

## RASPROSTRANJENOST KADMIJA (Cd) U TLU GRADA TUZLA

**Željka Stjepić Srkalović** Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za geografiju, Urfeta Vejzagića 4, Tuzla, Bosna i Hercegovina  
[zeljka.stjepic-srkalovic@untz.ba](mailto:zeljka.stjepic-srkalovic@untz.ba)

*U radu su predstavljeni rezultati geoekološko - pedoloških istraživanja koncentracija kadmija (Cd) u tlu grada Tuzle. Osnovni cilj istraživanja je bio utvrditi do koje mjere je područje grada Tuzle kontaminirano kadmijem i utvrditi porijeklo zagađivača. Terenskim istraživanjima su prikupljena 264 uzorka tla, na površini od 303 km<sup>2</sup>. Ispitivanje koncentracije kadmija u uzorcima tla je obavljeno masenom spektrometrijom (ICP-MS) sa rasponom detekcije 0,02 – 4000 ppm. Prekoračenje maksimalno dozvoljenih koncentracija kadmija, definisanih Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja je zabilježeno u uzorcima tla broj: 66, 87, 106, 109, 115, 116, 120, 121, 179, 220 i 252a.*

*Raspon povišenih koncentracija kadmija iznosi < 0,02 – 4,62ppm, a prosječna vrijednost je 0,515ppm. Najviša koncentracija kadmija je evidentirana na uzorku 116 (4,62ppm), prikupljenom u neposrednoj blizini gradske deponije otpada. Povišene koncentracije kadmija zabilježene su i u blizini odlagališta šljake i komunalnog otpada, putne infrastrukture, površinskog kopa „Dubrave“ te na određenim površinama koje se koriste u poljoprivredne svrhe, što ukazuje da su izvori zagađenja ovim elementom posljedica ljudskih djelovanja na istraživanom području.*

**Ključne riječi: kadmij (Cd), onečišćenje, tlo, Tuzla.**

## CADMIUM (Cd) DISTRIBUTION IN TUZLA TOPSOIL

**Željka Stjepić Srkalović**, University of Tuzla, faculty of n, Odsjek za geografiju, Urfeta Vejzagića 4, Tuzla, Bosna i Hercegovina  
[zeljka.stjepic-srkalovic@untz.ba](mailto:zeljka.stjepic-srkalovic@untz.ba)

*The paper presents the results of geoecological-pedological researches of cadmium (Cd) concentrations in the topsoil of Tuzla. The main goal of the research was to determine the extent to which the area of the city of Tuzla is contaminated with cadmium and to determine the origin of pollutants. The terrain researches were based on collecting 264 soil samples, covering an area of 303 km<sup>2</sup>. The cadmium concentrations in soil samples was determined by mass spectrometry (ICP-MS) with a detection range of 0.02 – 4,000ppm. Exceedance of the maximum permitted concentrations of cadmium, defined by the Ordinance of the determination of permitted amounts of harmful and dangerous substances in soil and methods of their testing, was recorded in soil samples number: 66, 87, 106, 109, 115, 116, 120, 121, 179, 220 and 252a .*

*The range of exceeded cadmium concentrations is <0.02 - 4.62ppm, and the average value is 0.515 ppm. The highest concentration of cadmium was recorded in sample 116 (4.62 ppm), which was collected in the immediate vicinity of the city landfill. Higher concentrations of cadmium were recorded near the slag and municipal waste landfill, main roads, open mine pit "Dubrave" and on certain areas used for agricultural purposes, which shows that the*

sources of contamination with these element are a result of human activity in the researched area.

**Key words:** *cadmium (Cd), pollution, soil, Tuzla.*

## UVOD

## INTRODUCTION

Područje grada Tuzle geografski pripada regiji sjeveroistočne Bosne, tačnije subregiji Sprečko-majevičkog kraja. Tuzla je smještena u dolini rijeke Jale. Sa sjeveroistoka je okružuje gorska morfostruktura Majevice, a sa juga dolina Spreče. Urbani dio grada Tuzle nalazi se između 18°55' i 18°9' E i 44°48' i 44°67' N, na nadmorskoj visini između 200 m na najnižoj tački do 600 m na istočnoj i sjeveroistočnoj granici grada. Urbano područje grada Tuzle obuhvata površinu od 98,37 km<sup>2</sup> i nalazi se na sjevernom podgorju Dinaridskog planinskog sistema, te je generalno blago nagnuto prema Gornjo-sprečanskoj zavali. Na ovom području živi oko 110 979 stanovnika u 66 naselja (Stjepić Srkalović, 2015., Popis stanovništva, 2013.). Pod geološkom podlogom zemljišta podrazumijeva se ona površina stijene iz koje se pod uticajem niza faktora stvara i razvija zemljište. Materijal za stvaranje zemljišta može dati bilo koja stijena, pod uslovom da se nalazi na površini i da je na taj način podložna fizičkim, hemijskim i biološkim uticajima koji dovode do raspadanja njenog površinskog sloja (Čirić, 1991.).

