

стица. Смањење емисије у просеку износи око 47%. Нижа емисија дима и честица постиже се и при примени мешавине конвенционалног дизел горива и МЕР – а. Слични резултати се добијају и у погледу редукције емисије угљен-моноксида (смањење око 48%) и угљеводоника (смањење око 67%). Емисија оксида азота при погону дизел мотора на биодизел веча је у просеку за око 10%. Узрок овој појави је хемијски везан кисеоник у молекулима МЕР – а. Значајно је истаћи и да је емисија полицикличних ароматичних угљеводоника, изразито канцерогених фракција честичне емисије, нижа за око 80%. Сагоревање биодизела у моторима не повећава емисију угљен-диоксида у односу на емисију која би настала у природном животном циклусу уљане репице. Зато је у погледу доприноса ефекту стаклене баште биодизел неутралан. Биодизел је економски јефтинији од комерцијалног фосилног горива за око 10%, а еколошки је неупоредиво здравији и исплативији.

Наша земља је веома богата биомасом. Укупни енергетски потенцијал биомасе процењен је на 115000 ТЈ годишње, од чега је 65000 ТЈ потенцијал само пољопривредног ђубрива.

## ЗАКЉУЧАК

Обновљиви извори енергије, не укључујући хидроенергију, дају мање од 1% укупне потребне енергије. У будућности тај удео треба знатно повећати, јер необновљивих извора има све мање. Развој обновљивих извора енергије важан је из неколико разлога:

- Обновљиви извори енергије имају врло важну улогу у смањењу емисије угљен диоксида
- Повећавањем удела обновљивих извора енергије повећава се енергетска одрживост система и смањује зависност од увоза енергетских сировина и електричне енергије
- Очекује се да ће обновљиви извори енергије постати економски конкурентни конвенционалним изворима енергије

Коришћење алтернативне енергије је постало цивилизацијска нужност – са економског, безбедносног и еколошког аспекта, тако да су све земље у обавези да комбиновањем њима доступним алтернативних извора реше своје енергетске потребе, а тиме и допринесу глобалној борби за заштиту животне средине.

Abstract

## RENEWABLE ENERGY RESOURCES

**Durđica Ivković, Aleksandar Jović, Dragana Gručić, Marko Komatina**, students of applied ecology, Faculty of Applied Ecology, University Singidunum, Belgrade

Nowadays, fossil fuels represent around 80% of energy supply in the world.

Future economic development and population growth will demand more energy consumption. Reserves of fossil fuels are limited and many scientists believe that all supplies will be completely depleted in the next hundred year.

Renewable energy resources can be solution. Renewable energy resources are energy reserves that may be renewed by natural processes and used indefinitely only if amount that is used doesn't exceed its capacity to renew. These resources are solar energy, wind energy, hydro power, biomass energy, tidal and wave power, geothermal energy and nuclear fusion.

## ЛИТЕРАТУРА

Holladay, April. "Solar Energy. " *Microsoft® Encarta® 2006* [DVD]. Redmond, WA: Microsoft Corporation, 2005

"Nuclear Energy. " *Microsoft® Encarta® 2006* [DVD]. Redmond, WA: Microsoft Corporation, 2005

[www.science.org.au](http://www.science.org.au)

[www.parliament.uk](http://www.parliament.uk)

[www.tesla.pmf.ni.ac.yu](http://www.tesla.pmf.ni.ac.yu)

[www.pple.gov](http://www.pple.gov)

[www.wagingpeace.org](http://www.wagingpeace.org)

[www.energyquest.ca.gov](http://www.energyquest.ca.gov)

[www.members.fortunecity.com](http://www.members.fortunecity.com)



**Ана ПАВЛОВИЋ, Сања МИЛОШЕВИЋ, Иван ГРЖЕТИЋ, Универзитет у Београду – Хемијски факултет, Студентски трг 12-16, 11000 Београд**

## ТЕШКИ МЕТАЛИ У ЗЕМЉИШТУ БЕОГРАДА

### УВОД

Услед интензивног технолошког и индустријског развоја у животну средину на разне начине доспевају велике количине штетних и токсичних супстанци. Међу овим супстанцама значајан је удео тешких метала који због своје неуништивости, токсичности и биогеохемијског кружења представљају велики проблем за животну средину. Индустрија, индустријски и комунални отпад, сагоревање фосилних

горива (угаљ, нафта) у индустрији, саобраћају и домаћинствима најчешћи су извори загађења животне средине тешким металима и другим елементима у траговима.

У данашњим условима угроженост земљишта у Београду је велика, а посебна опасност прети од акцидната који се често дешавају, индустрије, саобраћаја, као и све већег броја малих привредних предузећа са значајном количином отпада који представља један од главних извора загађења земљишта.

У овом раду испитивано је земљиште Београда на различитим дубинама: на 5, 10 и 50 cm. Анализирано је више узорака током више година. У Градском заводу за јавно здравље анализирано је земљиште на дубинама од 10 и 50 cm, док је наш задатак био да анализирамо шест узорака на присуство тешких метала на дубини од 5 cm. Узорци су бирани тако да је половина узета поред самих јако фреквентних саобраћајница, а друга половина из урбаних паркова недалеко од њих. Циљ ових испитивања је био да се утврди садржај тешких метала у различитим дубинама градског земљишта.

