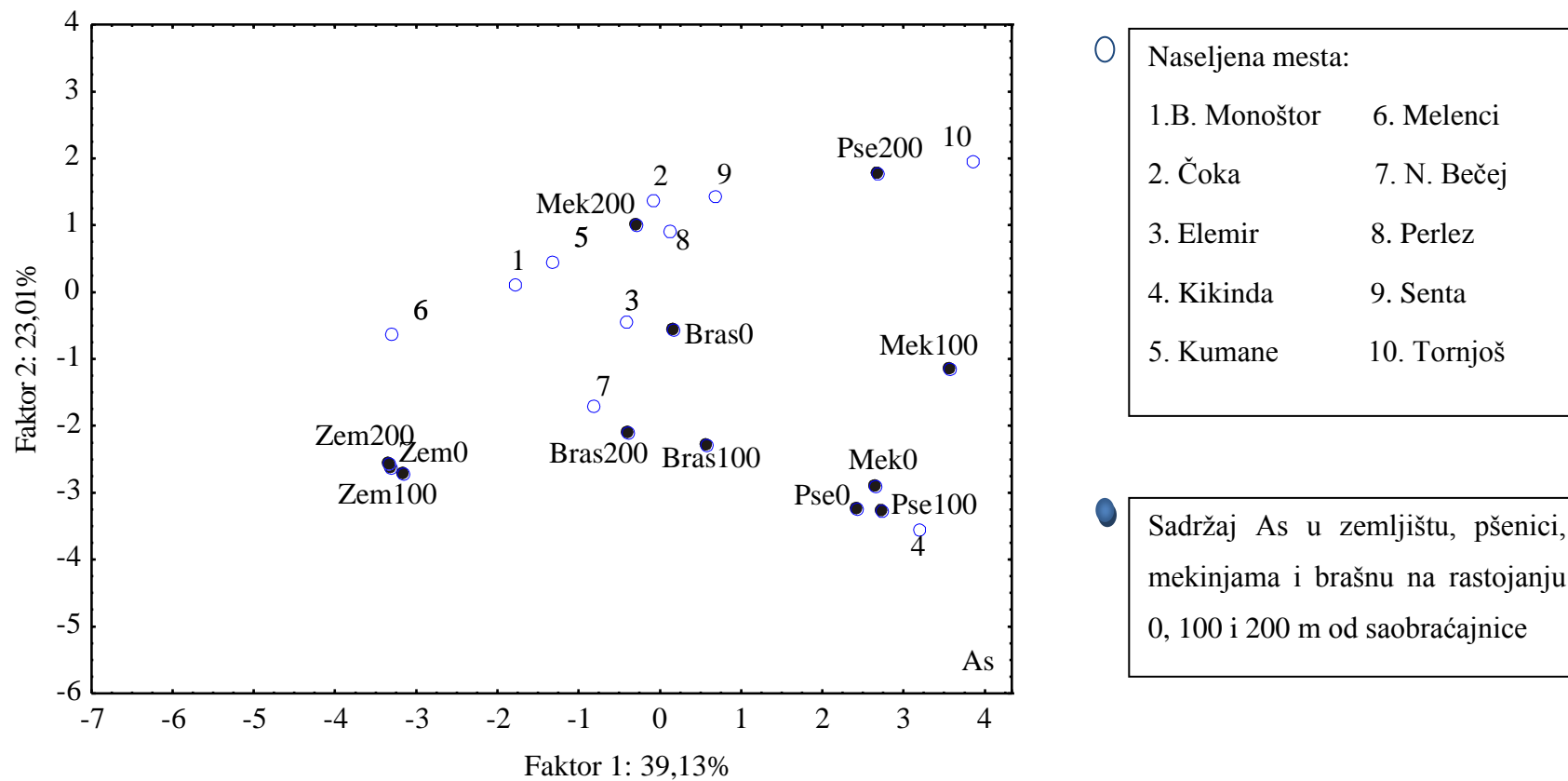
Koncentracija As u pšenici na 0 m od saobraćajnice je pozitivnoj je korelaciji sa koncentracijom As u pšenici na 100 m od saobraćajnice (0,953), na statistički značajnom nivou  $p < 0,01$ .

Pozitivan koeficijent korelacije 0,839, na statistički značajnom nivou  $p < 0,01$ , uočen je između sadržaja As u mekinjama i pšenici, na 0 m od saobraćajnice, između sadržaja As u mekinjama na 0 m i As u pšenici na 100 m od saobraćajnice (0,948), kao i korelacija između As u mekinjama na 100 m i As u pšenici na 100 m i 200 m (0,758 i 0,795) što ukazuje da je najveća koncentracija akumuliranog As u mekinjama.

Na slici 14 prikazan je biplot za sadržaj As u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu u zavisnosti od udaljenosti od saobraćajnice. Sa slike 14 može se uočiti da, uzorci pšenice koji su uzeti na rastojanju 0 m i 100 m od saobraćajnice, na lokalitetu Kikinde, imaju najveću koncentraciju As. Uočen je takođe i veći sadržaj As u mekinjama (100 m) na istom lokalitetu. Na lokalitetu Čoka i Perlez zabeležen je najveći sadržaj As u uzorcima mekinjama na rastojanju 200m od saobraćajnice.

Tabela 26. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, za As, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti

As	Bras100	Bras200	Mek0	Mek100	Mek200	Pse0	Pse100	Pse200	Zem0	Zem100	Zem200
Bras0	0,069	-0,200	-0,219	0,298	-0,061	0,261	0,056	-0,118	0,046	0,008	0,010
	p=0,850	p=0,579	p=0,544	p=0,404	p=0,868	p=0,467	p=0,878	p=0,746	p=0,900	p=0,982	p=0,978
Bras100		<b>0,873</b>	0,224	0,189	-0,145	0,147	0,254	0,126	0,003	0,024	-0,010
		p=0,001	p=0,534	p=0,602	p=0,689	p=0,686	p=0,479	p=0,729	p=0,994	p=0,947	p=0,978
Bras200			0,063	-0,056	-0,263	-0,072	0,061	0,054	0,167	0,213	0,201
			p=0,862	p=0,879	p=0,464	p=0,844	p=0,867	p=0,883	p=0,646	p=0,555	p=0,578
Mek0				0,694	-0,049	<b>0,839</b>	<b>0,948</b>	0,236	-0,174	-0,223	-0,239
				p=0,026	p=0,894	p=0,002	p=0,000	p=0,511	p=0,630	p=0,536	p=0,506
Mek100					-0,105	<b>0,758</b>	<b>0,795</b>	0,583	-0,549	-0,603	-0,606
					p=0,774	p=0,011	p=0,006	p=0,077	p=0,100	p=0,065	p=0,063
Mek200						-0,057	-0,132	0,351	0,107	0,072	0,031
						p=0,875	p=0,715	p=0,320	p=0,769	p=0,844	p=0,933
Pse0							<b>0,953</b>	0,091	-0,075	-0,126	-0,128
							p=0,000	p=0,803	p=0,837	p=0,729	p=0,724
Pse100								0,186	-0,151	-0,199	-0,208
								p=0,608	p=0,677	p=0,581	p=0,564
Pse200									-0,661	-0,710	-0,723
									p=0,037	p=0,021	p=0,018
Zem0										<b>0,987</b>	<b>0,982</b>
										p=0,000	p=0,000
Zem100											<b>0,997</b>
											p=0,000



Slika 14. Biplot za sadržaj As u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta



Veoma značajna pozitivna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) zabeležena je između sadržaja Zn, u brašnu i mekinjama na rastojanju 0 m od puta (0,852), u brašnu i pšenici na rastojanju 0 m od puta (0,920), u brašnu na 200 m i pšenici na 100 m (0,932).

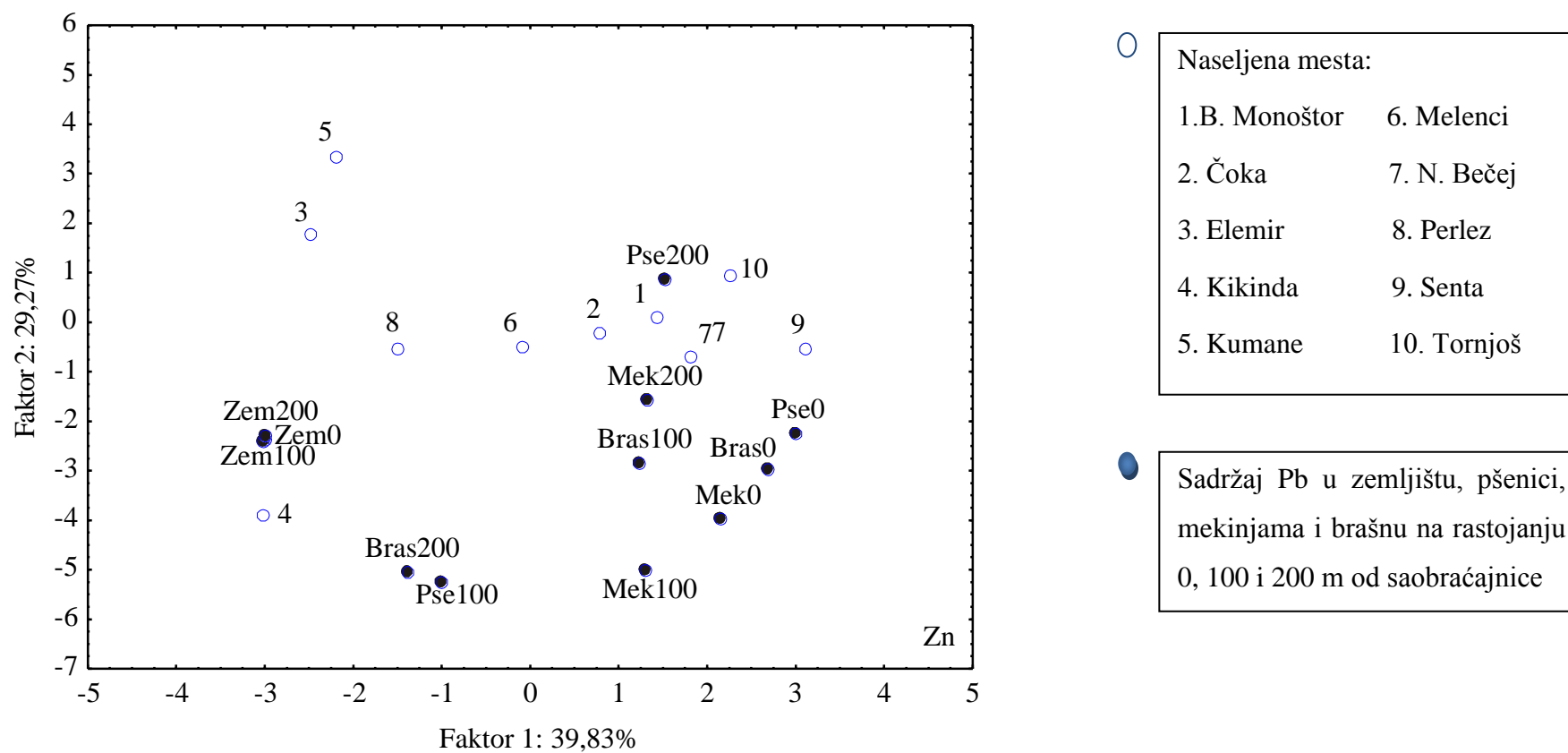
Takođe je uočena korelacija između koncentracije Zn u mekinjama i pšenici na rastojanju 0 m od puta (0,810) što pokazuje da je sadržaj Zn u brašnu i mekinjama u vezi sa njegovim sadržajem u pšenici.

