

UDK 582.632.2:54

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**ОПТЕРЕЂЕНОСТ ЗЕМЉИШТА ТЕШКИМ МЕТАЛИМА У  
НАЈЗНАЧАЈНИМ ТИПОВИМА ШУМА ХРАСТА ЛУЖЊАКА  
ЗАХВАЂЕНИХ РАЗЛИЧИТИМ СТЕПЕНИМА СУШЕЊА**

Галић Зоран<sup>1</sup>, Иванишевић Петар, Клашња Бојана, Кеберт Марко

**Извод:** У раду су приказани подаци о едафским условима и оптерећености земљишта тешким металима у три најзаступљенија типа шуме храста лужњака захваћених различитим степеном сушења. Доминантна систематска јединица земљишта је била чернозем оглејани (ливадска црница). Садржај фракције праха+глине је био преко 50%, а текстурна класа иловача до глиновита иловача. У типовима шума са израженим процесом сушења се повећава садржај тешкоприступачне воде. Хемијске особине земљишта су са мањом варијабилношћу, а најизражнија одступања су везана за садржај и однос угљеника и азота. Врло висок садржај никла је утврђен у свим типовима шума захваћених различитим степенима сушења.

**Кључне речи:** лужњак, станишни услови, тешки метали

**SOIL HEAVY METALS CONTENTS IN THE MOST IMPORTANT TYPES OAK  
FORESTS AFFECTED BY DIFFERENT DEGREES OF DRYING**

*We evaluated the heavy metals content and edaphic conditions in three most common types of oak forests affected by different degree of drying. Meadow black soil was indicated as a dominant systemic soil unit. Content of silt+clay fraction was above 60%, and two major textural classes were loam and clayey loam. The content of hardly available water was the highest in all types of forests with the most prominent drying process (ranging from 21,65 to 24,13%). Chemical soil properties varied only slightly, and the most prominent deviations were related to the content and ratio of carbon and nitrogen. Very high content of nickel was found in all types of forests affected by different degrees of drying.*

**Key words:** *Quercus robur, site conditions, heavy metals.*

---

<sup>1</sup> Зоран Галић, научни саветник, Универзитет у Новом Саду, Институт за низијско шумарство и животну средину, Иванишевић Петар, научни сарадник, Универзитет у Новом Саду, Институт за низијско шумарство и животну средину, Клашња Бојана, научни саветник, Универзитет у Новом Саду, Институт за низијско шумарство и животну средину, Кеберт Марко, истраживач сарадник, Универзитет у Новом Саду, Институт за низијско шумарство и животну средину

## УВОД

Храст лужњак (*Quercus robur* L.) је доминантна врста дрвећа у природним шумама у подручју Равнога Срема у свези хигрофилних шума лужњака и јове *Alno – Quercion roboris* (Томић, 1992). Станишта су високопродуктивна, а очуване састојине у равном Срему представљају највредније шуме у Србији. Дубравац и Деканић (2009) наводе да су средњодобне и дозревајуће састојине најподложније сушењу стабала храста лужњака, као и то да се највећи интензитет сушења догађају у шумским заједницама храста лужњака у низи. Сушење шума лужњака доводи до погоршања хидролошког режима, измена микроклиме, погоршање биолошке компоненте земљишта што све утиче на цели низ промена у микроекосистему (Деканић, 1975). Приликом поновног пошумљавања, Деканић, (1975) наводи да се прво морају створити еколошки предуслови да би такве површине могле обновити врстама шумског дрвећа које су пре градиле састојину (*Q. robur* и *F. angustifolia*). Велика површина под шумама храста лужњака у алувијалној равни Саве је изван утицаја поплавних вода, што је довело до промене станишних услова.