Duži vremenski period područje grada i šire okoline Tuzle je obilježeno procesima urbanizacije i deruralizacije, industrijalizacije i deagrarizacije što je u najvećoj mjeri doprinijelo onečišćenju, degradaciji i devastaciji tala (Stjepić Srkalović, et al, 2016.) . Osnovni cilj istraživanja je bilo utvrditi do koje mjere je područje urbanog dijela Tuzle kontaminirano teškim metalima, a prije svega kadmijem (Cd). Kadmij dospjeva u okoliš preko otpada, razgradnjom boja i zaštitnih sredstava (Halamić, 2009.), fosfatnih gnojiva, spaljivanjem fosilnih goriva, saobraćaja, komunalnog smeća i mulja, proizvodnje cementa itd. i smatra se jednim od najtoksičnijih teških metala (Brevik, Burges, 2013.).

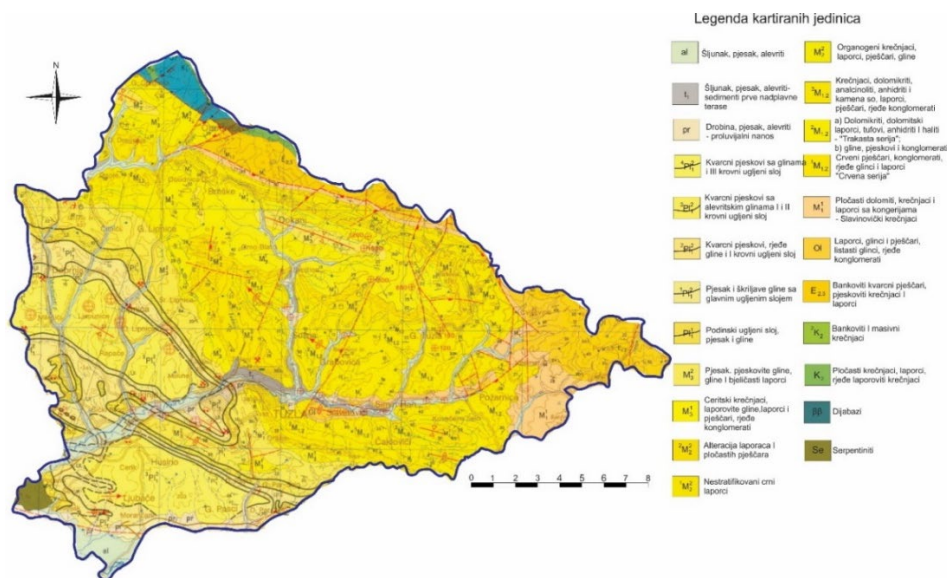
## GEOLOŠKA GRAĐA I PEDOGEOGRAFSKE KARAKTERISTIKE

## GEOLOGICAL SETTINGS AND PEDOGEOGRAPHIC CHARACTERISTICS

### Geološka grada

### Geological settings

Geološki najstarije tvorevine na području Tuzle pripadaju donjomiocenskim tvorevinama u kojima preovladavaju organogeni karbonati („slavinovički“ krečnjaci i dolomiti) uz sporadične laporce. Iznad njih su taloženi klastiti karakteristične crvene boje (pješčari i konglomerati) gradeći „crvenu“ seriju. Nastavak sedimentacijskog ciklusa čini „trakasta“ serija u kojoj je razvijena sona formacija uz prateće dolomite, anhidrite i tufove. Najmlađim miocenskim produktima pripadaju organogeni krečnjaci, gline, laporovite gline, pijeskovi i podređeno konglomerati. Razvoj donjeg pliocena okarakteriziran je taloženjem više slojeva lignita (glavni, I i II krovni ugljeni sloj). Vertikalno razviće pliocenskog paketa ima odlike ritmičnosti: kvarcni pijesak, glina (škriljava i alevritska) i lignit. Kvartarne tvorevine su razvijene duž korita potoka u formi proluvijalnih nanosa (drobina) te kao istaloženi terasni i aluvijalni sedimenti (pijeska i šljunak) (slika 1) (Čičić, et al, 1988.).



Sl.1. Geološka karta grada Tuzle (Čičić, 1988.)

Fig.1. Geological map of Tuzla (Čičić, 1988.)