### *Земљишта као део животног окружења*

Земљиште је површински, растресити слој Земљине коре, настао као резултат дуготрајних процеса промене матичног супстрата. Садржи производе распадања (и алтерације) стена, као и биљних и животињских организама. После ваздуха и воде оно је трећа битна компонента животне средине. Земљиште има специфичну улогу - да обезбеди неопходне услове за опстанак различитих организама, посебно биљака, без којих живот на земљи не би могао да опстане. Такође, оно је и одговарајућа средина за веома брзо распадање изумрлих биљака и животиња микробиолошким путем до једноставних једињења. Тако земљиште има важну улогу у општем кружењу угљеника и многих других елемената у природи.

Често је земљиште „филтер“ за пречишћавање воде која садржи растворне и колоидне компоненте. То се посебно односи на органске супстанце које могу да се минерализују током проласка кроз аерисани површински слој земљишта. Оваква двострука улога земљишта, да омогућава раст биљака и других облика живота, и као сакупљача природних отпадака, у тесној је међусобној вези. Такав систем у природним условима има велики пуферски капацитет према утицају спољашњих фактора. На пример, додавање ђубрива у великом вишку, да би се повећали биљни приноси, може да доведе до поремећаја филтрирајуће улоге земљишта, док дренажна вода која садржи вишак растворљивих једињења ђубрива, слично као и наводњавање водом лошег квалитета, може да доведе до заслањивања земљишта. Природне функције земљишта могу и треба да се користе, али је неопходно водити рачуна да се битно не поремети равнотежа система. Срећом, пуферски капацитет земљишта, као стабилног система, изгледа да је доста велики (Јаковљевић, Пантовић, 1991).

### *Састав земљишта*

Због велике разноликости састојака веома је тешко хемијски дефинисати земљиште. Оно се пре свега посматра као вишефазни систем који се састоји из чврсте, течне и гасовите фазе. Чврста фаза заузима 50% (запренимских) од чега 45% чини минерални део, а 5% органске материје. Осталих 50% заузимају течна и гасовита фаза у различитим односима с обзиром на влажност земљишта (Јаковљевић, Пантовић, 1991).

### *Минерални део земљишта*

Минерални део земљишта потиче од литосфере (геолошке подлоге), и настао је и даље настаје сложеним физичким, хемијским и биохемијским променама геолошке подлоге. Тако се на површини каменитог омотача земље (литосфера) ствара се нова сфера – педосфера, чија просечна дебелина износи око 2 m. Поређења ради, дебелина литосфере износи 50-100 km, а полупречник Земље је 6377 km. Као што се види, на педосферу отпада најмањи део земље, али је она веома важна и комплексног је састава.

Минерали који улазе у састав земљишта деле се у две групе: примарне и секундарне. Примарни минерали су пореклом везани за магматске и метаморфне стене. Уситњени под дејством физичких, хемијских и биолошких чинилаца распадања, ови минерали се у извесној количини налазе у земљишту у хемијски неизмењеном стању. Најраспрострањенији примарни минерали земљишта су они који садрже кисеонична једињења силицијума: кварц, фелдспати, амфиболи, пироксени и лискуни (алумо и феросиликати). Одликују се одређеним хемијским саставом и кристалном структуром, самим тим, и различитом отпорношћу на распадање.

Примарни минерали нису постојани у условима који владају на Земљи, па подлежу постепеном разлагању. Најпре се уситњавају под дејством физичких чинилаца (промене температуре, ветар, преносна снага воде), па подлежу деловању хемијских и биолошких чинилаца, при чему се мења њихов састав и унутрашња структура и настају секундарни минерали, али и неке простије супстанце. Вода је најважнији чинилац хемијског разлагања у земљишту. Значајно је и присуство кисеоника и угљене киселине, производа активности живих организама у земљишту. Велики садржај угљене киселине даје води киселу реакцију и појачава њено разарајуће дејство на минерале. Осим угљене, као производи животне активности разних организама у земљи, јављају се и неке друге минералне и органске киселине (азотна, сумпорна, лимунска, оксална, хуминска). Основне реакције при хемијском разлагању минерала су: хидратација, хидролиза, растварање и оксидо-редукција.

При потпуном распадању силиката алумо- и феросиликата, настају прости производи распадања: хидратисани оксиди гвожђа, алуминијума, двовалентних и једновалентних база, силицијумова киселина и неке друге киселине - угљена, сумпорна, хлороводонична, азотна и фосфорна. Неутрализацијом киселина и база настају различите соли, које такође чине секундарне минерале: карбонати, сулфати, нитрати, хлориди, фосфати, силикати. Осим секундарних минерала простог састава, као производ распадања примарних минерала, настају и секундарни алумо- и фери силикати који су доста распрострањени у земљишту. Називају се минерали глине, јер чине део разних глина, и одликују се високим степеном дисперзности. Њихова општа карактеристика је слојевита структура и присуство хемијски везане воде. Број минерала глине је велики, али у земљишту нај-

већи значај имају минерали групе каолинита, монторионита и хидролискуна (илита).

Брзина разградње примарних минерала као и брзина и механизам образовања секундарних минерала, зависе од низа услова. Осим специфичности самог примарног минерала (његове кристалне структуре, степена дисперзности) и њихове комбинације са другим минералима, карактер промена примарних минерала зависи од температуре и влажности, реакције средине (рН) и животне активности организама. Базне стене се разлажу брже него киселе, а сува и хладна клима успорава разградњу минерала, док топла и влажна убрзавају.