Statistički veoma značajna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) utvrđena je između koncentracije Zn u zemljišta na rastojanjima 0 i 100 m i 0 i 200 m (0,994 i 0,993).

Na slici 15 prikazan je biplot za sadržaj Zn u brašnu, mekinjama, pšenici i zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta, gde uočavamo da je najveća koncentracija Zn u zemljištu (0 i 100 m od puta) na lokalitetu Kikinde.

Tabela 27. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, za Zn, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti

Zn	Bras100	Bras200	Mek0	Mek100	Mek200	Pse0	Pse100	Pse200	Zem0	Zem100	Zem200
Bras0	0,423	-0,048	<b>0,852</b>	0,597	0,428	<b>0,920</b>	0,036	0,150	-0,379	-0,382	-0,376
	p=0,223	p=0,896	p=0,002	p=0,069	p=0,218	p=0,000	p=0,922	p=0,679	p=0,280	p=0,276	p=0,284
Bras100		0,307	0,339	0,309	0,033	0,401	0,341	0,597	-0,085	-0,091	-0,162
		p=0,388	p=0,338	p=0,384	p=0,928	p=0,251	p=0,334	p=0,069	p=0,816	p=0,803	p=0,654
Bras200			0,190	0,533	-0,018	-0,158	<b>0,932</b>	-0,181	0,549	0,561	0,508
			p=0,599	p=0,113	p=0,960	p=0,664	p=0,000	p=0,617	p=0,100	p=0,092	p=0,134
Mek0				<b>0,791</b>	0,228	<b>0,810</b>	0,206	-0,102	-0,271	-0,235	-0,242
				p=0,006	p=0,526	p=0,005	p=0,569	p=0,778	p=0,449	p=0,513	p=0,501
Mek100					0,188	0,507	0,620	0,014	-0,101	-0,071	-0,081
					p=0,603	p=0,134	p=0,056	p=0,969	p=0,782	p=0,845	p=0,824
Mek200						0,553	0,134	0,122	-0,112	-0,196	-0,112
						p=0,097	p=0,712	p=0,736	p=0,759	p=0,588	p=0,759
Pse0							-0,030	0,154	-0,526	-0,542	-0,522
							p=0,935	p=0,670	p=0,119	p=0,106	p=0,122
Pse100								-0,119	0,478	0,473	0,436
								p=0,742	p=0,162	p=0,167	p=0,207
Pse200									-0,394	-0,429	-0,436
									p=0,259	p=0,216	p=0,207
Zem0										<b>0,994</b>	<b>0,993</b>
										p=0,000	p=0,000
Zem100											<b>0,991</b>
											p=0,000



Slika 15. Biplot za sadržaj Zn u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta

U tabeli 28 prikazani su Pearson-ovi koeficijenti korelacije, za Cu između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta, na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta.

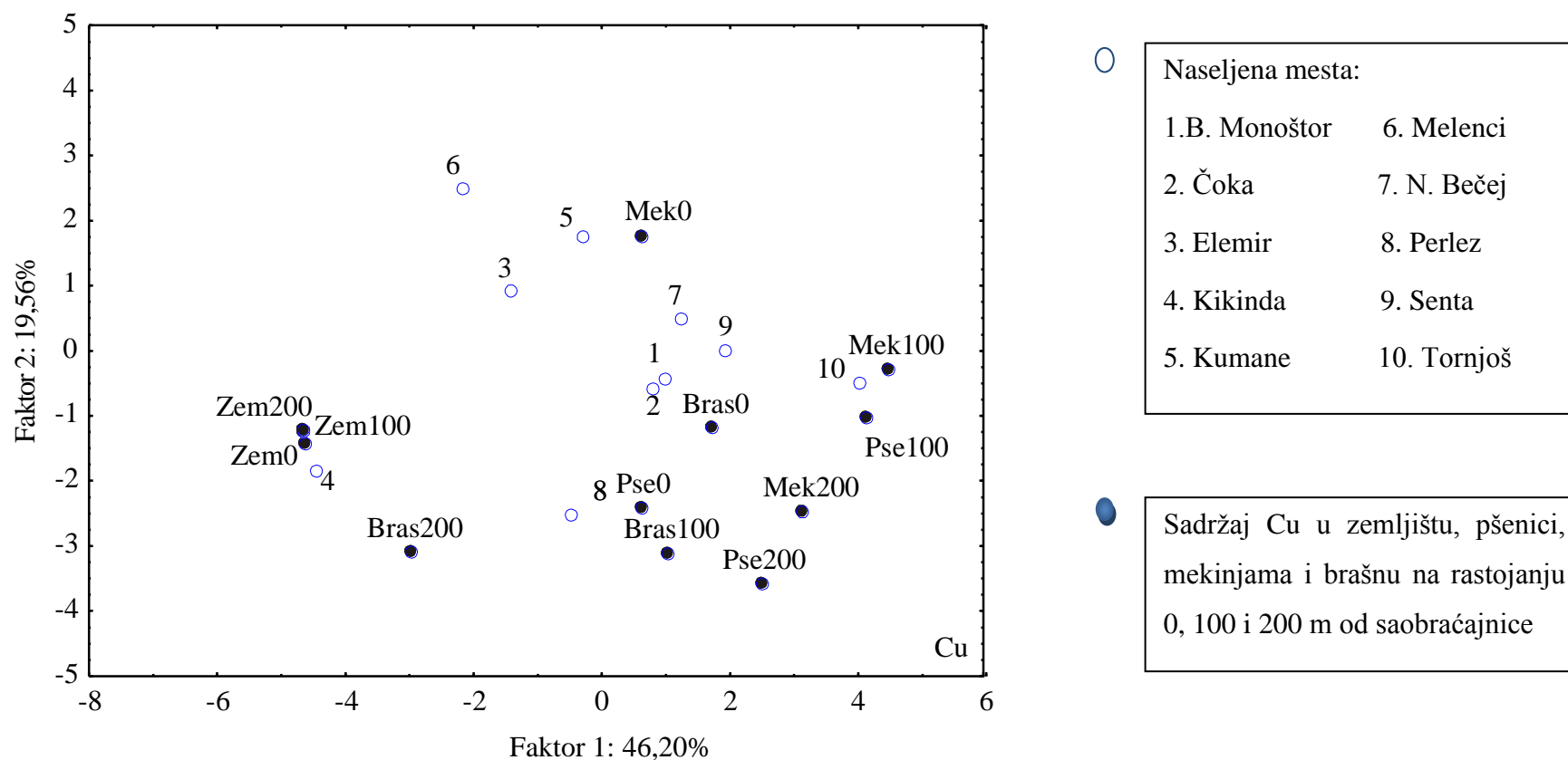
Uočena je negativna korelacija, na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$ , između sadržaja Cu, u mekinjama na rastojanju 100 m i zemljištu na 0, 100 i 200 m (-0,840, -0,851 i -0,863), kao i između sadržaja Cu u pšenici i zemljištu na 0, 100 i 200 m (-0,745, -0,745 i -0,737). Dobijeni rezultati ukazuju da pšenica ne usvaja Cu iz zemljišta.

Takođe je uočena korelacija, na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$  između sadržaja Cu u mekinjama na rastojanju 100 m i pšenici na 100 m (0,850), što pokazuje da je sadržaj Cu u mekinjama u vezi sa njegovim sadržajem u celom zrnju pšenice.

Na slici 16 prikazan je biplot za sadržaj Cu u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta. Uočava se najveća koncentracija Cu u zemljištu na rastojanju 0 m od saobraćajnice, na lokalitetu Kikinde. I u ovom slučaju izražen je uticaj blizine industrijske zone na sadržaj Cu u zemljištu.