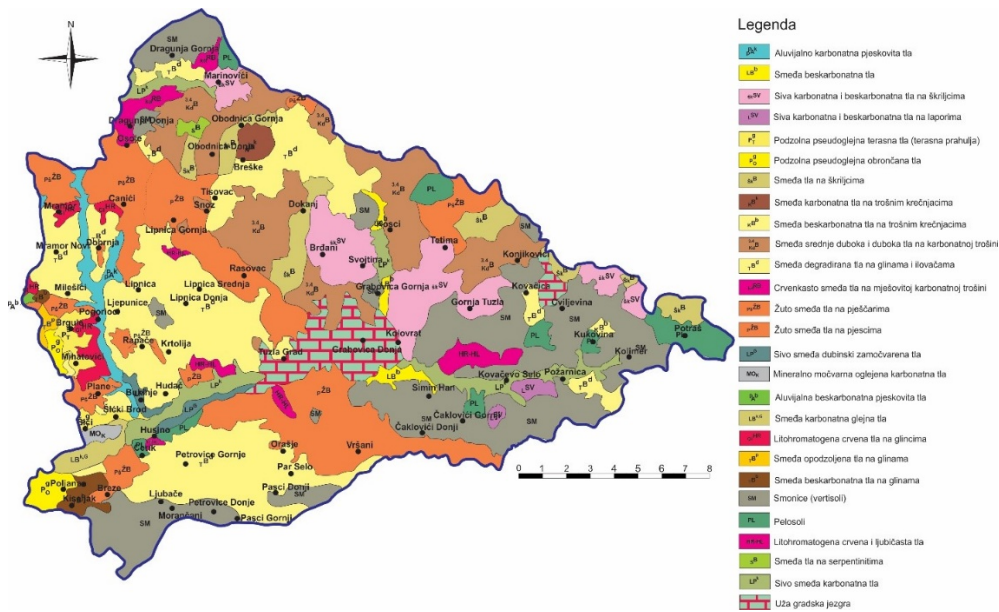
## Pedološke karakteristike

### Pedogeographic characteristics

Na pedološkoj karti (R=1:50 000) urbanog dijela grada Tuzle zastupljeno je 25 (automorfni i hidromorfni) tipova tla (Stjepić Srkalović, 2015.) (slika 2). Najzastupljeniji tipovi tala na istraživanom području su žutosmeđa tla na pjescima i pješčarima, smeđa degradirana tla na glinama i ilovačama, smeđa srednje duboka i duboka tla na karbonatnoj trošini, sivosmeđa karbonatna tla, sivosmeđa dubinski zamočvarena tla te pelosoli i smonice. Treba istaći, da je veliki dio ovih tala prekriven urbanom infrastrukturom te se ne koristi u poljoprivredne svrhe.

Kadmij je prisutan u tlu kao njegov prirodni sastojak, gdje njegov sadržaj najčešće iznosi 0,1-1,0ppm (Goletić, 2005.), sa srednjim sadržajem ovog elementa od 0,5ppm (Halamić, 2009.). Tolerantni nivo sadržaja kadmija u tlu je 2ppm. Njegov sadržaj u tlima je nizak, ali ima veliku sklonost nakupljanja u površinskim horizontima (Goletić, 2005.). Tla sa koncentracijom ovog elementa većom od 5ppm rezultiraju manjim urodom (Halamić, 2009.).

Prema „Pravilniku o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja“, najviše dozvoljene koncentracije kadmija u pjeskovitim tlima su 0,5ppm, u praškasto-ilovastim tlima 1ppm, dok su u glinovitim tlima maksimalno dozvoljene koncentracije 1,5ppm.



Slika 2. Pedološka karta grada Tuzla  
Fig.2. Pedological map of Tuzla

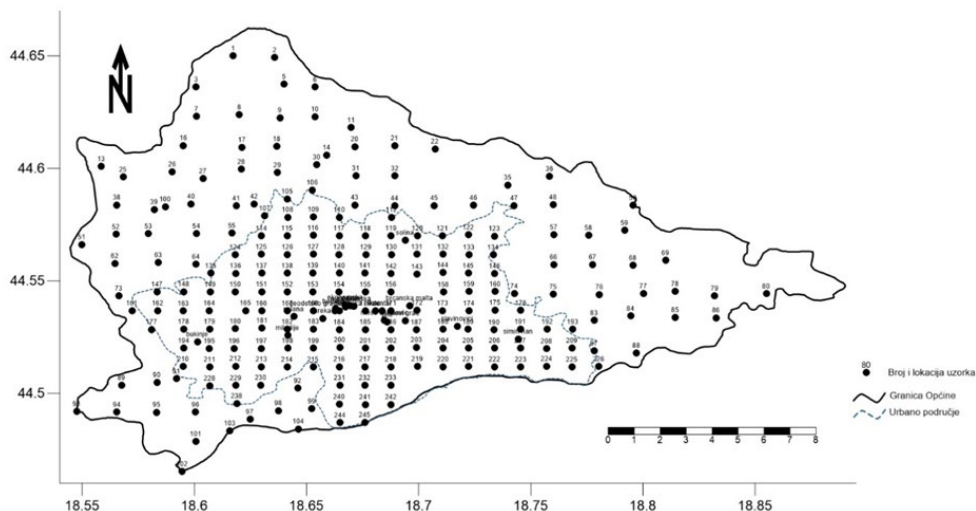
Tabela 1: Granične vrijednosti kadmija u zavisnosti od teksture tla za FBiH (prema Pravilniku).  
Table 1: Limited values for Cd depending on soil texture for FB&H (according to Ordinance).

| Teški metal       | Pjeskovito tlo | Praškasto-ilovasto tlo | Glinovito tlo |
|-------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Kadmij (Cd) u ppm | 0,5            | 1                      | 1,5           |