Накупљање велике количине тешких метала кроз дуже време у органском делу земљишта доводи до контаминације организама у земљишту који имају врло важну улогу при његовом даљем развоју (Врбек и Пилаш, 2004). Негативни ефекти повећања тешких метала у земљишту на организме видљиви су када је садржај цинка у земљишту већи него  $500 \text{ mgkg}^{-1}$ , бабра већи од  $20\text{-}100 \text{ mgkg}^{-1}$ , а олова  $50\text{-}250 \text{ mgkg}^{-1}$ , односно граничне вредности садржаја тешких метала које се могу толерисати у земљишту су за олово  $50\text{-}100 \text{ mgkg}^{-1}$ , бакар  $30\text{-}60 \text{ mgkg}^{-1}$ , а цинк  $100\text{-}200 \text{ mgkg}^{-1}$  (Tyler et al., (1989); Baath, 1989; Alberti et al., 1996; Врбек и Пилаш, 2004).

Радовима Мајер, (1987, 1991), Комленовић et al., (1991). Врбек и Пилаш (2000) доказан је врло значајан унос олова, бабра, цинка и кадмија у земљиште поплавних подручја низијских шума средишње Хрватске. Разлог тој појави лежи у све већем онечишћењу водотока. Према подацима за сливно подручје реке Саве, само је 27% отпадних вода прочишћено најједноставнијим механичким поступком (Врбек и Пилаш, 2004). Према Мајер, (1991), високе концентрације онечишћења наступају за време дуготрајних ниских водостаја.

Циљ рада је приказивање оптерећености тешким металима земљишта у шумама храста лужњака у Србији у алувијалној равни реке Саве, а захваћених различитим степеном сушења. Истраживања овог типа су потребна због високог уноса тешких метала у земљишта поплавних подручја низијских шума у алувијалној равни реке Саве у средњој Хрватској, појаву сушења шума храста лужњака у Србији, као и непостојање података о оптерећености земљишта тешким металима у шумама храста лужњака у алувијалној равни реке Саве у Републици Србији.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Истраживане површине одабране су у брањеном делу алувијалне равни Саве у девет храстових састојина. Извршен је избор у три типа шума са три степена сушења. У зависности од микро-релјефних услова, отворени су педолошки профили за проучавање морфологије земљишта и узети су узорци за лабораторијску анализу. Детерминација земљишта је извршена на основу Класификације земљишта Југославије (Шкорић et al., 1985). Гранулометријски састав (%) одређен је на основу међународне Б-пипет методе са припремом у натријум пиррофосфату (Група аутора, 1997). Текстури састав је одређен на основу Атербергове класификације. Ретенција на  $Rv_{0,1b}$  и  $Rv_{0,33b}$  % (масених), утврђени су на Pressure plate extractor, Richards (1947), и задржавање воде  $Rv_{6,25b}$  (% масених) одређена је Richards pressure membrane и диференцијалног регулатора живе, Richards, (1947). Доступност воде (квк) (% масених) израчуната је као разлика између  $Rv_{0,33b}$  и  $Rv_{6,25b}$  по формули  $квк = Rv_{0,33b} - Rv_{6,25b}$ .

Хемијске особине земљишта су одређени следећим методама (група аутора, 1971): хумус (%) методом Турина, по модификацији Симакова, 1957,  $CaCO_3$  (%) волуметријском методом, на калциметру; pH у  $H_2O$  са комбинованом електродом на Радиометер pH метру, C и N на CHN анализатору, Ca, K, Mg, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu и Zn на ААС.

Истраживања су обављена у следећим типовима шуме:

71 (IV<sub>2</sub>) Тип шуме јасена и лужњака (*Fraxineto-Quercetum typicum*) на сувљим варијантама ритских црница

73 (IV<sub>4</sub>) Тип шуме јасена и лужњака са кленом и жешљом и богатим спратом жбуња у неплавном делу Горњег Срема (*Fraxineto Quercetum roboris aceretosum*) на најсувљим варијантама ритских црница и на ливадским црницама са знацима лесивирања

112 (VI<sub>3</sub>) Тип шуме лужњака, граба и јасена (*Carpino - Fraxino Quercetum roboris caricetosum remotae*) на ливадским црницама у неплавном подручју

Оцена степена оптерећености земљишта тешким металима је извршена на основу критеријума Вгуне Elinghaus, (1981) за MDK (максимална дозвољена концентрација пољопривредних земљишта). У Србији постоји правилник само за MDK за пољопривредна земљишта.