Хемијски елементи који улазе у састав литосфере и земљишта заступљени су у различитим уделима. Њихов садржај дат је у табели 1:

**Табела 1. Средњи садржај хемијских елемената у литосфери и земљишту у тежинским процентима (Јаковљевић, Пантовић, 1991)**

Елементи	Литосфера	Земљиште	Елементи	Литосфера	Земљиште
O	47, 20	49, 00	C	(0, 10)	2, 00
Si	27, 60	33, 00	S	0, 09	0, 085
Al	8, 80	7, 13	Mn	0, 09	0, 085
Fe	5, 10	3, 80	P	0, 08	0, 08
Ca	3, 60	1, 37	N	0, 01	0, 10
Na	2, 64	0, 63	Cu	0, 01	0, 002
K	2, 60	1, 36	Zn	0, 005	0, 005
Mg	2, 10	0, 60	Co	0, 003	0, 0008
Ti	0, 60	0, 46	B	0, 0003	0, 001
H	(0, 15)	?	Mo	0, 0003	0, 0003

Хемијски елементи који се у земљишту налазе у траговома сврставају се у: неметале, метале, тешке метале, металоиде и микронутриенте. Густина тешких метала је већа од  $5, 0 \text{ g/cm}^3$  (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Hg и Ni). Металоиди имају неметалне и металне особине (As, В), док се под нутријентима подразумевају елементи потребни у малим количинама за раст биљака, <math>50 \text{ mg/g}</math> (C, H, N, P и Mn).

#### Органски део земљишта

Иако се у земљишту налази до 5% органских материја оне имају веома велику улогу у квалитету и особинама земљишта. Присуство органских материја чини земљиште корисним и плодним у односу на јалове деградационе производе матичних стена. Од неживог органског материјала заступљене су разне фулво киселине, хуминске киселине и хумин, а од живих облика корење, бактерије, алге, гљиве, црви, глисте и многи други организми. Услед ерозије диспергован примарни материјал се нагомилава у удолинама и на тим местима се стварају услови за насе-

љавање не само нижих, већ и виших биљака и животиња. Животни циклуси у новонасталим екосистемима омогућавају да се убрза процес разлагања биомасе и секундарне синтезе органских материја у земљишту.

Процес стварања хуминских супстанци назива се хумификација. Улога хумуса у земљишту је врло значајна јер он задржава воду и соли и повећава јоноизмењивачки капацитет земљишта. Хуминске материје могу и да оклудују и везују разне органске материје вештачког порекла које човек додаје земљишту - хербициде, инсектициде или разне отпадне органске материјале. Хуминске супстанце се не могу дефинисати ни по структури ни по функционалним својствима већ се дефинишу по растворљивости у води, киселинама и базама. Деле се у три групе:

- *Хуминске киселине* – састоје се од изо или хетероцикличних шесточланих и петочланих прстенова или кондензованих прстенова попут бензола, нафталина, фурана, пироло, индола, пиридина, хинолина и других, међусобно везаних мостовима које чини један елемент (-O-, -N=) или група атома (-NH-, -CH<sub>2</sub>-). При том настају аминокиселине, аминокиселини, феноксиазини и многи други. За овако сложене органске молекуле везане су функционалне групе, као што су карбоксилне, хидроксилне, метоксилне, кармонилне и др. То су чврсте воскасте супстанце углавном мрке боје. Таложе се из воденог раствора на рН<2. Не растварају се у киселинама, ни етанолу, а растворне су у алкалијама при чему граде соли, хумате.
- *Фулвокиселине* – по хемијском саставу фулвокиселине имају нешто мањи садржај C и N у односу на хуминске киселине, уз нешто већи садржај O и H. Потпуном хидролизом поред пропенол-фенола дају аминокиселине и угљене хидрате. Жуте су боје. Растворне на свим рН вредностима (Пфендт, 2000).
- *Хумин* – представља нерастворан део хуминских материја у земљишту.

#### Гасовита фаза земљишта – земљишни ваздух

Гасовита фаза земљишта - земљишни ваздух активно учествује у процесима који се дешавају у земљишту. Његова количина и састав зависе од оксидационих, редукционих, аеробних, анаеробних процеса и њиховог интензитета. Структура земљишта, од које зависи величина међупростора у њему, одређује количину земљишног ваздуха. Поред структуре, на садржај ваздуха у земљишту утиче и збијеност његове грађе. Без обзира на велико колебање садржаја ваздуха у земљишту током године, које је повезано са колебањем температуре и влажности, примећује се да је садржај ваздуха у површинским слојевима (0-20 cm) много већи него у дубљим слојевима (50-100 cm) где садржај ваздуха опада 3-4 пута. Главни састојци ваздуха у земљишту су као и код атмосфер-

ског ваздуха: азот, кисеоник, угљен-диоксид и водена пара, али се његов процентуални однос знатно разликује од ваздуха и непрекидно се мења. Најмањим променама подлеже азот, а највећим угљен-диоксид и кисеоник (због биолошких процеса у земљи). Земљишни ваздух је у сталној размени са атмосферским због дифузије гасова, колебања температуре и притиска, ветрова, проласка воде кроз земљиште (Јаковљевић, Пантовић, 1991).

#### *Течна фаза земљишта – земљишни раствор*

Течна фаза земљишта – земљишни раствор представља најмобилнији, најпроменљивији и најактивнији део земљишта. Састав и концентрација земљишних раствора је резултат читавог низа процеса: биолошких, хемијских, физичких и физикохемијских који се одигравају у земљишту, зависно од температуре, влажности и аерације. Између чврсте и течне фазе постоји динамичка равнотежа. Све то чини састав и концентрацију земљишних раствора веома мобилним. Течна фаза садржи у растворном или колоидном облику низ минералних и органских материја. Важнији ањони минералног дела земљишта су:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  (већина њих је битна за исхрану биљака), а катјони:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . У веома малим количинама налазе се и катјони микроелемената. У састав водорастворљивих органских материја улазе:

1. индивидуалне органске материје (шећери, органске киселине, алкохоли, аминокиселине, витамини, токсини – продукти метаболизма животиња, биљака, микроорганизама), и
2. високомолекуларна предхумусна и хумусна једињења (Јаковљевић, Пантовић, 1991).