METODE ISTRAŽIVANJA  
METHODS OF RESEARCH

U toku izrade rada korištene su različite metode, kao što je analiza rezultata prethodnih istraživanja, definisanje koncepta rada i redoslijeda istraživanja, terenska istraživanja, priprema uzoraka za laboratorijska ispitivanja te izrada tematskih karata i tabela i sl. Terenski rad je podrazumijevao prikupljanje uzoraka tla (264 uzorka) sa 303 km<sup>2</sup> površine (u okviru granica grada Tuzle). Mreža uzorkovanja u urbanom dijelu je 1km x 1km, a u ruralnom dijelu 1,5km x 1,5km. Uzorci na krajnjem istočnom dijelu istraživanog područja nisu prikupljeni, jer je područje minirano. Uzorci označeni sa „a“ nakon rednog broja (246a-264a) su kontrolni uzorci prikupljeni u blizini škola u urbanom dijelu grada Tuzle.

Uzorci su prikupljeni po kompozitnoj shemi uzorkovanja tj. 5 poduzoraka prikupljenih sa uglova i centra kvadrata čine 1 uzorak. Uzorci su uzeti sa dubine od oko 30 cm te pohranjeni u PVC vrećice sa navedenim rednim brojem, lokalitetom, koordinatama i drugim podacima. Uzorkovanje tla je izvršeno prema uputama geohemijske ekspertne skupine (The Urban Geochemistry Project (URGE)) (Ottesen, et al 2008.).



**Slika 3. Lokacije uzorkovanja**  
**Fig. 3. Sample locations**

Priprema uzoraka tla za laboratorijsku analizu (sijanje, sušenje, mljevenje, vaganje) je izvršena na Rudarsko-geološko-građevinskom fakultetu Univerziteta u Tuzli. Laboratorijska analiza je obavljena u Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. laboratoriju u Vankuveru – Kanada, metodom ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry), kod MA 250. Detekcioni limit ove metode za Cd iznosi 0,02 ppm – 4000 ppm. Grafička obrada rezultata je izvršena u Golden software Surfer 16 programskom paketu.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

Koncentracije kadmija su analizirane u 264 uzorka tla prikupljena na području grada Tuzle i prikazane su u tabeli 2. Grafički prikaz koncentracija Cd u tlu urbanog dijela Tuzle je prikazan na slici 4.

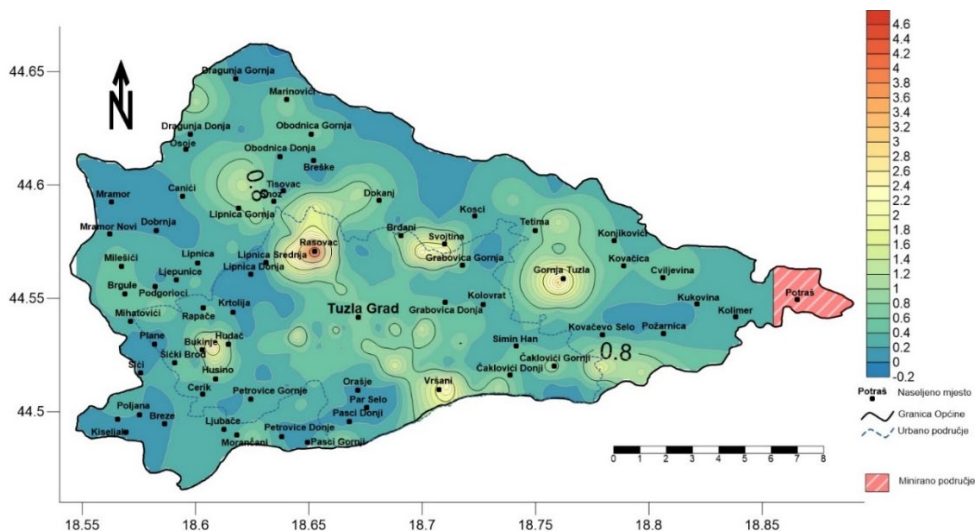
**Tabela 2: Koncentracija kadmija u tlu grada Tuzle**  
**Table 2: Cadmium concentrations in soil of Tuzla**

| No. | Cd ppm | No. | Cd ppm | No. | Cd ppm | No. | Cd ppm | No. | Cd ppm | No.  | Cd ppm |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|------|--------|
| 1   | 0,09   | 53  | 0,34   | 106 | 1,79   | 152 | 0,09   | 198 | 0,4    | 250a | 0,66   |
| 2   | 0,05   | 54  | 0,21   | 107 | 0,27   | 153 | 0,62   | 199 | 0,55   | 251a | 0,71   |
| 3   | 1,09   | 55  | 0,47   | 105 | 1,08   | 154 | 0,32   | 200 | 0,48   | 252a | 1,6    |
| 5   | 0,76   | 57  | 0,67   | 108 | 0,71   | 155 | 0,7    | 201 | 0,24   | 253a | 0,82   |
| 6   | 0,09   | 58  | 0,61   | 109 | 2,07   | 156 | 0,41   | 202 | 1,64   | 254a | 0,58   |
| 7   | 0,25   | 59  | 0,36   | 110 | 0,32   | 158 | 0,42   | 203 | 0,52   | 255a | 0,61   |
| 8   | 0,14   | 62  | 0,48   | 112 | 0,83   | 159 | 0,41   | 204 | 0,27   | 256a | 0,85   |