**Табела 1.** Степен оптерећености земљишта у односу на MDK

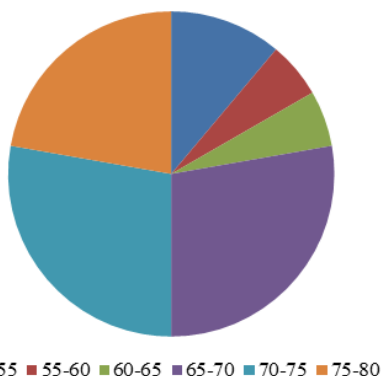
*Table 1.* The level of load compared to maximum allowed level

Степен оптерећености % / Degree of contamination %				
1-5	5-10	10-25	25-50	50-100
Врло низак <i>Very low</i> VN	Низак <i>Low</i> N	Средњи <i>Average</i> S	Висок <i>High</i> V	Врло висок <i>Very high</i> VV

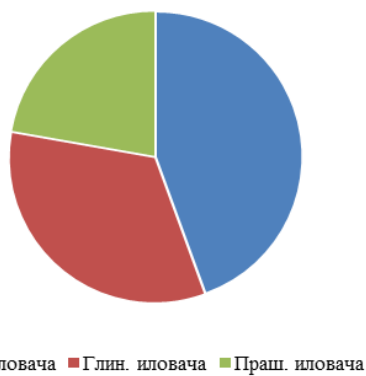
## РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На истраживаним локалитетима је укупни садржај праха+глине био изнад 50,0 % односно кретао се од 52,8 до 78,5 % (графикон 1). Висок садржај фракције праха+глине је условио текстурне класе у интервалу од иловаче до глиновите иловаче (графикон 2).

**Графикон 1.** Садржај фракције праха +глине  
*Graph 1. Silt+clay content*



**Графикон 2.** Текстурна класа  
*Graph 2. Texture class*



**Табела 2.** Садржај лакоприступачне воде  
*Table 2. The amount of water R0.1<sub>b</sub>-R6.25<sub>b</sub>*

Количина воде Amount of water m <sup>3</sup> /ha, %	IV <sub>2</sub>	IV <sub>4</sub>	VI <sub>3</sub>
	Нисак Low	2772,55 84,00	3356,28 86,59
Средњи Average	2613,68 80,21	2585,52 76,30	3172,40 80,96
Висок High	2237,72 75,87	2373,60 76,02	2952,59 78,35

**Табела 3.** Садржај тешкоприступачне воде

*Table 3. The amount of water R6.25<sub>b</sub>-R15<sub>b</sub>*

Количина воде Amount of water m <sup>3</sup> /ha, %	IV <sub>2</sub>	IV <sub>4</sub>	VI <sub>3</sub>
	Нисак Low	528,06 16,00	519,64 13,41
Средњи Average	644,80 19,79	803,00 23,70	746,26 19,04
Висок High	711,56 24,13	748,80 23,98	815,93 21,65

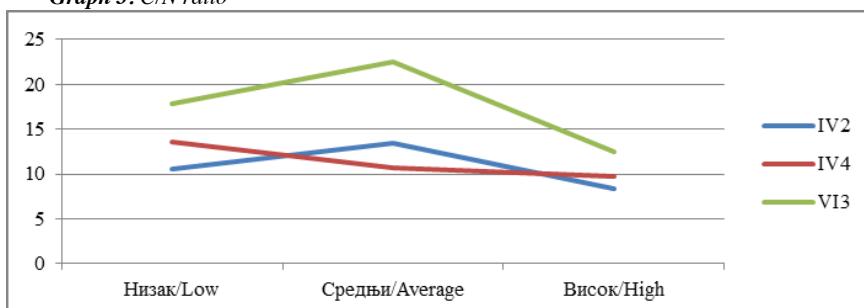
Садржај лакоприступачне воде у профилу се кретао од 75,87 до 86,59% (табела 1). Највећа количина лакоприступачне воде је забележена за слаб интензитет сушења, док је највећи садржај тешкоприступачне воде везан

за земљишта са најјаче израженим степеном сушења (табела 2). У овим земљиштима је утврђен садржај од 21,65 до 24,13%.