#### *Тешки метали и арсен у земљишту*

У групу тешких метала убрајамо све оне елементе чија је густина већа од  $5 \text{ г/см}^3$ . Поред наведеног, физичко-хемијског значења термина **тешки метали**, овај израз се све чешће користи за токсичне метале, тј. елементе који испољавају своју токсичност и при релативно ниским концентрацијама (Веселиновић и *осиџали*, 1995). Међу различитим загађивачима животне средине, тешки метали имају велики значај због своје неуништивости и биолошког кружења. US EPA је на основу њихове потенцијалне опасности по здравље људи, установила да олово, хром, никл, цинк, арсен, кадмијум, бакар, жива, антимон, берилијум, селен, сребро и талијум чине најопасније загађујуће метале (NRC, 2003). Тешки метали, уколико су присутни у животној средини у повећаним количинама угрожавају здравље људи и животиња. Ово се јавља као последица њиховог директног уношења у организам водом или преко ланца исхране.

#### *Загађење земљишта*

Загађење може да се дефинише као поремећај у саставу земљишта до кога долази већим или мањим повећањем садржаја штетних супстанци, које могу нанети штету људима или природним екосистемима.

Присутне токсичне материје нису продукт педогенетских процеса, већ су под бројним антропогеним утицајима доспеле у земљиште. Загађење земљишта није лако одредити према његовом хемијском саставу, јер је тешко рећи шта је то чисто земљиште. Међутим, постоје велики број биолошких индикатора који се могу употребити за препознавање промена природног стања земљишта. Пример је одсуство глиста из земљишта са великом концентрацијом бакара, смањен принос и квалитет биљака, присуство нежељених материја у дренажној води итд. Класификовано према географским карактеристикама загађење може бити локално, регионално и глобално, међутим разлика између ових категорија није сасвим јасна (Maillet *et al.*, 2001).

Извори загађења земљишта као последица деловања људских активности могу се сврстати у три групе (Црнковић, 2005):

1. загађивачи пореклом из атмосфере који контаминирају земљиште спирањем падавина или директном седиментацијом:
  - емисија из индустријских процеса,
  - емисија услед сагоревања фосилних горива (индустрија, енергетска постројења, индивидуална ложишта),
  - емисија пореклом од моторних возила, и
  - емисија приликом сагоревања различитог органског материјала;
2. отпадне воде као загађивачи земљишта:
  - индустријске отпадне воде,
  - воде загађене активностима које се обављају у пољопривреди (вештачка ђубрива, пестициди, органске материје различитог порекла), и
  - отпадне воде из домаћинства и од одржавања хигијене насеља;
3. чврсти отпад различитог порекла.

Степен загађености ваздуха у једној области зависи од развијености индустрије, саобраћаја и степена урбанизације. Загађивање ваздуха неповољно утиче на агрокосистем - оштећује земљиште, вегетацију, мења квалитет подземних и површинских вода, утиче на здравље животиња и на микроклиму. Ваздух може бити загађен таложном прашином (аероседимент), аеросолима (чађ, дим), гасовима и парам. Смог-токсична магла, настаје када се у ваздуху истовремено нађу гасови и аеросоли. Загађење земљишта је у директној вези са загађењем ваздуха. Наиме, аеросол и лебдеће честице под утицајем земљине теже и падавина доспевају у земљиште, површинске и подземне воде. Међутим, оне се таложе и на надземне органе биљака. Сталожене на листу утичу на топлотни режим и фотосинтетичку активност листова.

У индустријским зонама, у земљиште доспева значајна количина сумпорне и сумпорасте киселине. Оне са разним елементима стварају тешко растворне сулфате, смањујући тако приступачност хранљивих материја биљкама. Такође, доводе до смањења рН вредности земљишта, што може неповољно да утиче на његову плодност.

Са наглим научно-технолошким развојем у свим гранама привреде повећана је емисија тешких метала, који су тако постали значајни загађивачи. Навешћемо неке антропогене изворе тешких метала: атмосферски талози, сагоревање фосилних горива, употреба минералних ђубрива и пестицида, органска ђубрива, отпадне воде из индустрија, уклањање урбаних и индустријских отпадака, металуршке индустрије, рудници и топионице обојених метала и многи други. Уочено је да земљиште у близини великих градова и у близини аутопутева садржи високе концентрације тешких метала, посебно олова, које најчешће потичу од аерозагађења. Доспевши у земљиште, ова једињења могу неповољно утицати на многе његове особине, као и на раст, развој и квалитет приноса биљака. Биљке гајене на контаминираним земљиштима и коришћене у исхрани угрожавају живот и здравље људи и животиња (Tripathi *et al.*, 2001).

Максимално дозвољена концентрација тешких метала у ограниченем слоју земљишта је она концентрација изражена у mg/kg која не изазива (непосредно или посредно) негативно дејство на средине које долазе у контакт са земљиштем, здравље човека, као и на способност самопречишћавања земљишта (Марковић и остали., 1998). Максимално дозвољене концентрације метала у земљишту објављене у Службеном Гласнику РС (1994) дате су у табели 2.