Tabela 28. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, za Cu, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti

<b>Cu</b>	Bras100	Bras200	Mek0	Mek100	Mek200	Pse0	Pse100	Pse200	Zem0	Zem100	Zem200
Bras0	-0,022	0,030	0,467	0,116	0,279	0,629	0,227	0,294	-0,297	-0,314	-0,256
	p=0,953	p=0,934	p=0,174	p=0,749	p=0,434	p=0,051	p=0,529	p=0,411	p=0,405	p=0,377	p=0,476
Bras100		0,217	-0,526	0,323	0,261	-0,004	0,437	0,441	-0,004	-0,045	-0,060
		p=0,548	p=0,119	p=0,363	p=0,467	p=0,992	p=0,207	p=0,202	p=0,991	p=0,903	p=0,870
Bras200			-0,079	-0,515	-0,116	0,461	-0,348	0,049	0,248	0,204	0,227
			p=0,829	p=0,128	p=0,750	p=0,180	p=0,325	p=0,893	p=0,013	p=0,023	p=0,017
Mek0				-0,025	0,015	0,500	-0,102	-0,328	-0,271	-0,297	-0,258
				p=0,946	p=0,967	p=0,141	p=0,779	p=0,354	p=0,448	p=0,404	p=0,471
Mek100					0,487	0,105	<b>0,850</b>	0,478	<b>-0,840</b>	<b>-0,851</b>	<b>-0,862</b>
					p=0,153	p=0,772	p=0,002	p=0,162	p=0,002	p=0,002	p=0,001
Mek200						0,281	0,469	0,868	-0,447	-0,475	-0,504
						p=0,432	p=0,172	p=0,001	p=0,195	p=0,165	p=0,137
Pse0							0,187	0,293	0,019	-0,017	0,026
							p=0,605	p=0,412	p=0,958	p=0,963	p=0,943
Pse100								0,456	<b>-0,745</b>	<b>-0,745</b>	<b>-0,737</b>
								p=0,185	p=0,014	p=0,014	p=0,015
Pse200									-0,254	-0,277	-0,301
									p=0,479	p=0,439	p=0,398
Zem0										<b>0,996</b>	<b>0,993</b>
										p=0,000	p=0,000
Zem100											<b>0,997</b>
											p=0,000



Slika 16. Biplot za sadržaj Cu u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta

Pearson-ovom korelacionom analizom utvrđeno je da postoji jaka pozitivna veza (0,633, 0,678 i 0,687) između koncentracije Fe u pšenici na 100 m i zemljištu na 0, 100 i 200 m (tabela 29), što ukazuje da pšenica usvaja Fe iz zemljišta.

Statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,05$ ) uočena je između koncentracije Fe u mekinjama na 100 m i pšenici na 0 m (0,665), kao i pozitivna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između sadržaja Fe u brašnu i pšenici na 0 m (0,795), što pokazuje da je akumulacija Fe u omotaču zrna najveća.

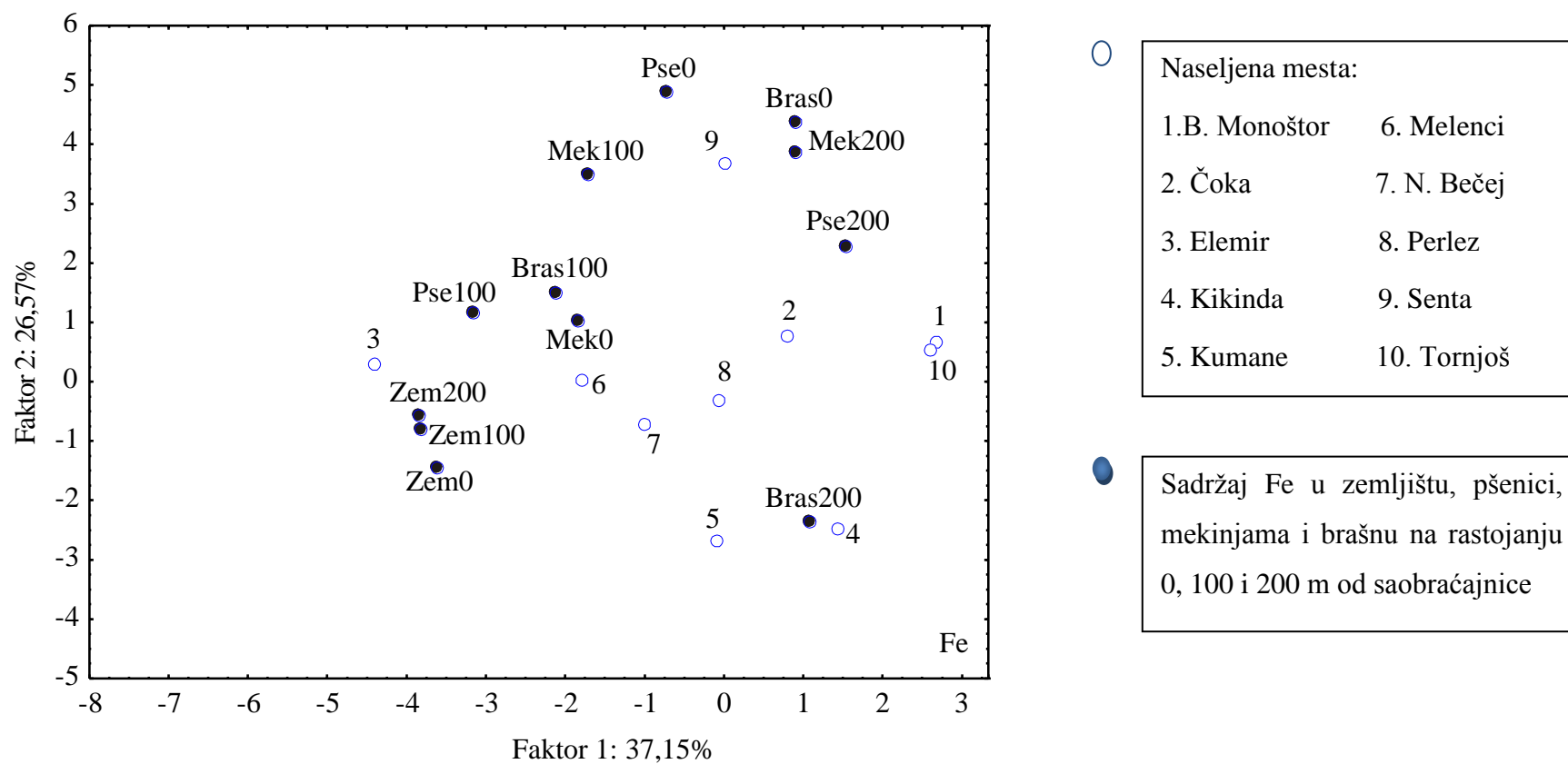
Sa slike 17, na kojoj je prikazan biplot za sadržaj Fe u brašnu, mekinjama, pšenici i zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta, uočava se najveća koncentracija Fe u zemljištu na lokalitetu Elemir, dok je u brašnu na 200 m najveća koncentracija Fe zabeležena u Kikindi.

Na lokalitetu Sente izmeren je najveći sadržaj Fe u uzorku brašna (0 m), kao i u mekinjama (200 m).

Tabela 29. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, za Fe, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti

Fe	Bras100	Bras200	Mek0	Mek100	Mek200	Pse0	Pse100	Pse200	Zem0	Zem100	Zem200
Bras0	0,044	-0,194	0,134	0,396	<b>0,659</b>	<b>0,795</b>	-0,146	0,120	-0,443	-0,268	-0,249
	p=0,904	p=0,591	p=0,713	p=0,258	p=0,038	p=0,006	p=0,687	p=0,742	p=0,200	p=0,453	p=0,488
Bras100		<b>-0,675</b>	-0,296	0,023	0,175	0,353	0,573	-0,032	0,425	0,463	0,506
		p=0,032	p=0,406	p=0,950	p=0,629	p=0,317	p=0,083	p=0,930	p=0,221	p=0,178	p=0,136
Bras200			0,105	-0,156	-0,147	-0,390	-0,250	-0,169	-0,050	-0,134	-0,223
			p=0,773	p=0,667	p=0,685	p=0,265	p=0,486	p=0,641	p=0,891	p=0,712	p=0,537
Mek0				0,659	-0,004	0,317	0,226	-0,241	0,395	0,448	0,439
				p=0,038	p=0,991	p=0,372	p=0,531	p=0,502	p=0,259	p=0,194	p=0,204
Mek100					0,236	<b>0,665</b>	0,601	0,289	0,206	0,303	0,323
					p=0,512	p=0,036	p=0,066	p=0,418	p=0,567	p=0,394	p=0,362
Mek200						0,564	-0,111	0,363	-0,277	-0,255	-0,233
						p=0,090	p=0,759	p=0,303	p=0,438	p=0,477	p=0,517
Pse0							0,357	0,166	-0,117	0,034	0,061
							p=0,311	p=0,647	p=0,748	p=0,926	p=0,867
Pse100								-0,015	<b>0,633</b>	<b>0,678</b>	<b>0,687</b>
								p=0,966	p=0,049	p=0,031	p=0,028
Pse200									-0,391	-0,487	-0,449
									p=0,264	p=0,154	p=0,193
Zem0										<b>0,967</b>	<b>0,958</b>
										p=0,000	p=0,000
Zem100											<b>0,996</b>
											p=0,000





Slika 17. Biplot za sadržaj Fe u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta

Statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,05$ ), uočena je između koncentracije Mn u brašnu na 200 m i zemljištu na 0, 100 i 200 m (0,655, 0,637 i 0,644). Na statistički značajnom nivou  $p < 0,01$ , utvrđena je korelacija između sadržaja Mn u brašnu na 200 m i mekinja na 100 i 200 m (0,771, 0,896).