Однос угљеника и азота упућује (графикон 3) на изражену хумификацију у шумама захваћеним јаким степеном сушења. У састојинама са јаким интензитетом сушења је однос од 8,32 до 12,43.

**Графикон 3.** Однос C/N

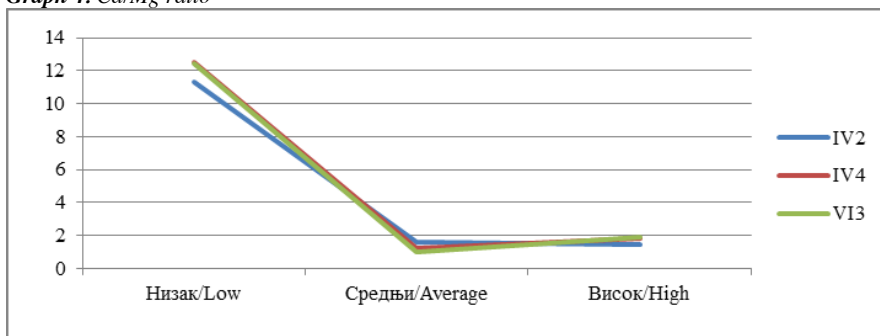
*Graph 3. C/N ratio*



Најшири однос Ca/Mg у хумусноакумулативном хоризонту је утврђен за слабо изражен степен сушења у типовима шума IV<sub>4</sub> и VI<sub>3</sub> (графикон 4.). У осталим типовима шума и за изражене степене сушења је однос Ca/Mg уједначен.

**Графикон 4.** Однос Ca/Mg

*Graph 4. Ca/Mg ratio*

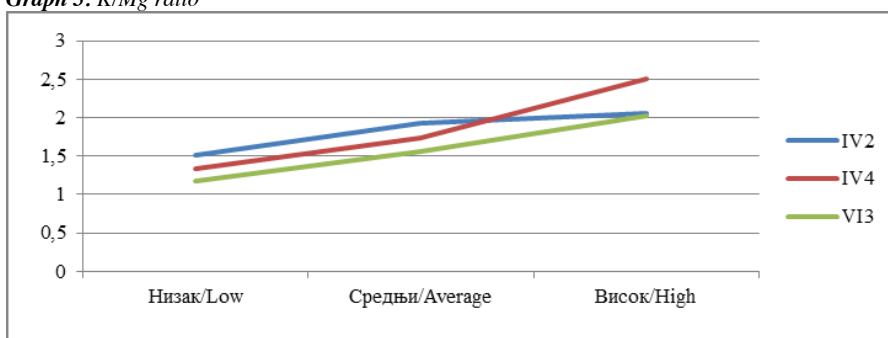


Однос K/Mg је био најужи у свим типовима шума захваћеним slabим степеном сушења.

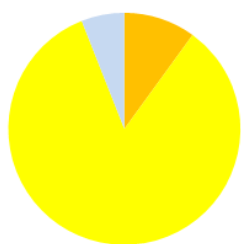
Оптерећеност земљишта оловом и кадмијумом се просечно кретала од 10 до 25 % , што према критеријуму Brune Elinghaus представља средњу оптерећеност земљишта овим тешким металима (графикони 6 и 7). Сличан случај је и са садржајем цинка и бакра (графикони 8 и 9).