**Табела 2. Максимално дозвољена количина опасних и штетних материја у земљишту (Сл. Гл. РС 23/94)**

Р. бр.	Хемијски елемент	МДК у земљишту mg/kg
1.	Кадмијум	до 3
2.	Олово	до 100
3.	Жива	до 2
4.	Арсен	до 25
5.	Хром	до 100

Р. бр.	Хемијски елемент	МДК у земљишту mg/kg
6.	Никл	до 50
7.	Флуор	до 300
8.	Бакар	до 100
9.	Цинк	до 300
10.	Бор	до 50

## МЕТОДЕ И МАТЕРИЈАЛИ

### Узорковање и припрема узорка

У оквиру експерименталног дела рада узорковано је земљиште са шест локација у Београду. Локације су бирание тако да је наменски узимана земља

поред самих јако фреквентних саобраћајница и урбаних паркова у њиховој близини. Земљиште је узорковано методом бразде. Прикупљено је 2-3 kg земље по узорку са дубине до 5 cm, спаковано у кесе и један део је однет у Градски завод за јавно здравље. Ту су припремљени узорци за атомску апсорпциону спектрометрију на следећи начин:

За анализу је одмерено 2 г нативног узорка на који је додато 10 cm<sup>3</sup> 1:1 HNO<sub>3</sub>. Узорак је лагано загреван уз рефлукс 10 до 15 минута, водећи рачуна да не дође до кључања. После хлађења додато је 5 cm<sup>3</sup> концентроване HNO<sub>3</sub> и загревано уз рефлукс 30 минута. Ако би се појавиле мрке паре које представљају индикацију оксидације узорка са HNO<sub>3</sub>, понављано је додавање по 5 cm<sup>3</sup> конц. HNO<sub>3</sub>, све док не престане издвајање мрких пара, односно до потпуног завршетка реакције са HNO<sub>3</sub>. Раствор је потом упарен до око 5 cm<sup>3</sup>, охлађен, а затим је додато још 2 cm<sup>3</sup> воде и 3 cm<sup>3</sup> 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Посуда је покривена сахатним стаклом и узорак је загреван до почетка реакције са пероксидом. Загревање је вршено док не престану да се издвајају мехурићи, и то веома пажљиво, да не би дошло до губитака услед веома бурне реакције. После хлађења додаван је H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%) у порцијама од по 1 cm<sup>3</sup> уз загревање, све док издвајање мехурића није сведено на најмању меру. Затим је узорак загреван на 50°C±5 °C током 2 часа. Поново је охлађен, додато је 10 cm<sup>3</sup> конц. HCl и покривено сахатним стаклом. Узорак је загреван уз рефлукс на 95°C ± 5 °C током 15 минута или док крајња запремина није била 5 cm<sup>3</sup>.

Концентрације Cd, Cr, Cu, Ni, Pb и Zn у свим растворима добијеним дигестијом одређиване су пламеном апсорпционом спектроскопијом (FAAS) на инструменту Varian Spectra AA-200. Хидридна генерација је примењена код одређивања As (VGA-77, Spectra AA20+, Varian, Australia). Анализа живе вршена је, такође, атомском апсорпционом спектроскопијом, техником хладних пара (Varian, Spectra AA-475).

Дигестијом јаким киселинама скоро сви присутни елементи, значајни са аспекта утицаја на животну средину, прелазе у раствор. Међутим, елементи везани за силикатну матрицу применом методе дигестије EPA 3050 b (US EPA, 1997) не напуштају чврсту фазу и не могу се одредити помоћу ове методе дигестије. Како ови елементи нису мобилни у земљишту и не прелазе у земљишни раствор, њихов утицај на животну средину је занемарљив, па их није ни неопходно одређивати, односно довољно је одредити такозвану квазитоталну концентрацију. Наиме, концентрација елемената која се добија дигестијом по методи EPA 3050b често се назива квазитотална, за разлику од тоталне концентрације која се одређује применом комбинације киселина као што су HF/HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub>.

### Атомска апсорпциона спектрометрија

Атомска апсорпциона спектрометрија (AAS) је апсорпциона метода код које се мери смањење интензитета монохроматског зрачења при проласку

кроз пламен – атомску пару узорка. ААС користи термалну енергију пламена за добијање слободних атома који су способни да апсорбују зрачење (Тодоровић и остали., 1997). Гасови који се користе у ААС могу бити различити, али најчешће се користи меша ацетилен-ваздух, температуре пламена 2200-2300~С. Као што је познато, атоми неког елемента апсорбоваће само ону енергију која им омогућава прелаз из нижег у више енергетско стање. Како су ови прелази квантирани, апсорбована Е је строго селективна и зависи од врсте испитиваног атома. Услед апсорпције светлости смањује се интензитет примарног снопа у поређењу са његовим интензитетом када у пламену није увођен раствор узорка. Ова разлика интензитета може се измерити и директно корелисати са концентрацијом одређене атомске врсте у пламену.

Типичан уређај за атомску апсорпцију (слике 1 и 2) састоји се од: одговарајућег сета лампи (лампе се шупљом катодом) које су извор зрачења за сваки елемент посебно, апарата за распршавање и увођење узорака у пламен, монохроматора, детектора и електронике за управљање уређајем, обраду и приказивање резултата. Тако се раствор испитиваног елемента у облику фино распршеног аеросола убаци у пламен и изложи дејству светлости из шупље катодне. На монохроматору се издваја светло одређене таласне дужине карактеристичне за испитивани елемент, и води на детектор где се мерење врши фотоелектричним детектором.