|     |      |     |      |     |       |     |      |      |      |      |       |
|-----|------|-----|------|-----|-------|-----|------|------|------|------|-------|
| 9   | 0,47 | 63  | 0,12 | 114 | 0,09  | 160 | 0,35 | 205  | 0,3  | 257a | 0,63  |
| 10  | 0,68 | 64  | 0,46 | 115 | 2,37  | 161 | 0,21 | 206  | 0,44 | 258a | 0,59  |
| 11  | 0,22 | 66  | 2,89 | 116 | 4,62  | 162 | 0,19 | 207  | 0,31 | 259a | 0,67  |
| 13  | 0,12 | 67  | 0,68 | 117 | 0,47  | 163 | 0,38 | 208  | 1,1  | 260a | 0,38  |
| 14  | 0,22 | 68  | 0,37 | 118 | 0,19  | 164 | 0,41 | 209  | 0,54 | 261a | 0,39  |
| 15  | 0,15 | 69  | 0,59 | 119 | 0,42  | 165 | 0,06 | 210  | 0,37 | 262a | 0,51  |
| 16  | 0,35 | 71  | 0,29 | 120 | 2,37  | 166 | 0,32 | 211  | 0,27 | 263a | 0,18  |
| 17  | 0,94 | 72  | 0,19 | 121 | 2,27  | 167 | 0,33 | 212  | 0,24 | 264a | 0,12  |
| 18  | 0,32 | 73  | 0,44 | 122 | 0,17  | 168 | 0,18 | 213  | 0,22 | Avg  | 0,515 |
| 19  | 0,51 | 74  | 0,39 | 123 | 0,15  | 169 | 0,28 | 214  | 0,18 |      |       |
| 19a | 0,39 | 75  | 0,48 | 124 | <0,02 | 170 | 0,71 | 215  | 0,41 |      |       |
| 20  | 0,36 | 76  | 0,15 | 125 | 0,11  | 171 | 1,04 | 216  | 0,2  |      |       |
| 21  | 0,26 | 77  | 0,14 | 126 | 1,31  | 172 | 1,42 | 217  | 0,22 |      |       |
| 22  | 0,11 | 78  | 0,09 | 127 | 1,22  | 173 | 0,41 | 218  | 0,13 |      |       |
| 25  | 0,04 | 79  | 0,33 | 128 | 0,56  | 174 | 0,54 | 219  | 1,24 |      |       |
| 26  | 0,16 | 80  | 0,26 | 129 | 0,34  | 175 | 0,33 | 220  | 2,41 |      |       |
| 27  | 0,56 | 83  | 0,34 | 130 | 0,38  | 176 | 0,41 | 221  | 0,56 |      |       |
| 28  | 1,36 | 84  | 0,16 | 131 | 0,37  | 177 | 0,08 | 222  | 1,11 |      |       |
| 29  | 0,11 | 85  | 0,25 | 132 | 0,26  | 178 | 0,34 | 223  | 0,31 |      |       |
| 30  | 0,09 | 86  | 0,35 | 133 | 0,31  | 179 | 2,74 | 224  | 0,13 |      |       |
| 31  | 1,14 | 87  | 1,86 | 134 | 0,24  | 180 | 0,26 | 225  | 0,19 |      |       |
| 32  | 0,39 | 88  | 1,27 | 135 | 0,14  | 181 | 0,56 | 226  | 0,4  |      |       |
| 35  | 0,7  | 89  | 0,36 | 136 | 0,09  | 182 | 0,55 | 228  | 0,21 |      |       |
| 36  | 0,16 | 90  | 0,11 | 137 | 0,03  | 183 | 0,38 | 229  | 0,17 |      |       |
| 38  | 0,08 | 91  | 0,25 | 138 | 0,24  | 184 | 0,38 | 230  | 0,31 |      |       |
| 39  | 0,13 | 92  | 0,47 | 139 | 0,48  | 185 | 1,03 | 231  | 0,23 |      |       |
| 40  | 0,11 | 93  | 0,07 | 140 | 0,95  | 186 | 0,72 | 232  | 0,13 |      |       |
| 41  | 0,38 | 94  | 0,05 | 141 | 0,41  | 187 | 0,81 | 233  | 0,09 |      |       |
| 42  | 0,96 | 95  | 0,15 | 142 | 0,56  | 188 | 0,51 | 238  | 0,24 |      |       |
| 43  | 0,6  | 96  | 0,32 | 143 | 0,38  | 189 | 0,26 | 240  | 0,05 |      |       |
| 44  | 0,12 | 97  | 0,83 | 144 | 0,38  | 190 | 0,35 | 241  | 0,2  |      |       |
| 45  | 0,22 | 98  | 0,12 | 145 | 0,41  | 191 | 0,4  | 242  | 0,34 |      |       |
| 46  | 0,27 | 99  | 0,12 | 146 | 0,39  | 192 | 0,25 | 244  | 0,92 |      |       |
| 47  | 0,22 | 100 | 0,19 | 147 | 0,82  | 193 | 0,49 | 245  | 0,23 |      |       |
| 48  | 1,33 | 101 | 0,28 | 148 | 0,3   | 194 | 0,63 | 246a | 0,46 |      |       |
| 50  | 0,25 | 102 | 0,29 | 149 | 0,46  | 195 | 1,14 | 247a | 1,12 |      |       |
| 51  | 0,27 | 103 | 0,26 | 150 | 0,12  | 196 | 0,48 | 248a | 0,6  |      |       |
| 52  | 0,47 | 104 | 0,12 | 151 | 0,37  | 197 | 0,15 | 249a | 1,2  |      |       |