**Графикон 5.** Odnos K/Mg

*Graph 5. K/Mg ratio*

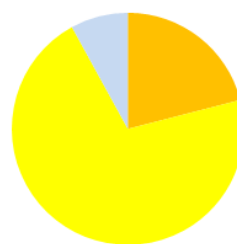


**Графикон 6.** Садржај олова  
Graph 6. Content of lead



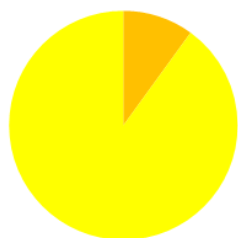
■ VV ■ V ■ S ■ N ■ VN

**Графикон 7.** Садржај кадмијума  
Graph 7. Content of cadmium



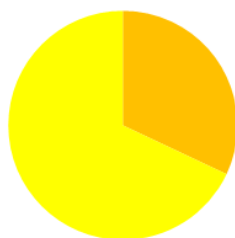
■ VV ■ V ■ S ■ N ■ VN

**Графикон 8.** Садржај цинка  
Graph 8. Content of zink



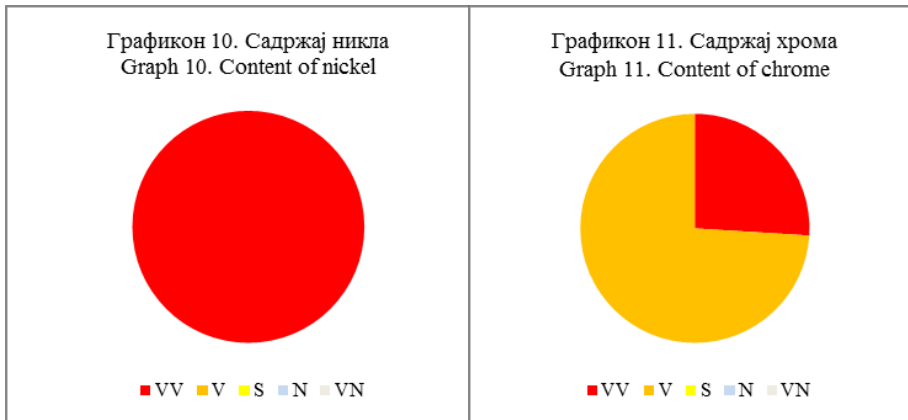
■ VV ■ V ■ S ■ N ■ VN

**Графикон 9.** Садржај бабра  
Graph 9. Content of copper



■ VV ■ V ■ S ■ N ■ VN

У просеку врло висока и висока оптерећеност земљишта је утврђена за садржај никла и хрома (графикони 10 и 11).



### ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Основне физичке особине земљишта на истраживаним објектима су у складу са досадашњим истраживањима у подручју Срема (Иванишевић и Грбић, 1992). Детаљнија истраживања су посвећена водновоздушним особинама земљишта. На истраживаним површинама је утврђено да је највећи степен сушења забележен на земљиштима са највећом количином тешкоприступачне воде. Наведена појава се може повезати са изостанком додатног влажења површинским водама, као и недовољним влажењем подземним водама. Уз чињеницу да се очекује смањена количина падавина у будућности (Галић, 2010) може се очекивати још већи дефицит воде у земљишту, а тиме и израженија суша. Последице тога би могле бити у још израженијем сушењу, а тиме и обешумљавању. У том контексту, Деканић, (1975), обешумљавање доводи до даљег погоршања водног режима, а потом и до измене микроклиме, погоршање биолошке компоненте земљишта што све утиче на цели низ промена у микроекосистему.

На промене у микроекосистему упућује и садржај угљеника и азота, као и однос C/N. Поменути чиниоци су били највећи у степенима са израженим сушењем, што се може повезати са отварањем склопа, а тиме и до брже минерализације органске материје.

Најтоксичнији тешки метали за биљке и животиње су олово, кадмијум, никл и жива (Stefanovits et al., 1999), тако да је и тежиште истраживања на овим тешким металима. Олово је први метал који је екстрахован из руде (Nriagu et al., 1998) и један је од најтоксичнијих тешких метала у животној средини (Zhang, 2003). Глобално загађивање животне средине је повезано са

накупљањем олова у истој (Врбек et al., 2001). С обзиром да олово није есенцијални елемент његова токсичност је изражена и у траговима (Shroeder, 1973). Врбек et al., (2004) наводе да су граничне вредности олова у земљишту које се могу толерисати од 50 до 100 mgkg<sup>-1</sup>, односно да се негативни ефекти повећања садржаја олова у земљишту уочавају при концентрацији од 50 до 250 mgkg<sup>-1</sup>. Истраживања већег аутора су потврдила да је максимална прихватљива вредност олова од 100 mgkg<sup>-1</sup> (Кадовић и Кнежевић, 2002). Максимална дозвољена концентрација олова у земљишту (пољопривредном) у Републици Србији износи до 100 mgkg<sup>-1</sup>. На основу наведених показатеља највећи број истраживаних узорака је показао средњу оптерећеност оловом. С обзиром на чињеницу да се олово накупља у земљишту потребно је вршити даље праћење јер може доћи до концентрације и до 50 mgkg<sup>-1</sup> када се могу очекивати и први негативни ефекти (Shroeder, 1973).