Најраспрострањенији тип атомског апсорбера је пламени атомски апсорбер. Како је већ описано, код ових уређаја сноп примарне светлости пролази кроз пламен у коме се врши апсорпција зрачења. Температура пламена може се мењати у зависности од потреба, тј. врсте елемента који се жели ексцитовати. Врелији пламен се увек користи када се у пламену налазе елементи који теже да награде рефракторне оксиде. Детекциони лимит ове методе је веома низак и достиже вредност од око 1 ppb што, иначе, варира од елемента до елемента.

Постоје и други начини за превођење атома у парно стање погодно за апсорпцију примарног зрачења.

Једна од познатих метода је метода генерисања хладних пара. Користи се за квантитативно оређивање живе. Волатизација живе изводи се у неколико корака: најпре се врши редукација живе станохлоридом, затим се кроз узорак продувава инертни гас који носи живине паре у апсорпциону ћелију кроз коју пролази примарни сноп зрачења. Детекциони лимит ове методе је веома низак, и достиже вредност од свега 10 ppb.

Друга позната метода је хидридна метода. У овој методи користи се особина елемената као што су As, Sb, Se итд., да у киселој средини у присуству натријум-борхидрида граде испарљиве и термички неста-

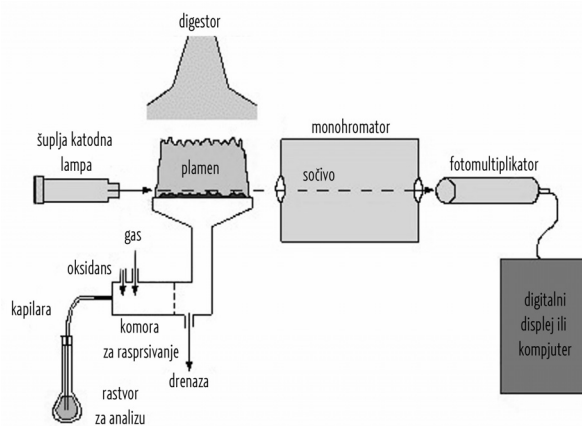
билне хидриде који се затим волатизују. Ови елементи се не могу одређивати оједном, већ сваки посебно. Метода је ефикасна само када се елементи налазе у ниским концентрацијама и зависна је од валентног стања елемента.

Трећа позната метода користи графитну пећ која загрева и волатизује узорак, а кроз добијене паре се пропушта примарна светлост.

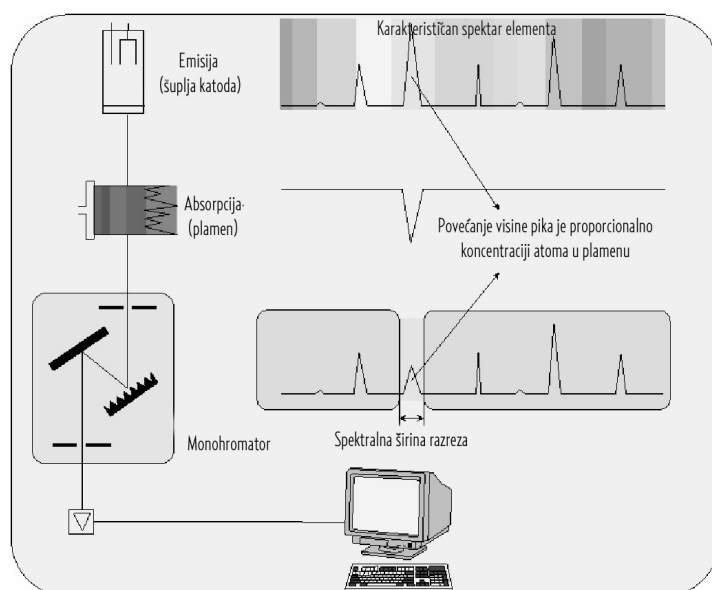
За одређивање непознате концентрације елемента у узорку користи се метода стандардне криве. Најпре се конструише крива  $A=f(c)$  на основу серије стандардних раствора познатих концентрација, а онда се са графика прочита непозната концентрација на основу измерене апсорбанце испитиваног узорка.

Основне предности ААС:

- принципи мерења су лако разумљиви и лако применљиви,
  - технологија рада је релативно јефтина,
  - опрема се лако користи и поседује програме за брзу употребу и обраду података,
  - мали број интерференци (преклапања) са другим елементима,
  - могуће је брзо мерење великог броја узорака, и
  - разблаживањем узорака могу да се мере сви опсеци концентрација.
- Основне мане ААС:
- пре мерења узорак се мора превести у течно стање, па мерење зависи и од квалитета припреме узорка,
  - мери се елемент по елемент (секвенцијална метода), зато је скупља и спорија, али је захвална за мерење једног елемента у више проба,
  - интерференце (преклапања) умањују квалитет мерења нарочито при ниским концентрацијама елемената у узорку, и
  - постојање елемента који исувише лако јонизују и тиме компликују одређивање јер јони не прелазе тако лако у ексцитовано стање (K, Na, Li, Cs).