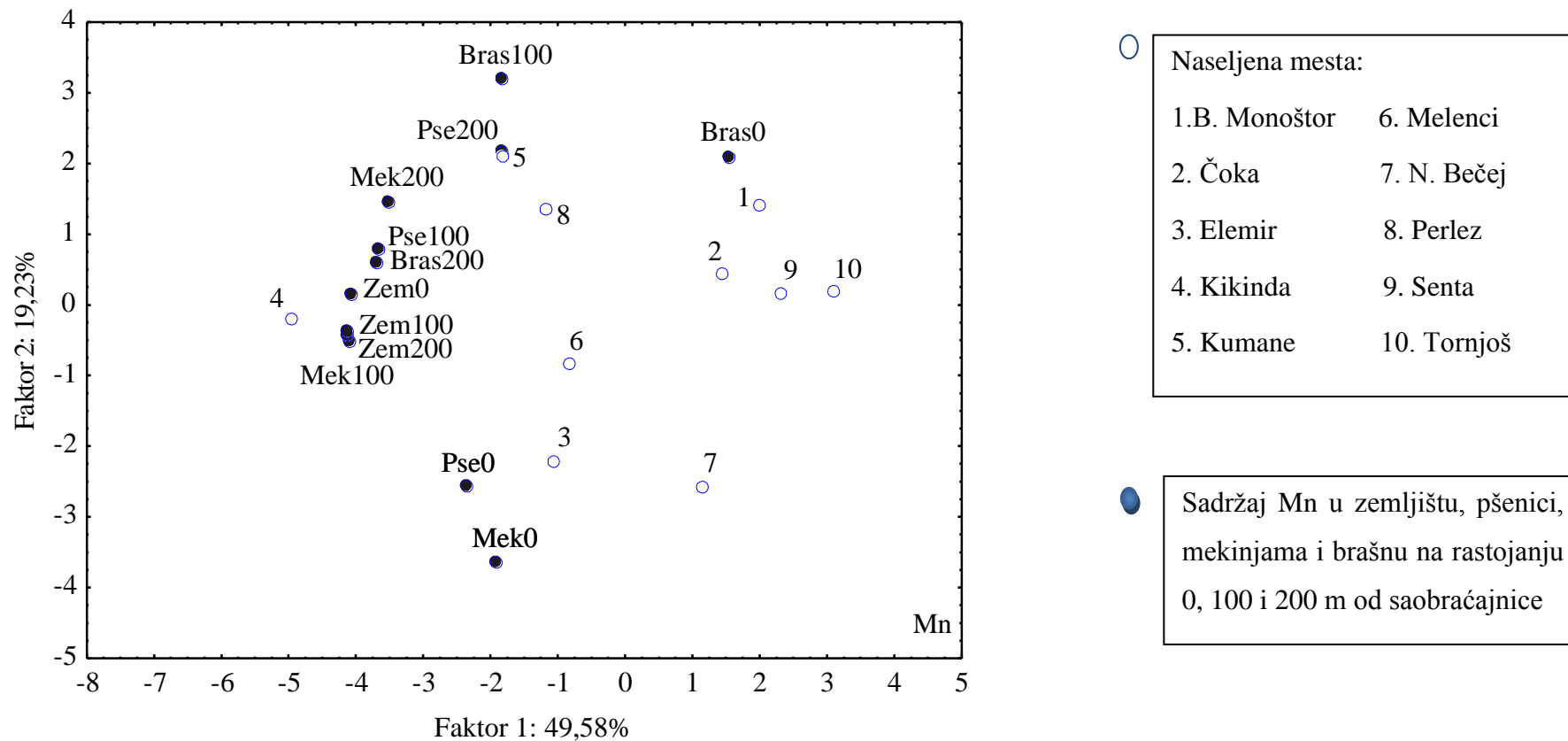
Na statistički značajnom nivou  $p < 0,05$ , između koncentracije Mn u mekinjama na 100 m i zemljištu na 0, 100 i 200 m (0,748, 0,712 i 0,709), kao i između sadržaja Mn u pšenici na 100 m i zemljištu na 0, 100 i 200 m (0,726, 0,690 i 0,679).

Prikazani rezultati ukazuju da pšenica usvaja Mn iz zemljišta kao i da koncentracija Mn u mekinjama i brašnu vezana za njegov sadržaj u pšenici.

Sa slike 18 uočava se da je najveći sadržaj Mn u zemljišta na lokalitetu Kikinde, kao i da je najveća koncentracija u pšenici na 200 m na lokalitetu Kumane.

Tabela 30. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, za Mn, između različitih uzoraka brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao p – vrednosti

<b>Mn</b>	Bras100	Bras200	Mek0	Mek100	Mek200	Pse0	Pse100	Pse200	Zem0	Zem100	Zem200
Bras0	-0,054	-0,021	-0,590	-0,448	-0,035	-0,460	-0,316	-0,166	-0,092	-0,219	-0,208
	p=0,883	p=0,953	p=0,073	p=0,194	p=0,924	p=0,181	p=0,373	p=0,647	p=0,800	p=0,543	p=0,565
Bras100		0,255	-0,313	0,156	0,466	-0,208	0,530	<b>0,726</b>	0,316	0,270	0,272
		p=0,478	p=0,378	p=0,667	p=0,175	p=0,564	p=0,115	p=0,017	p=0,373	p=0,451	p=0,447
Bras200			0,128	<b>0,771</b>	<b>0,896</b>	0,427	0,506	0,255	<b>0,655</b>	<b>0,637</b>	<b>0,644</b>
			p=0,724	p=0,009	p=0,000	p=0,219	p=0,136	p=0,477	p=0,040	p=0,048	p=0,045
Mek0				0,347	-0,083	<b>0,724</b>	0,222	-0,146	0,356	0,445	0,437
				p=0,326	p=0,821	p=0,018	p=0,538	p=0,687	p=0,313	p=0,197	p=0,206
Mek100					<b>0,700</b>	0,551	<b>0,690</b>	0,360	<b>0,748</b>	<b>0,712</b>	<b>0,709</b>
					p=0,024	p=0,099	p=0,027	p=0,307	p=0,013	p=0,021	p=0,022
Mek200						0,315	0,441	0,359	0,575	<b>0,613</b>	<b>0,621</b>
						p=0,375	p=0,202	p=0,308	p=0,082	p=0,060	p=0,056
Pse0							0,215	0,218	0,259	0,327	0,322
							p=0,551	p=0,546	p=0,470	p=0,356	p=0,364
Pse100								0,501	<b>0,726</b>	<b>0,690</b>	<b>0,679</b>
								p=0,140	p=0,017	p=0,027	p=0,031
Pse200									0,242	0,078	0,078
									p=0,501	p=0,831	p=0,830
Zem0										<b>0,918</b>	<b>0,919</b>
										p=0,000	p=0,000
Zem100											<b>1,000</b>
											p=0,000



Slika 18. Biplot za sadržaj Mn u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu, u zavisnosti od udaljenosti od puta

Na osnovu korelacionih koeficijenata prikazanih u tabeli 31, primećuje se da su svi koeficijenti statistički značajni na nivou  $p < 0,01$  i da su veoma visoki oko 0,700 - 0,986. U ovakva zapažanja se jedino ne uklapaju vrednosti korelacionih koeficijenata za Zn, koji su značajno manji (od 0,360 - 0,717), ali su i oni statistički značajni na nivou  $p < 0,01$ .

Table 31. Pearson-ovi korelacioni koeficijenti, između sadržaja ispitivanih elemenata u svim uzorcima brašna, mekinja, pšenice i zemljišta (na rastojanju od 0, 100 i 200 m od puta), sa statističkom značajnošću izraženom kao  $p$  – vrednosti, napisane u malim zagradama

	Cd	Hg	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Pb	0,911 ( $<0,01$ )	0,700 ( $<0,01$ )	0,982 ( $<0,01$ )	<b>0,432</b> ( $<0,01$ )	0,919 ( $<0,01$ )	0,985 ( $<0,01$ )	0,957 ( $<0,01$ )
Cd		0,692 ( $<0,01$ )	0,898 ( $<0,01$ )	<b>0,600</b> ( $<0,01$ )	0,917 ( $<0,01$ )	0,924 ( $<0,01$ )	0,945 ( $<0,01$ )
Hg			0,706 ( $<0,01$ )	<b>0,360</b> ( $<0,01$ )	0,682 ( $<0,01$ )	0,710 ( $<0,01$ )	0,718 ( $<0,01$ )
As				<b>0,409</b> ( $<0,01$ )	0,898 ( $<0,01$ )	0,986 ( $<0,01$ )	0,951 ( $<0,01$ )
Zn					<b>0,717</b> ( $<0,01$ )	<b>0,411</b> ( $<0,01$ )	<b>0,619</b> ( $<0,01$ )
Cu						0,895 ( $<0,01$ )	0,968 ( $<0,01$ )
Fe							0,950 ( $<0,01$ )

<sup>+</sup>Statistički značajan na nivou  $p < 0,01$ , <sup>\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , <sup>\*\*</sup> Statistički značajan na nivou  $p < 0,10$

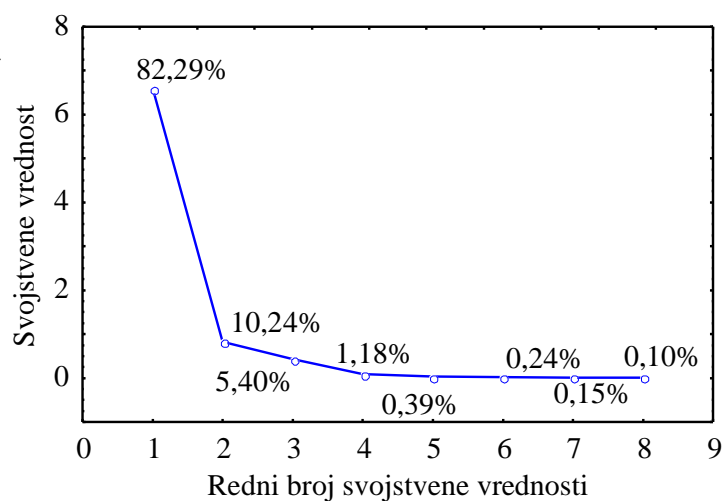
Na slici 20 prikazan je scree plot koji grafički prikazuje svojstvene vrednosti matrice merenih podataka, kao i vrednosti varijanse koje pokrivaju.