Кадмиј као и олово није есенцијални елемент тако да и у малим количинама токсично делује на биљке, човека и животиње (Schroeder, 1973). Садржај кадмија у неоптерећеним земљиштима је мањи од 1 mgkg<sup>-1</sup>. У градским парковима се креће од 0,5 до 5 mgkg<sup>-1</sup>, а у близини аутопутева је 3 mgkg<sup>-1</sup>. Онечишћење је последица рударства, прераде тешких метала, сагоревања отпада, замуљивања канала, коришћење фосфорних ђубрива и саобраћаја. Емисија везана за саобраћај је везана за трошење гума (20-90 Cd kg<sup>-1</sup> гуме) и емисију издувних гасова као последица сагоревања дизел горива. Оптерећеност на глобалном нивоу се процењује на 8000 тона годишње (Stefanovits et al., 1999), а у средњој Европи од 1,5 до 35 g ha<sup>-1</sup> годишње. Кадмиј је мобилнији када доспе у земљиште у односу на олово, цинк и бакар (Aboulroos, 2006).

Садржај никла се у земљиштима повећава од 50-тих година прошлог века, а повезан је са све интензивнијом прерадом нафте (Stefanovits et al., 1999). Висока оптерећеност овим тешким металом у односу на MDK је утврђена у свим истраживаним типовима шума. Наведена чињеница указује да степен оптерећености земљишта тешким металима није примарни узрок у комплексу фактора који утичу на сушење шума.

Садржај цинка, бакра и хрома је у границама утврђеним MDK.

## ЗАКЉУЧЦИ

У раду је извршена анализа физичких, водновоздушних и хемијских особина земљишта у најзаступљенијим типовима шума храста лужњака захваћеним различитим степенима сушења.

Садржај тешкоприступачне воде је био највећи у шумама са израженим сушењем, а изостанком додатног влажења поплавним водама се не обезбеђује довољна количина воде.

Садржај тешких метала у земљишту у истраживаним типовима није показивао знатна одступања. Највећи садржај је показивао садржај никла. Степен оптерећености земљишта тешким металима није примарни узрок у



комплексу фактора који утичу на сушење шума. Садржај цинка, бакра и хрома је у границама утврђеним МДК.

### **Захвалница**

*Овај рад је реализован у оквиру програма Интегрисаних и интердисциплинарних истраживања 43002 за период од 2011 до 2014. године који финансира Министарство за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије.*