Слика 1. Шема атомског апсорпционог спектрометра

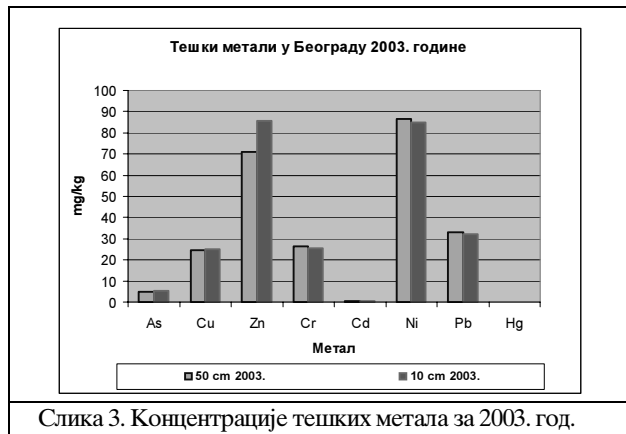


Слика 2. Шема рада атомског апсорбера

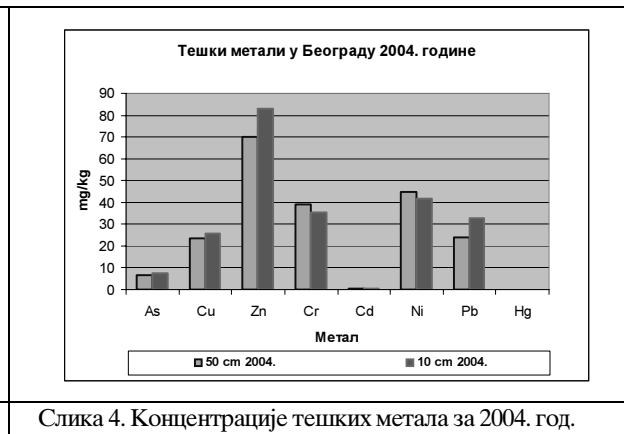
### ДОБИЈЕНИ РЕЗУЛТАТИ

У свим узорцима одређивани су следећи метали: Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg и As. Њихов садржај одређиван је ААС у складу са стандардним поступком за одређивање садржаја тешких метала у земљишту по методи ЕРА 3050 b (1997).

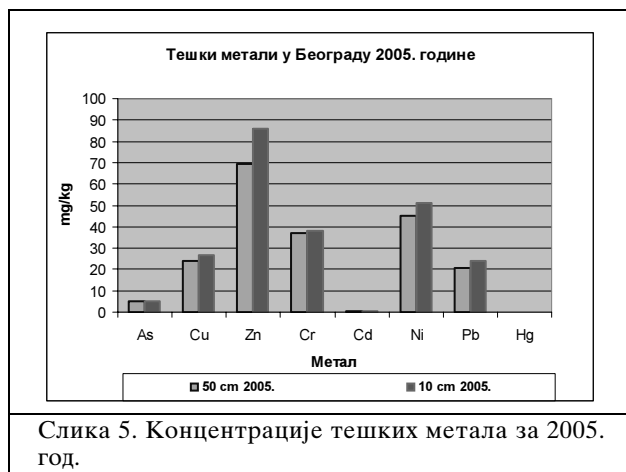
Поред наших резултата који се односе на 2006. годину коришћени су резултати Градског завода за јавно здравље који обухватају 2003, 2004 и 2005. годину. Графици медиана концентрација тешких метала у земљишту за дате године представљени су на сликама од 3 до 6.



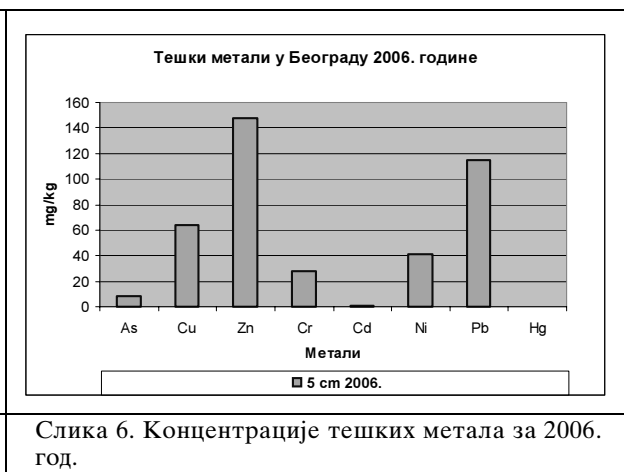
Слика 3. Концентрације тешких метала за 2003. год.



Слика 4. Концентрације тешких метала за 2004. год.



Слика 5. Концентрације тешких метала за 2005. год.



Слика 6. Концентрације тешких метала за 2006. год.

## ДИСКУСИЈА

Поређењем концентрација тешких метала за сваку годину уочили смо следеће:

- Концентрације As током година слабо варирају и не прелазе МДК (Табела 2),
- Концентрације Cu на дубинама од 10 и 50 cm су сличне, док је концентрација на дубини од 5 cm знатно виша али су још увек у оквиру МДК,
- Концентрација Zn највиша је на дубини од 5 cm, опада ка дубљим слојевима, и не прелази МДК,
- Концентрације Cr незнатно варирају током једне године, али се примећује разлика током различитих година, и крећу се у оквиру МДК,
- Концентрације Cd су константне током свих година и не прелазе МДК,
- Концентрације Ni незнатно варирају током једне године, али се примећује разлика током различитих година. До прекорачења МДК долази у 2003. год. на дубинама од 10 и 50 cm, и у 2005. год. на дубини од 10 cm,
- Концентрација Pb у 2003. и 2005. год. на различитим дубинама је слична, док је у 2004. год. та разлика нешто већа. У 2006. год. концентрација овог метала је знатно виша и прелази МДК,
- Концентрација Hg слична је у 2003., 2004. и 2005., док је у 2006. нешто виша, али је у оквиру МДК.

Анализом добијених резултата може се закључити да је: (1) земљиште Београда у глобалу загађено тешким металима, (2) да је саобраћај вероватно један од највећих загађивача, што се и види на основу повећане концентрације Pb у повшинском слоју земљишта и (3) да је мобилност тешких метала од виших ка нижим слојевима земљишта ограничена.