Analiza glavnih komponenta pokazuje da je samo jedna faktorska koordinata dovoljna za opisivanje 82,29% varijabilnosti sistema, a da druga faktorska koordinata opisuje 10,24% varijabilnosti sistema. Pošto ove dve koordinate opisuju zajedno 92,53% varijabilnosti sistema, može se smatrati da one opisuju sistem na zadovoljavajućem nivou.

Prema tabeli 32, najuticajnije promenljive za formiranje prve faktorske koordinate su Pb, Cd, As, Cu, Fe i Mn, kao i Hg (koja je nešto manje značajna od ostalih promenljivih). Na faktorsku koordinatu 2 najuticajnija je promenljiva Zn (što je i očekivano, na osnovu analize tabele 31).

**Tabela 32.** Udeli promenljivih pri izračunavanju faktorskih koordinata

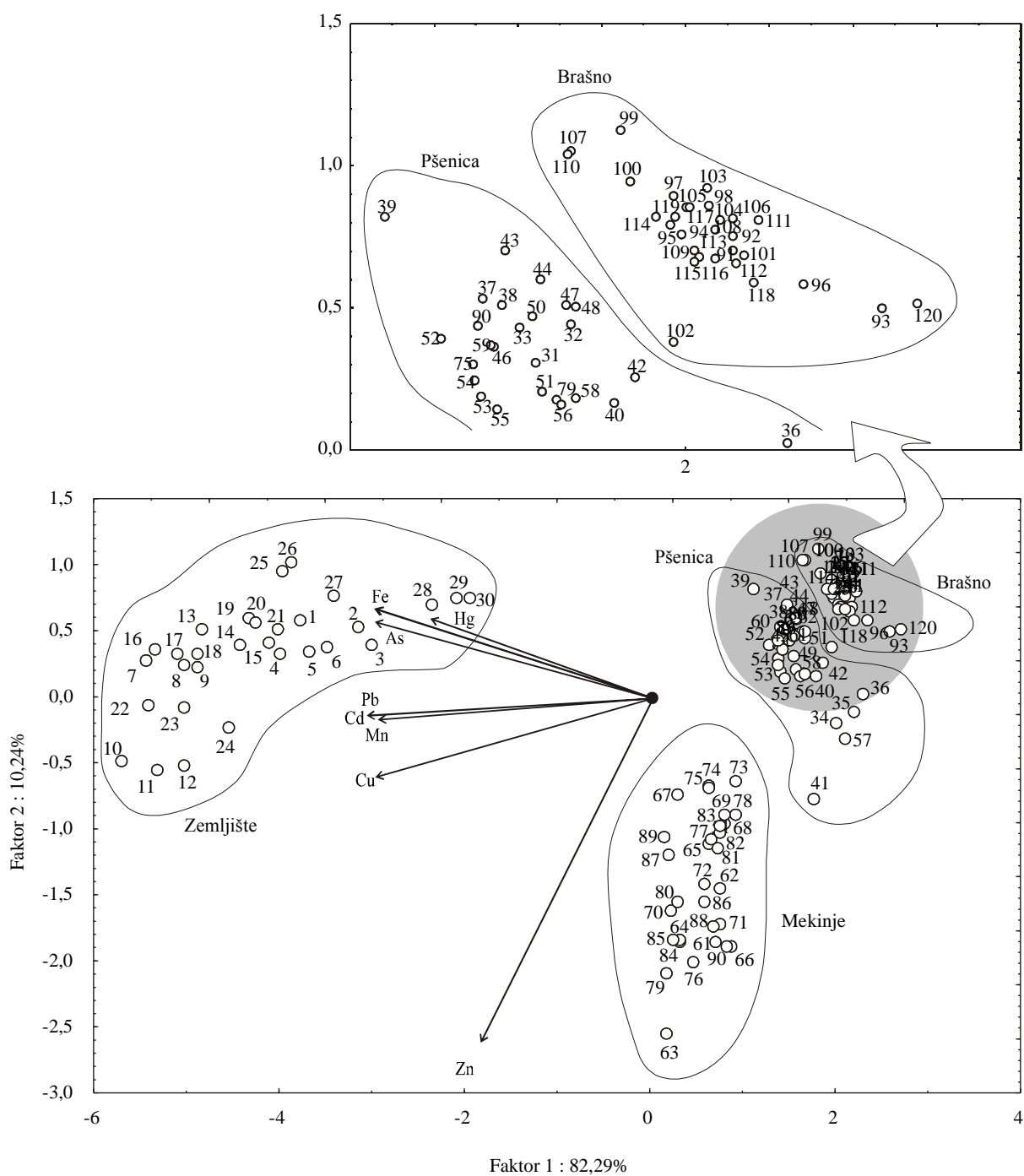
	Faktor 1	Faktor 2
Pb	<b>0,142</b>	0,041
Cd	<b>0,140</b>	0,002
Hg	<b>0,090</b>	0,042
As	<b>0,140</b>	0,055
Zn	0,055	<b>0,765</b>
Cu	<b>0,143</b>	0,039
Fe	<b>0,141</b>	0,054
Mn	<b>0,149</b>	0,002



Slika 20. Scree plot sadržaja toksičnih elemenata i esencijalnih mikroelemenata u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu

Na slici 21. prikazan je biplot za sadržaj toksičnih elemenata i esencijalnih mikroelemenata u poljoprivrednom zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu, na kome se uočava da su najveće vrednosti toksičnih i esencijalnih elemenata zabeležene u poljoprivrednom zemljištu (položaj "polova" Pb, Cd, Hg, As, Cu, Fe i Mn je u pravcu uzoraka zemljišta). Međusobni položaji polova takođe ukazuju na dobru korelaciju između Fe, As i Hg, kao i između Pb, Cd, Cu i Mn. Korišćenjem analize glavne komponente uspešno su se "razdvojili" uzorci poljoprivrednog zemljišta, pšenice, mekinja i uzoraka brašna. Uzorci zemljišta su sasvim izdvojeni u faktorskoj ravni (pozicionirani su na levoj strani crteža).

Uzorci mekinja se takođe dobro izdvajaju na sredini donjeg dela crteža, dok su uzorci brašna i pšenice izdvojeni u desnom gornjem delu grafika. Uzorci pšenice i brašna su dosta slični po sadržaju toksičnih i esencijalnih elemenata (što se vidi na osnovu merenih vrednosti, ali i analize glavne komponente). I pored velike sličnosti ovih uzoraka, pri uvećanju crteža od 200%, uočavaju se dobra odvajanja između uzoraka pšenice i brašna (gornji deo crteža). Sa ovog grafika se jasno vidi da su sadržaji toksičnih i esencijalnih elemenata najveći u poljoprivrednom zemljištu, zatim u mekinjama, pa u pšenici, a da su najmanji u brašnu.



Slika 21. Biplot za sadržaj toksičnih i esencijalnih elemenata u brašnu, mekinjama, pšenici i poljoprivrednom zemljištu



## 5. Zaključci

1. Na osnovu rezultata ispitivanja sadržaja esencijalnih i toksičnih elemenata u poljoprivrednom zemljištu, mogu se izvesti sledeći zaključci:
  - Sadržaj ukupnog Pb u uzorcima poljoprivrednog zemljišta na svim ispitivanim lokalitetima daleko je ispod maksimalno dozvoljene količine (MDK). Najveća količina olova izmerena je na lokalitetu Kikinde (22,21 mg/kg).
  - Prosečan sadržaj Pb za sva ispitivanja zemljišta iznosio je 17,389 mg/kg. Kako je dozvoljena količina Pb 100 mg/kg, može se reći da ispitivana zemljišta nisu zagađena olovom.
  - Sadržaj Cd u analiziranom zemljištu kretao se od 0,13-0,18 mg/kg.
  - Prosečan sadržaj Hg u analiziranim uzorcima zemljišta iznosio je 0,012 mg/kg. Dozvoljen sadržaj je do 2 mg/kg pa se može reći da je i u pogledu njenog sadržaja u ispitivanim zemljištima nema opasnosti da budu zagađena.
  - Sadržaj Cu u ispitivanim uzorcima zemljišta se kretao od 13,936- 31,601 mg/kg. Na lokalitetima Banatski Monoštor, Čoka i Perlez, uzorci analiziranog zemljišta uzeti sa parcela pored kojih se nalazio voćnjak a izmereni sadržaj Cu iznosio 19,20- 25,22 mg/kg, što odgovara prosečnom sadržaju Cu za voćarsko-vinogradarska zemljišta Vojvodine.
  - Sadržaj Zn u zemljištu se kretao od 35 do 80 mg/kg, a njegove dozvoljene količine 300 mg/kg (Sl.gl. RS, 23/94), pa se može reći da je koncentracija Zn u analiziranim uzorcima daleko ispod maksimalno dozvoljenog sadržaja, te je zemljište nezagađeno ovom elementom.
2. Na osnovu rezultata ispitivanja sadržaja esencijalnih i toksičnih elemenata u celom zrnju pšenice, mogu se izvesti sledeći zaključci:
  - Povećana koncentracija Pb u pšenici neposredno pored saobraćajnice na lokalitetu Kikinda, Kumane, Melenci i Novi Bečej (0,23 i 0,22 mg/kg) u odnosu na na maksimalno dozvoljene koncentracije koje propisuje FAO/WHO Codex Alimentarius Commissia (0,1 mg/ kg).