### **ЛИТЕРАТУРА**

- Alberti, G., Hauk, B., Kohler, H. R., Storch V. (1996): Dekomposition. Qualitative und quantitative Aspekte und deren Beeinflussung durch geogene und anthropogene Belastungsfaktoren. Ecomed-Verlag, Landsberg, 490 S.
- Alloway, B. J. (1995): Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Professional, 123-305, London.
- Aboulroos S.A., Helal, M.I.D., Kamel, M.M. (2006): Remediation of Pb and Cd polluted soils using in situ immobilization and phytoextraction techniques. Soil & Sediment Contamination, vol 15: p. 199-215
- Baath, E. (1989): Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations (a review). Water, Air and Soil Pollution, 47: 335-379.
- Brune, H., Ellinghaus, R. (1981): Schwermetallgehalte in landwirtschaftlich genutzten Ackerböden Hessens. Landw. Forschung 38:338-349, Trier.
- Dekanić, I. (1975): Utvrđivanje najpogodnijih vrsta drveća i metoda obnove opustošenih površina sušenjem hrasta lužnjaka, Šumarski list, br. 4-6: 119-128.
- Dubravac T., Dekanić S. (2009): Struktura i dinamika sječe suhих i odumirućih stabala hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu od 1996. do 2006. године. Šumarski list br. 7-8, CXXXIII str. 391-405.
- Galić Z., Orlović S., Klačnja B. (2010): Microclimate conditions – possible link of understanding vulnerability of forest ecosystems under climate change. International Scientific Conference „Forest ecosystems and climate changes“. Plenary lectures p. 213-219, Srbija
- Grupa autora (1971): Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga I, JGPZ, Beograd.
- Grupa autora (1997): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta, Priručnik za ispitivanje zemljišta. JDPZ, str. 278, Novi Sad
- Ivanišević P., Grbić P. (1992): Rezultati proučavanja zemljišta u šumama Ravnog Srema. Institut za topolarstvo, Novi Sad
- Kadović R., Knežević M. (2002). Teški metali u šumskim ekosistemima Srbije. Šumarski fakultet Beograd, str. 278
- Nriagu J.O. (1998): Tales told in lead. Science vol 281 issue 5383 p.1622-1625

- Mayer, B. (1987): Rezultati prvih istraživanja olova, kadmija, sumpora i fluora u tlu nizinskih šuma bazena Kupčina. Šum. list 1/2:19-27, Zagreb. 181
- Mayer, B. (1991): Penetration des metaux lourds (Pb, Cu, Zn) a l'interieur des sols forestiers des valle de la Croatie septentrionale par courents d'eau inondee pollue. 10e Congres forestier mondial. pp 6, Paris.
- Richards, L.A.(1947): Pressure-Membrane Apparatus-Constructions and use, Agricult. Engin., Vol 28, No 10
- Schroeder H.A. (1973): The trace elements and Nutrition. Faber and Faber , London
- Stefanovits P., Filep Gy., Fuleky Gy. (1999): Talajtan. Mezogazda kiado Budapest. p 1-469.
- Tomić, Z. (1992): Šumske fitocenoze Srbije, Šumarski fakultet, Beograd, p. 132
- Tyler G. (1989): Uptake, retention and toxicity of heavy metals in lichens. A brief review. *Water, Air and Soil Pollut.* 47(3-4): 321-333.
- Škorić, A., Filipovski G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Knjiga 13, Sarajevo
- Vrbek, B., I. Pilaš (2000): Pedoekološke značajke šume "Žutica". Rad. Šumar. inst. 35(1): 13-36, Jastrebarsko
- Vrbek, B., I. Pilaš, I. (2001): Sadržaj teških kovina (Pb, Cu, Zn i Cd) u kalkokambisolu na području pošumljenih površina krša Hrvatske. Radovi Šumarskog Instituta 36 (2): 139-150, Jastrebarsko
- Vrbek, B., I. Pilaš, (2004): Teške kovine (Pb, Cu i Zn) u tlu šume hrasta lužnjaka i običnoga graba, Rad. Šumar. inst. 39 (2): 169-184, Jastrebarsko
- Zhang Y. (2003): 100 Years of Pb deposition and transport in soils in champaign, Illinois, U.S.A. *Water, Air, and Soil Pollution* 146: 197-210

### **S u m m a r y**

#### **SOIL HEAVY METALS CONTENTS IN THE MOST IMPORTANT TYPES OAK FORESTS AFFECTED BY DIFFERENT DEGREES OF DRYING**

*Galić Zoran, Ivanišević Petar, Klačnja Bojana, Kebert Marko*

*We evaluated the heavy metals content and edaphic conditions in three most common types of oak forests affected by different degree of drying. Meadow black soil was indicated as a dominant systemic soil unit. Content of silt+clay fraction was above 60%, and two major textural classes were loam and clayey loam. The content of hardly available water was the highest in all types of forests with the most prominent drying process (ranging from 21,65 to 24,13%). Chemical soil properties varied only slightly, and the most prominent deviations were related to the content and ratio of carbon and nitrogen. Very high content of nickel was found in all types of forests affected by different degrees of drying.*