## DISKUSIJA DISKUSSION

Od svih neesencijalnih teških metala, kadmij je vjerovatno metal koji je privukao najviše pažnje u pedološkim istraživanjima zbog svoje potencijalne toksičnosti za ljude. Još od šezdesetih godina prošloga vijeka, naučnici su upozoravali na opasnosti akumuliranja kadmija u lancu ishrane preko onečišćivača tj. gnojiva. Interes je dodatno pojačan nakon zagađenja poljoprivrednih zemljišta u Japanu otpadnim vodama onečišćenih kadmijem, što je dovelo do ozbiljnih zdravstvenih problema kod ljudi (itai-itai bolest) (Mohajer, et al, 2013).



Slika 4. Koncentracije kadmija (Cd) u tlu grada Tuzle  
Fig.4. Cadmium (Cd) concentrations in soil of Tuzla

Kadmij (Cd) je rijedak halkofilni element i nalazi se na 65. mjestu po učestalosti u Zemljinoj kori. Srednji sadržaj kadmija u magmatskim stijenkama je od 0,05 – 0,19ppm. U šejlovima on iznosi 0,3ppm, u pješčarima 0,02ppm, u karbonatima 0,035ppm i u glinama 0,42ppm. Srednji sadržaj ovog elementa u tlima je 0,5ppm. Mobilnost Cd je vrlo mala i jako ovisi o pH-vrijednostima okoliša. Postojan je na uticaj atmosferilija. Kadmij se obogaćuje u otpadnim muljevima, koji se često upotrebljavaju kao gnojivo u poljoprivredi (Halamić, 2009.).

Kadmij nema nikakve esencijalne biološke funkcije, ali je ipak pronađen u više od 1000 vrsta terestrične i akvatične flore i faune. On je apsolutno najopasniji teški metal u tlu i životnoj sredini uopće. Prirodni izvor kadmija je matični supstrat i najčešće se pojavljuje u sastavu minerala sfalerita i galenita tj. kao primjesa u sulfidnim rudama cinka i olova te se dobija kao nusproizvod u njihovoj proizvodnji (Goletić, 2005.).

U okoliš dospjeva putem vulkanskih emisija, šumskih požara, kao i antropogenih emisija iz industrije za preradu sirovina, saobraćaja, komunalnog smeća i mulja, spaljivanja fosilnih goriva, proizvodnji cementa te iz istrošenih baterija koje se odbacuju u otpad. U razvijenim zemljama fosfatna đubriva su najveći antropogeni izvori kadmija (Halamić, 2009., Brevik, 2013., Goletić, 2005.). U Velikoj Britaniji onečišćenje tla kadmijem putem fosfatnih gnojiva iznosi 4,3 g/ha godišnje (Johannesson, 2002.). Sadržaj kadmija u tlu je vrlo nizak, ali ima veliku sklonost nakupljanja, naročito u površinskim horizontima. Sadržaj kadmija u biljkama ovisi o vrsti biljke, a poznato je da se može i translocirati iz podzemnih u nadzemne dijelove biljaka (Goletić, 2005.).

Kadmij je klasificiran kao kancerogen za ljude od strane nekoliko regulatornih agencija, kao i od strane „The International Agency for Research on Cancer“ (IARC). Oko 25% svih smrti vezanih za kancer su povezane sa gastrointestinalnim kancerima. Teški metali kao što je kadmij predstavljaju rizik za zdravlje ljudi, jer se radi o nerazgradivim supstancama sa veli-

kim spektrom efekata. Cd ima tendenciju akumuliranja u organizmu, najčešće u bubrezima, jetri, pankreasu, tiroidnoj žlijezdi i kostima.

Hronično izlaganje nižim koncentracijama kadmija ispoljava se u obliku anemije i poremećaja u funkciji jetre. Također utiče na nervni i digestivni sistem i ima kancerogene posljedice, posebno kod djece (Mohajer, 2013.).