- Sadržaj ispitivanih toksičnih elemenata (arsena, kamijuma i žive) u celom zrnu pšenice, odnosno izmerene vrednosti su niže od Pravilnikom (1992) propisanih vrednosti.
  - Dnevne porcije proizvoda od celog zrna pšenice zadovoljila dnevne potrebe odraslog čoveka za bakrom oko 50%, za cinkom od oko 23-50% i gvoždem oko 70%.
  - Prema dobijenim rezultatima, konzumirajući proizvode od celog zrna pšenice u organizam bi se dnevno unelo od 12,4- 17,7% tolerantne količine Pb, 5% Hg, 3,5-9% As i oko 40% tolerantne količine Cd.
3. Na osnovu rezultata ispitivanja sadržaja esencijalnih i toksičnih elemenata u mekinjama, mogu se izvesti sledeći zaključci:
- Da je omotač zrna pšenice nosilac značajnih količina nečistoća zbog svoje specifične anatomske građe koja omogućuje koncentraciju polutanata različitog porekla na njihovoj površini.
  - Sadržaj Pb, As i Hg u mekinjama kretao u granicama koje propisuje Pravilnik (1992).
  - Intenzitet kontaminacije mekinja Pb se smanjio udaljavanjem od saobraćajnice.
  - Povećana koncentracija Cd u mekinjama u odnosu na na maksimalno dozvoljene koncentracije koje propisuje Pravilnik (1992).
  - Sadržaj As u mekinjama izmeren na lokalitetu Kikinde (uzorak 70 i 71) su veće u odnosu na ostale lokalitete, mada u granicama koje definiše nacionalni Pravilnik (1992).
  - Povećan sadržaj Mn u mekinjama 3-3,5 puta u odnosu na celo zrno pšenice.
  - Koncentracija ispitivanih esencijalnih elemenata najveća na perifernim delovima zrna tj. mekinjama bez obzira na udaljenost od saobraćajnice, što je od posebnog značaja kada je u pitanju izrada hleba od celog zrna.

- Sadržaj Fe u mekinjama se kretao od 78,82- 240,48 mg/kg, a u pšeničnom brašnu od 6,76- 20,09 mg/kg, pa je preporuka da se prilikom proizvodnje hleba vrši njegovo obogaćivanje gvožđem korišćenjem pšeničnih mekinja.
  - Konzumiranjem hleba i peciva sa dodatkom pšeničnih mekinja u organizam bi se dnevno unelo oko 35-39% tolerantne količine Cd, oko 8,69-12,71% tolerantne količine Pb, oko 2,5- 6% Hg i 1,85-6,3% As.
4. Na osnovu rezultata ispitivanja sadržaja esencijalnih i toksičnih elemenata u brašnu, mogu se izvesti sledeći zaključci:
- Sadržaj Cd je u 93% analiziranih uzoraka brašna je neznatno veći u odnosu na graničnu vrednost koju definiše Pravilnik (1992).
  - Sadržaji Pb, As i Hg u ispitivanim uzorcima brašna pokazuju da se prosečan sadržaj ovih toksičnih elementa kretao u granicama koje propisuje Pravilnik (1992).
  - Prosečan sadržaj esencijalnih elemenata u brašnu manji je u odnosu na njihov sadržaj u mekinjama.
  - Konzumiranje belog hleba zadovoljila dnevne potrebe odraslog čoveka za Cu oko 20%, potreba za Zn od oko 11% i za Fe oko 20%.
  - Proizvodima od analiziranog brašna u organizam bi se dnevno unelo oko 35% tolerantne količine Cd, oko 8% Pb, oko 0,3- 0,6% Hg i oko 2,5% As.
5. Na osnovu ispitivanja korelacija između sadržaja toksičnih i esencijalnih elementata u zemljištu, pšenici, mekinjama i brašnu mogu se izvesti sledeći zaključci:
- Statistički značajna pozitivna korelacija od 0,494 (na nivou  $p < 0,01$ ) zabeležena je između sadržaja Cd u zrnju pšenice i njegovog sadržaja u zemljištu, što ukazuje da pšenica usvaja Cd iz zemljišta.
  - Pozitivan koeficijent korelacije 0,403, statistički značajan na nivou  $p < 0,05$ , uočen je između sadržaja Mn u pšenici i analiziranom zemljištu, što pokazuje da je sadržaj Mn u pšenici povezan sa njegovim sadržajem u zemljištu.
  - Utvrđena je veoma značajna pozitivna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između Pb (0,905), kao i As (0,782) u celom zrnju i mekinjama, što ukazuje da su

koncentracije Pb i As u mekinjama u direktnoj vezi sa njihovom količinom u celom zrnu pšenice.

- Korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ), između sadržaja Cu u celom zrnu i mekinjama (0,675), kao i između sadržaja Mn u celom zrnu i mekinjama (0,591), pokazuje da se najveća koncentracija akumuliranog Cu i Mn nalazi u omotaču pšenice.
- Pozitivna korelacija (na nivou  $p < 0,01$ ) između sadržaja As u mekinjama i brašnu (0,645), kao i statistički značajna korelacija (na nivou  $p < 0,05$ ) između sadržaja Hg u mekinjama i brašnu (0,482), pokazuje da je sadržaj As i Hg u brašnu u direktnoj vezi sa njihovim sadržajem u mekinjama.

6. Na osnovu ANOVA analize, gde je ispitivan uticaj naseljenog mesta (promenljiva "Mesto"), zatim uticaj udaljenosti od puta (promenljiva "Pozicija") i vrste uzorka – zemljište, zrno pšenice, mekinje ili brašno (promenljiva "Tip") mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Najuticajnije promenljive za sadržaj Pb i As u ispitivanim uzorcima "Tip" i "Mesto" uzorka.
- Promenljiva koje najviše utiče na sadržaj Cd i Hg u ispitivanim uzorcima je "Tip" uzorka.
- Najuticajnije promenljive za sadržaj Zn, Fe i Mn u ispitivanim uzorcima su "Tip" i "Mesto" uzorka, dakle radi se o uzorcima zemljišta, zrna pšenice, mekinja i brašna, kao i geografskom položaju odakle su uzeti uzorci.
- Najuticajnija promenljiva za sadržaj Cu u ispitivanim uzorcima je "Tip" uzorka.

7. Dobijeni rezultati pokazuju da su sadržaji toksičnih i esencijalnih elemenata najveći u poljoprivrednom zemljištu.

Toksični elementi u zemljište dospevaju iz industrijskih postrojenja, zatim od prevoznih sredstava, ali i prekomernom primenom mineralnih hraniva i sredstava za zaštitu biljaka.

Da bi se preduzele mere smanjenja koncentracije teških metala u zemljištu, a preko njega i u biljkama, neophodno je tačno utvrditi izvor zagađenja i prema tome preduzeti mere zaštite poljoprivrednih zemljišta usaglašene sa zahtevima nacionalne regulative. Stoga je veoma značajna redovna analiza poljoprivrednih površina, posebno pored većih industrijskih pogona, naselja i saobraćajnica, preduzimanje mera za njeno ublažavanje, između ostalog i pravilnim izborom biljnih vrsta i genotipova koji su tolerantniji na povećane koncentracije toksičnih elemenata u vazduhu i zemljištu.

Rezultati su pokazali poziciju akumuliranja toksičnih elemenata u pšeničnom zrnju, odnosno da belo brašno koje potiče iz centralnih delova endosperma sadrži najmanje toksičnih elemenata u odnosu na mekinje i celo zrno pšenice, što će prerađivačima pšenice (mlinskoj, pekarskoj i konditorskoj industriji) omogućiti proizvodnju bezbedne hrane.

Sa ciljem sprečavanja prisustva toksičnih elemenata u lancu ishrane, neophodno je izvršiti redovnu kontrolu kvaliteta pšenice u različitim agroekološkim uslovima.

## 6. Literatura

1. Abdi, H., Williams, L.J. (2010). Principal component analysis, Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics 2, 433–459.
2. Adams, M.L., Zhao, F.J., McGrath, S.P., Nicholson, F.A., Chambers, B.J. (2004). Predicting cadmium concentrations in wheat and barley grain using soil properties. *J. Environ. Qual.*, 33: 532-541.
3. Adriano, D.C. (1986). *Trace elements in the Terrestrial environment*, Springer-Verlag, New York.
4. Adriano, D. C. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals*. Springer, New York.
5. Andersson, A. (1979). *In the Biogeochemistry of Mercury in the Enviroment* ed. Nriagu, J. O. Elsevier, Amsterdam.
6. Anderson, R. A. (1981). Nutritional role of chromium. *Sci. Total Environ.*, **17**, 13-29.
7. Alloway, B. J. (1995). The origins of heavy metals in soils. In: Alloway, B. J. (Ed.): *Heavy metals in soils*. Blackie Academic & Professional, Glasgow, 38-57.
8. Baechle, H. T., Wolstein, F. (1984). Cadmium compounds in mineral fertilizers, The fertilizer society Proc., London, No 226.
9. Baker, A. J. M. (1981). Accumulators and excluders- strategies in the response of plants to heavy metals, *J. Plant. Nutr.*, 3, 643-654.
10. Baker, D. E., Senft, J. P. (1995). Copper. In: Alloway, B. J. (Ed.): *Heavy metals in soils*. Blackie Academic & Professional, Glasgow, 179-205.
11. Barrow, C. J. (1991). *Land Degradation*, Cambridge University Press, Cambtidge.
12. Bogdanović, D., Ubavić, M., Čuvarđić, M. (1999). *Izvori zagađenja zemljišta olovom*. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, **23(1-2)**, 35-42.
13. Brüggemann, J., Kumpulainen, J. (1995) The status of trace elements in staple foods from the former Federal Republic of Germany. in: *Some Effects of Cereal and Potato Processing*, Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung, 201, 7-11.
14. Bowen, H. J. M. (1979). *Environmental Chemistry of the Elements*. Academic Press, London.