**Tabela 3: Granične vrijednosti Cd (u ppm) u tlima u razvijenim zemljama [15].**

**Table 3: Limited values of Cd (in ppm) in soils of developed countries**

| Države                           | Kana da | Danska | Finska | Češka | Holandija | Švicarska | Irska | Ist. Europa |
|----------------------------------|---------|--------|--------|-------|-----------|-----------|-------|-------------|
| Granične vrijednosti za Cd (ppm) | 0,5     | 0,3    | 0,3    | 0,4   | 0,8       | 0,8       | 1,0   | 0,2         |

Koncentracije kadmija u tlu grada Tuzle variraju od <0,02ppm (uzorak 124 u naselju Lipnica) do 4,62ppm (uzorak 116), što je maksimalna zabilježena vrijednost na istraživanom prostoru.

Koncentracije kadmija na nekoliko lokacija prelaze koncentracije dozvoljene *Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu* (tabela 2, slika 4). Najviše izmjerene koncentracije kadmija u tlu su zabilježene na području naselja Rasovac (uzorci broj: 106, 109, 115 i 116), zatim na području naselja Svojtina (uzorci broj 120 i 121), na području naselja Bukinje – Hudeč (uzorak 179), u naselju Vršani (uzorak 220) te u Gornjoj Tuzli (uzorci 66 i 87).

Uzorci uzeti na pravcu naselje Rasovac – Moluška rijeka, uključuju i uzorak prikupljen u neposrednoj blizini gradske deponije otpada „Desetine“, dok je uzorak 179 blizini odlagališta šljake i pepela Divkovići I i II. Treba naglasiti da su uzorci uzeti u i oko naselja Vršani u neposrednoj blizini PK Dubrave. Navedene lokacije nedvojbeno ukazuju na izvore onečišćenja tla ovim elementom. Ostali lokaliteti sa povišenim koncentracijama Cd, rašireni su na prostoru cijelog grada (urbani i ruralni dio), a uzroci onečišćenje mogu biti različiti, od pretjerane upotrebe fosfatnih đubriva do spaljivanja fosilnih goriva, saobraćaja i dr.

Svi navedeni uzorci premašuju 1,5ppm što je gornji limit za teška tla (prema Pravilniku) u Bosni i Hercegovini. Međutim, ukoliko bi se pridržavali graničnih vrijednosti Cd u tlima razvijenih zemalja (tabela 3), jasno je da bi mnogo veći broj uzoraka prelazio granične vrijednosti, što je više nego zabrinjavajuće imajući u vidu posljedice dugoročnoj izloženosti ovom elementu.

## ZAKLJUČAK CONCLUSION

Koncentracije kadmija analizirane su na 264 uzorka tla prikupljena na području grada Tuzla. Uzorci su prikupljeni prema pravilnoj mreži (1x1km u urbanom dijelu i 1,5x1,5km u ruralnom dijelu grada), na površini od 303km<sup>2</sup>. Laboratorijska analiza je obavljena u Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. laboratoriju u Vankuveru – Kanada, metodom ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry), kod MA 250. Detekcioni limit ove metode za kadmij iznosi 0,02 ppm – 4000 ppm. Rezultati analize su obrađeni u Golden software Surfer 16 paketu i prikazani kartografski metodom konturisanja. Na spomenutoj karti vidljivo je da su koncentracije kadmija na istraživanom području povišene i variraju od <0,02ppm -



4,62ppm. Povišene koncentracije kadmija su zabilježene na desetak lokaliteta (prema Pravilniku). Najviše koncentracije su zabilježene u uzorcima broj: 66, 87, 106, 109, 115, 116, 120, 121, 179, 220 i 252a. Najviša koncentracija kadmija je evidentirana na uzorku 116 (4,62ppm), prikupljenom u neposrednoj blizini gradske deponije otpada i tri puta premašuje dozvoljenu vrijednost.

Broj uzoraka koji prelaze dozvoljene vrijednosti bi bio drastično veći ukoliko bi se vodili uputama razvijenih zemalja.

Analizirajući prostorni raspored uzoraka, možemo zaključiti da su povišene koncentracije kadmija zabilježene u blizini odlagališta šljake i komunalnog otpada, putne infrastrukture, površinskog kopa „Dubrave“ te na određenim površinama koje se koriste u poljoprivredne svrhe, što ukazuje da su izvori zagađenja ovim elementom posljedica ljudskih djelovanja na istraživanom području.

S obzirom da se radi o kancerogenom elementu, koji ima tendenciju akumuliranja u organizmu, trebalo bi sprovesti još detaljnija istraživanja koncentracija kadmija u tlu, vodi, biljkama i zraku, s ciljem smanjenja kancerogenih oboljenja stanovnika Tuzle.