15. Carbonell-Barrachina, A.A., Garcia E, Sanchez Soriano, J., Aracil, P., Burlo, F. (2002). *J. Agric. Food Chem.*, **50**: 3738–3742.
16. Chandra, R., Bharagava, RN., Zadav, S., Mohan, D. (2009). Accumulation and distribution of toxic metals in wheat (*Triticum aestivum L.*) and Indian mustard (*Brassica campestris L.*) irrigated with distillery and tannery effluents. *J.Hazard Mater.* 162: 1514-1521.
17. Chaudri A.M., Zhao F.J., McGrath S.P., Crosland A.R. (1995). The cadmium content of British wheat grain. *J. Environ. Qual.* 24:850–855.
18. Christensen, T. H. (1984). Cadmium soil sorption at low concentrations. *Water, Air, Soil Pollut.*, **21**, 105-114.
19. Conti, M.E., Cubadda, F., Carcea, M. (2000). Trace metals in soft durum wheat from Italy. *Food Addit. Contam.* 17(1):45–53.
20. Cubadda, F., Baldini, M., Carcea, M., Pasqui, L.A., Raggi, A., Stacchini, P. (2001). Influence of laboratory homogenization procedures on trace element content of food samples: an ICP-MS study on soft and durum wheat, *Food Addit. Contam.* 18:778–787.
21. Ćuk, M., Todorović, M., Stojković, J. (2012). Arsen u podzemnim vodama za vodosnabdevanje Vojvodine, *XIV Srpski simpozijum o hidrogeologiji*, Zlatibor, 17-20. maj 2012., 611-615.
22. Dalmacija, B. (1998). *Kvalitet vode za piće Problemi i rešenja*, Prirodno- matematički fakultet, Institut za hemiju, Novi Sad, 21-23.
23. Davies, B. E. (1992). Inter-relationships between soil properties and the uptake of cadmium, copper, lead and zinc from contaminated soils by radish (*Raphanus sativus L.*). *Water, Air, Soil Pollut.*, **63**, 331-342.
24. Davies, B. E. (1995). Lead. In: Alloway, B. J. (Ed.): *Heavy metals in soils*. Blackie Academic & Professional, Glasgow, 206-223.
25. Doe, E. D., Awua, A. K., Gyamfi, O. K., Bentil, N. O. (2013). Levels of selected heavy metals in wheat flour on the Ghanaian market: a determination by atomic absorption spectrometry, *Am. J. Appl. Chem.*, 2013; 1(2): 17-21.
26. Dragun, J., Baker, D.E. (1982). Soil, *Sci. Soc. Am. J.*, 46, 921-925.

27. Dudka, S., Piotrowska, M. and Chlopecka, A. (1994). 'Effect of elevated concentrations of Cd and Zn in soil on spring wheat yield and the metal contents of the plants', *Water, Air, and Soil Pollut.* **76**, 333–341.
28. Edwards, D.G., Asher, C.J. (1982). Proc. 9<sup>th</sup> Int. Plant Nutrition Colloq. Commonwealth Agricultural Bureau, 145-150.
29. Ernst, W. H. O. (1996). In: *Fertilizers and Environment*. Rodriguez- Barcuelo, C., ed., Kuwer Academic Publishers, Dordrecht Netherlands, 423-430.
30. European Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
31. FAO/WHO (1998) Discussion paper on cadmium. Agenda item 15 (d). CX/FAC 99/21, 1998.
32. FAO/WHO (1998) Discussion paper for lead. Agenda item 15 (b). CX/FAC 99/19, 1998.
33. FAO/WHO (1999) Joint Expert Committee on Food Additives. In: proceedings of the 53 rd Meeting, Rome, 1–10 June, 1999.
34. FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), 20-29 June 2006; JECFA 67/SC.
35. Fassett, D. W. (1980). Cadmium. In: Waldron, H. A. (Ed.): *Metals in the environment*. Academic Press, London, 61-110.
36. Fatoki, O., Awofolu, R. (2003). Methods for selective determination of persistent organochlorine pesticide residues in water and sediments by capillary gas chromatography and electron-capture detection, *J. Chromatogr.*, A 983, 225.
37. Gajin, S. (1994). Dinamički uticaj okruženja i zaštita od njih, Univerzitet u Novom Sadu, Tempus centar.
38. Gallaguer, K. (1991). *General environmental issues*, Piarc-Aipcr XIX World Road Congress, Marrakech.
39. Garcija-Miragaya, J. (1984). Levels, chemical fractionation, and solubility of lead in roadside soils of Caracas, Venezuela. *Soil Sci.*, **138**, 147-152.
40. Gartell, J. W. (1981). Distribution and correction of copper deficiency in crops and pastures. In: Lonegran, J. F., Robinson, A. D., Graham, R. D. (Eds.): *Copper in Soils and Plants*. Academic Press, New York, 313–349.



41. Goyer, R. A. (1995). Nutrition and metal toxicity. *Am. J. Clin. Nutr.*, **61**, 646-650.
42. Hildebrand, E. E., Blum W. E. (1975). Fixation of emitted lead by soils. *Z. Pflanz. Boden.*, **3**, 279-294.
43. Hickey M. F., Kittrick, J. A. (1984). Chemical partitioning of cadmium, copper, nickel and and zinc in soils and sediments containing high levels of heavy metals. *J. Environ. Qual.*, **13**, 372-376.
44. Hirsch-Holb, H., Holb, H. J., Greenberg, J. M., (1971). Nuclear Magnetic Resonance Studies of Manganese Binding of Rat Liver Arginase. *J. Biol. Chem.*, **246**(2), 395-401.
45. James, R. O., Barrow, N. J. (1981). in *Copper in Soils and Plants*, eds. Loneragan, J. F., Robson, A. D., Graham R. D. academic Press, New York.
46. James, B. R., Bartelett, R. J. (1983). Behaviour of Chromium in Soils: VI Interaction between Oxidation-reduction and organic complexation. *J. Environ. Qual.*, **12**, 173-176.
47. Jakovljević, B. (1999). Interakcija puta i okoline u projektovanju, Magistarska teza, Univerzitet u Novom sadu, Tempus centar.
48. Jakovljević, M., Pantović, M. (1991). *Hemija zemljišta i voda*, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 178-190.
49. Jovanović, V., Srećković- Batočanin, D. (2006). *Osnovi geologije*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
50. Kaličanin, B., Velimirović, D. (2008). Teški metali u različitim biljnim vrstama kao posledica zagaženja životne sredine. *Ecologica*, **15**, 93-100.
51. Kabata- Pendias, A., Stuczynski, T. (1999). Environmental and agricultural aspects of trace metals in soils of Poland. Proc. V Intern. Conf. On The Biogeochem of Trace Elements, Vienna, 113-119.
52. Kabata - Pendias A., Pendias H. (2000). *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, Boca Raton.
53. Kadović R., Knežević M. (2002). *Teški metali u šumskim ekosistemima Srbije*. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu i Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine Republike Srbije, Beograd.
54. Kastori, R. (1981). Značaj Fe u životnim procesima biljaka i problemi njegovog nedostatka. *Agrohemija*, 7-8, 245-265.

55. Kastori, R. (1990). *Neophodni mikroelementi- fiziološka uloga i značaj u biljnoj proizvodnji*, Naučna knjiga, Beograd.
56. Kastori, R., Petrović, N. (1993). *Teški metali i pesticidi u Zemljištima Vojvodine*. Poljoprivredni fakultet i Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, 113-125.
57. Kastori, R. (1995). *Zaštita agroekosistema*, Novi Sad, 199-284.
58. Kastori, R. (1997). *Teški metali u životnoj sredini*. Poljoprivredni fakultet i Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 97-103.
59. Kastori, R., Molnar, I., Sekulić, P., Maksimović Arsenijević, I. (2002). Contents of Essential and Predominantly Toxic Elements in Wheat Grown on Chernozem. EKO-Conference "Food safety" Novi Sad II, pp. 251–256 (in Serbian).
60. Kennedz, C.D., Gonsalves, F.N. (1978), *J. Exp. Bot.*, 38, 800-817.
61. Kiekens L. (1995). Zinc. In: B. J. Alloway (Ed.): *Heavy metals in soils. Blackie Academic & Professional*, Glasgow, 285-305.
62. Lindsay, W. L. (1982). Zinc in soils and plant nutrition. *Adv. Agron.*, 24, 147-186.
63. Lin, J., Wuyi, W., Yonghua, L., Linsheng, Y. (2010). Heavy Metals in Soil and Crops of an Intensively Farmed Area: A Case Study in Yucheng City, Shandong Province, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 7, 395-412.
64. Le Bot, J., Goss, J.M., Carvalho, M., Van Beusichem, L.M., Kirkby, A.E. (1990). *Plant Soil*, 124, 205-210.
65. Le Bot, J., Kirkby, A.E., Van Beusichem, L.M. (1996). *J. Plant Nutr.*, 13, 513-525.
66. Locatelli C. (2004). Heavy metals in matrices of food interest: Sequential voltammetric determination at trace and ultra trace level of copper, lead, cadmium, zinc, arsenic, selenium, manganese and iron in meals. *Electroanal.*, 16 (18): 1478-1486.
67. Loneragan, J.F., Grove, T.S., Robson, A.D., Snowball, K. (1979). *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43, 966-972.
68. Ludajić, G. (2008). Uticaj lokaliteta gajenja na sadržaj teških metala u pšenici, Magistarska teza, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet.
69. Ludajić, G., Filipović, N. (2009). Pregled sadržaja jona olova i kadmijuma u zrnu pšenice, *Ecologica*, 16, 397-400.
70. Mahvi, A. H. (2008). Application of agricultural fibers in pollution removal from aqueous solution. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5 (2), 275-285.