### Literatura i izvori

#### Literature and sources

1. Stjepić Srkalović, Ž. 2015: Pedogeografske karakteristike područja općine Tuzla. Magistarski rad. Univerzitet u Tuzli;
2. Federalni zavod za statistiku; Popis stanovništva, domaćinstava i stanova u Bosni i Hercegovini, Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 2013.
3. Ćirić, M. (1991). Pedologija. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Svjetlost Sarajevo.
4. Stjepić Srkalović, Ž., Ahmetbegović, S., Gutić, S. 2016: Način korištenja, ugroženost i devastacija tla na području grada Tuzle, Zbornik radova PMF, Svezak Geografija, Godina XII, Broj 12, Tuzla. str. 105-112;
5. Halamić, J., Miko, S. (2009). Geokemijski atlas Republike Hrvatske. Hrvatski geološki institut. Zagreb.
6. Brevik, C. E., Burges, C. L., 2013, Soils and human health, by Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA.
7. Čičić, S., Jovanović, Č., Mojičević, S., Tokić, S., Dimitriv, P., (1988). Osnovna geološka karta SFRJ, list Tuzla, 1: 100 000, OOUR Geoinstitut Sarajevo.
8. Pedološka karta, 1:50000, list Tuzla 4, Zavod za agropedologiju, Sarajevo, 1967.
9. Goletić, Š., Teški metali u okolišu, Mašinski fakultet, Zenica, 2005.
10. Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metode njihovog ispitivanja, Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, broj 72/09, Sarajevo.
11. Ottesen, R.T., Alexander, J., Langedal, M., Haugland, T., Høygaard, E. 2008: Soil pollution in day-care centers and playgrounds in Norway: national action plan for mapping and remediation. Environmental.
12. Johanneson, M., A review of risks associated to arsenic, cadmium, lead, mercury and zinc, The market implication of integrated management of heavy metals flows for bioenergy use in EU Thermie, Kthm University, Sweden, 2002.
13. Mohajer, R., et al, The status of lead and cadmium in soils of high prevalence gastrointestinal cancer region of Isfahan, Journal of research in Medical sciences, 2013.
14. De Vries, W., Bakker, D.J., Manual for calculating critical loads of heavy metals for terrestrial ecosystems, Guidelines for critical limits, calculation methods and input data, Wageningen, Netherlands, 1998.
15. <http://pubs.sciepub.com/wjac/4/2/3/>

ZAHVALA  
ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo se Uredu za Naučno-istraživački rad Univerziteta u Tuzli i Federalnom ministarstvu obrazovanja i nauke za finansijsku potporu u realizaciji naučno-istraživačkog projekta: "Koncentracija teških metala u tlu grada Tuzle". Br. Projekta: 01-7227-1/15 Federalno ministarstvo obrazovanja i nauke 05-39-3868-2/15, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerziteta u Tuzli.

SUMMARY

**CADMIUM (Cd) DISTRIBUTION IN TUZLA TOPSOIL**

**Stjepić Srkalović Željka**

University of Tuzla, faculty of n, Odsjek za geografiju, Urfeta Vejzagića 4, Tuzla, Bosna i Hercegovina

[zeljka.stjepic-srkalovic@untz.ba](mailto:zeljka.stjepic-srkalovic@untz.ba)

Cadmium concentrations were analyzed on 264 soil samples collected in the city of Tuzla. Samples were collected according to the correct network (1x1km in the urban part and 1.5x1.5km in the rural part of the city), on an area of 303km<sup>2</sup>. Laboratory analysis was performed at Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. laboratory in Vancouver - Canada, by the method of ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry), code MA 250. The detection limit of this method for cadmium is 0.02 ppm - 4000 ppm. The results of the analysis were processed in the Golden software Surfer 16 package and presented by cartographic contouring method. The mentioned map shows that the concentrations of cadmium in the study area are elevated and vary from <0.02ppm - 4.62ppm.

Elevated cadmium concentrations were recorded at a dozen of sites (according to the Ordinance). The highest concentrations were recorded in samples number: 66, 87, 106, 109, 115, 116, 120, 121, 179, 220 and 252a. The highest concentration of cadmium was recorded in sample 116 (4.62ppm), collected in the immediate vicinity of the city landfill and exceeding the permitted value three times.

The number of samples exceeding the allowed values would be drastically higher if they were guided by the instructions of developed countries.

Analyzing the spatial distribution of samples, we can conclude that elevated concentrations of cadmium were recorded near slag and municipal waste landfills, road infrastructure, open pit "Dubrave" and in certain areas used for agricultural purposes, which indicates that the sources of pollution by this element are due to human activities in the research area.

Since it is a carcinogenic element, which tends to accumulate in the body, even more detailed research should be conducted on the concentration of cadmium in soil, water, plants and air, in order to reduce carcinogenic diseases in Tuzla.

### **Author**

**Željka Stjepić Srkalović**, master of geographical sciences, graduated at the Faculty of Sciences and Mathematics, University of Tuzla. Elected for senior associate assistant at the Faculty of Sciences and Mathematics, Geography Department in Tuzla, scientific field Physical geography. Author and coauthor of numerous scientific and professional papers published in scientific journals and one scientific book "Pedogeografija".