71. McBride, M. B. (1988). Chemisorption of  $Cd^{2+}$  on calcite surfaces. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **44**, 26-28.
72. McGrath, S. P. (1995). The effects of increasing yields on the macro- and microelement concentrations and offtakes in the grain of winter wheat, *J. Sci. Food Agric.*, **36**, 1073-1083.
73. Miller, J. E., Hasset, J. J., Koeppe, D. E. (1976). The effect of soil properties and extractible lead levels on lead uptake by soybeans. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, **6**, 349-358.
74. Milovac, M. (1980). Sadržaj biljci pristupačnog olova i kadmijuma u zemljištu. *VIII Jug. simpozijum o problemima i oštećenje zemljišta*, Žabljak, **36**, 161-165.
75. Milivojević, J., Živanović-Katić, S., Nikolić, O., Jelic, M. (2004). Varietal differences of Fe content in seed of wheat in acid soil. Proceedings of International (Hainan) seed technology and industry forum "Seed technology in the world", January 4-9, 2004, 432-435.
76. Milivojević, J., Nikolić, O., Jelic, M., Kovačević, B. (2005). The presence of some microelements in wheat grain in relation to the cultivars and soil agrochemical conditions, *Tract. power machin.*, Vo1.10.No.2. p.466-473.
77. Milošević, Z., Bogdanović, D. (2012), *Statistika i informatika u oblasti medicinskih nauka*. Galaksija, Niš.
78. Moraghan, J.T. (1993). *Plant Soil*, **150**, 61-68.
79. Nordberg FG., Fpwler AB., Nordberg M., Friberg L.(2007). Handbook on the toxicology of metals, *3 ed, Academic Press*.
80. Nouri, J., Mahvi, A.H., Jahed, G.R., Babaei, A.A. (2008). Regional distribution pattern of groundwater heavy metals resulting from agricultural activities. *Environ. Geo.* **55** (6), 1337-1343.
81. Nicholson, F. A., Smith, S. R., Alloway, B. J., Carlton-Smith,C., Chambers, B. J., (2003). An inventory of heavy metals input to agricultural soils in England and Wales. *Sci. Total Environ.*, **311** (1-3), 205-219.
82. Nwachukwu, M. A., Feng, H., Alinnor, J. (2010). Assessment of heavy metal pollution in soil and their implications within and around mechanic villages. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, **7** (2), 347-358.

83. Onishi, H. (1969). Arsenic. In: Wedepohl, K. H. (Ed.): *Handbook of Geochemistry*, Springer-Verlag, New York.
84. Pavlović, M. (2006). Katastar zagađivača sa monitoringom zagađenja, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.
85. Pyler E.J., Gorton L.A. (2008). *Baking Science and Technology*, Fourth ed. Sosland Publ. Co., Kansas City, USA.
86. Piotrowska, M. (1997). Impact of soils amended with Pb smelter dust on Cd concentrations in potatoes. *Journal of Geochemical Exploration*, 58, 319-322.
87. Petrović, N., Kastori, R., Rajčan, I. (1990). In: *Plant nutrition- Physiology and Application*, Van Beusichem, M. L. ed., Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London, 107-109.
88. Petrović, N., Kastori, R. (1994). Heavy metals and plants, *J. Food Physics*, 1, 71-73.
89. Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja ("Sl. glasniku RS", br. 23/94).
90. Pravilnik o deklarisanju i označavanju upakovanih namirnica. Sl. list SCG (br. 4/2004, 2/2004 i 48/2004).
91. Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama ("Službeni glasnik SRJ", br. 5/92, 11/92 – ispr. i 32/2002 i "Sl. glasnik RS", br. 25/2010 - dr. pravilnik i 28/2011).
92. Pravilnik o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (Sl. list SRJ, br. 52/95 i Sl. list SCG, br. 56/2003 - dr. pravilnik, 4/2004 - dr. pravilnik i Sl. glasnik RS, br. 43/2013).
93. Punz, W. F., Sieghardt, H. (1993). *Env.Exp. Bot.*, 33, 85-98.
94. Radojković, Z. (1990). *Sistemi upravljanja kolovozima*, Građevinska knjiga, Beograd.
95. Radojković, Z. (1994). *Put i okolina*, Naučno stručni skup " Put i životna sredina", Društvo za puteve Srbije, Žabljak.
96. Rieuwerts, J., Thornton, I., Farago, M., Ashmore, M. (1998). Quantifying the influence of soil properties on the solubility of metals by predictive modelling of secondary data. *Chem. Spec. Bioav.*, **10 (3)**, 83-94.
97. Rodgers, J. L., Nicewander, W. A. (1988). Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient, *The American Statistician*, Vol.42, No.1, pp. 59-66.

98. Salim, R., and Cooksey, B. G. (1980). Kinetics of the adsorption of lead on river-mud. *Plant Soil*, **54**, 399-417.
99. Sela, M., Tel-Or, E., Fritz, E., Huterman, A. (1988). *Plant Phzsiol.*, **88**, 30-36.
100. Santos, E.E., Lauria, D.C., Porto da Silveira, C.L. (2004). Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. *Sci. Total Environ.*, **327**: 69-79.
101. Senesi, N. (1992). Metal-humic substance complexes in the environment. In: *Biochemistry of trace metals*, Adriano, D. C.(Ed.), Springer- Verlag, New York, 429-496.
102. Smilde, K. W., Van Driel, W., Van Luit, B. (1982). The chemical analysis of foods, *Total Environ*, **25**, 225-229.
103. Stefanović, V., Jovanović, B., Filipović, N. (2007). Sadržaj teških metala u zrnu pšenice, mekinjama i brašnu u zavisnosti od blizine industrijske zone, XVI simpoziju Žito-hleb i konditorski proizvodi, Novi Sad, 237-243.
104. Sun, T., Ho, C. T. (2001). Antiradical efficiency of tea components. *J. Food Lip.*, **8(3)**: 231-238.
105. Škrbić, B., Čupić, S., Cvejanov, J.(2002). Determination of heavy metals in wheat samples, *Fiziologija-Physiology*.**12**, 12-15.
106. Škrbić, B., Đurišić-Mladenović, N., Cvejanov, J. (2004). Prisustvo postojanih organskih zagađujućih jedinjenja u proizvodima od pšenice, *Žito-hleb*, **31**, 1-2, 9-16.
107. Škrbić, B., Onjia, A. (2007). Multivariate analyses of microelement contents in wheat cultivated in Serbia (2002), *Food Control* **18**, 338-345.
108. Škrbić, B., Đurišić-Mladenović, N. (2010). Chemometric interpretation of heavy metal patterns in soils worldwide, *Chemosphere* **80**, 1360–1369.
109. Tejera, R., Luis, G., González-Weller, D., Caballero, J. M., Gutiérrez, Á. J., Rubio, C., Hardisson, A. (2013). Metals in wheat flour; comparative study and safety control, *Nutr Hosp.* **28(2)**: 506-513.
110. Tiller, K. G., Merry, R. H. (1986) in *Copper in Soils and Plants* eds. Loneragan, J. F., Robson, A. D., Graham, R. D. Academic Press, New York.
111. Ubavić, M., Bogdanović, D., Hadžić, V. (1993). Osnovna hemijska svojstva zemljišta Vojvodine i mogućnosti njihovog zagađenja teškim metalima, *Savremena poljoprivreda*, **1**, 47-51.

112. Ubavić, M., Bogdanović, D. (2001), *Agrohemija*, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 138-150.
113. Verkleij, J. A. C., Schat, H. (1990). *Mechanisms of metal tolerance in higher plants*. In: *Heavy metal tolerance in plants- Evolutionary aspects*, ed. by A. J. Shaw, CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, pp.179-193.
114. Webber, M.D., Kloke, A., Tjell, J.C. (1984). A Review of Current Sludge Use Guidelines for the Control of Heavy Metal Contamination in Soil. In: L. Hermite, P. and Reidel, J. D. (Eds): *Processing and Use of Sewage Sludge*, Dordrecht, 371-386.
115. Weber, R., Hrynezuk, B. (2000). Effect of leaf and soil contaminations on heavy metals content in spring wheat crops, *Nukleonika*, 45, 137-140.
116. Witer, E. (1996). In: *Fertilizers and Environment*. Rodriguez- Barcuelo, C., ed., Kuwer Academic Publishers, Dordrecht Netherlands, 413- 421.
117. Woolhouse, H.W. (1983). Toxicity and tolerance in response of plants to metal. In: *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol.12 C*, Lange, O.L. (Ed), Springer- Verlag, Berlin, 245-300.
118. World Health Organization (1993) Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-first report on the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Technical Report Series No. 837, WHO, Geneva.
119. Zeremski-Škorić, T., Ninkov, J., Sekulić, P., Milić, S., Vasin, J., Lazić, N. (2011). Quality of soils in kindergarten playgrounds in the city of Novi Sad. *XV International Eco-conference*, Novi Sad, 21-24<sup>th</sup> september, 2011, 185-192.
120. Zhang, Z.W., Watanabe, T., Shimbo, S., Higashikawa, K., Ikeda, M. (1998). Lead and cadmium contents in cereals and pulses in northeastern China. *Sci. Total Environ.* 220: 137-145.
121. Žeželj, M. (2005). *Tehnologija žita i brašna: prerada brašna*, Glas javnosti, Beograd.
122. Žižić M., Lovrić M., Pavličić D. (2007). *Metodi statističke analize*, Ekonomski fakultet u Beogradu, CID, Beogra.