## ЗАКЉУЧАК

Из концентрација тешких метала (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg и As) који су одређивани у нашим узорцима, а по истој акредитованој методологији која се примењује у ГЗЈЗ, јасно се види да је концентрација тешких метала (Pb, Zn, Cu) у нашим узорцима виша него што је у узорцима ГЗЈЗ.

Ако се узме у обзир да су наши узорци узимани на дубинама од 5cm, а остали на дубинама од 10 до 50 cm, може се закључити да је мобилност тешких метала од пливних ка већим дубинама земљишта у Београду ограничена.

Из резултата о тешким металима у узорцима рађеним по методи EPA 3050b налазимо да Pb (2006) и Ni (2003, 2005), превазилазе МДК вредности прописане нашим Правилником о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту.

Намеће се општи закључак да се испитивања морају наставити са већим бројем узорака и уз примену секвенцијалне екстракције која ће дати више

података о растворљивости тешких мета и начину њиховог везивања за одређене компоненте у земљишту.

## ЛИТЕРАТУРА

- Црнковић Д. (2005): Анализа утицаја присутних тешких метала и полицикличних ароматичних угљоводоника на квалитет земљишта у Београду. Магистарска теза, Технолошко-Металушки факултет, Универзитет у Београду
- Црнковић Д., Ристић М., Антоновић Д. (2006): Distribution of heavy metals and arsenic in soils of Belgrade (Serbia and Montenegro)
- Јаковљевић М., Пантовић М. (1991): Хемија земљишта и вода, Пољопривредни факултет Београд – Земун
- Maillet J., Brun L. A., Hisinger P. (2001): Environ. Pollut., 111, 293-302
- Марковић Д., Ђармати Ш., Гржетић И., Веселиновић Д. (1998): Извори загађивања последице и заштита. Факултет за Физичку хемију, Универзитет у Београду
- NRC (National Research Council) (2003): Bioavailability of contaminants in soils and sediments: Processes, Tools and Applications. Washington DC: National Academy Press
- Пфендт П. (2000): Белешке са предавања Службени гласник Републике Србије, број 23 (1994): Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама њиховог испитивања, стр. 553
- Тодоровић М., Ђурђевић П., Антонијевић В. (1997): Оптичке методе инструменталне анализе, Хемијски факултет, Београд
- Tripathi R. M., Raghunath R., Mahapatra S., Sadasivan S. (2001): Sci. Total Environ., 277, 161-168
- US EPA (1997): Acid digestion of sediments, sledges and soils. US EPA-3050b
- Веселиновић Д., Гржетић И., Ђармати Ш., Марковић Д. (1995): Стања и процеси у животној средини. Факултет за Физичку хемију, Универзитет у Београду

**Напомена:** Резултати овог рада су део дипломских радова које су колегинице Ана Павловић и Сања Милошевић радиле и успешно одбраниле на Катедри за примењену хемију Хемијског факултета у Београду. Ментор за ове дипломске радове био је професор др Иван Гржетић. Кандидати се захваљују на помоћи и сарадњи Градском заводу за јаво здравље у Београду.

Abstract

**Ana Pavlović, Sanja Milošević, Ivan Gržetić,**  
*Faculty of chemistry, Belgrade University*

HEAVY METAL POLLUTION IN THE SOIL OF BELGRADE REGION

The main goal of our work was to determine heavy metal content (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg & As) at different soil depths (5, 10 and 50 cm) in the metropolitan area of Belgrade. The analysis was performed during several years, but our results cover only 2006. Sample selection covered areas near heavy traffic streets and urban parks.

Taking in account our results (for the year 2006) and the results acquired from the Public health institute (PHI) of Belgrade (for the years 2003, 2004 and 2005), both obtai-



ned by EPA 3050b method, it was quite obvious that our results, that are associated to the depth of 5 cm, have shown that the concentrations of Pb, Zn and Cu are greater than those obtained by PHI. At the same time it could be assumed that the mobility of heavy metals from shallow to deeper depths was limited.

The results for Pb (obtained in 2006) and Ni (obtained in 2003, 2005), exceed the maximal allowed concentrations (MAC) set by Serbian guideline values for maximal allowed concentrations of dangerous substances in soil and irrigation waters.



## ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ

Славица КОЦИЋ, професор хемије, Гимназија Власотинце, Власотинце

### ПЕРИОДНИ СИСТЕМ ЕЛЕМЕНАТА – ЕЛЕКТРОНСКА КОНФИГУРАЦИЈА АТОМА ЕЛЕМЕНАТА

**Разред:** Први разред гимназије природно-математичког смера

**Тип часа:** Обрада новог градива

**Циљеви часа:**

Ученици треба да:

- разумеју везу између електронске конфигурације атома, атомског броја и положаја елемената у Периодном систему елемената,
- одређују валентни ниво и број валентних електрона елемената на основу електронске конфигурације атома,
- предвиђају реактивност и својства елемената на основу електронске конфигурације атома и положаја елемента у Периодном систему елемената.

**Материјал:**

- Две групе по седам картица (А) са симболима елемената: Mn, Sr, Ag, Rh, Se, Ge, Zr.
- Две групе по седам картица (Аж) са атомским бројевима елемената са картица групе А, написаних уз опште ознаке елемената E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7.
- Седам непопуњених таблица Периодног система елемената (формат А4) и један велики формат за пано (таблу).
- Картице (Б) са шемама које су део задатка и, такође, служе за поделу ученика у групе.

**НАПОМЕНА:** Број картица А и Аж треба прилагодити броју ученика у одељењу. У сценарију је дат предлог за одељење које има 28 ученика.

#### ТОК ЧАСА

**КОРАК 1.** Писање електронске конфигурације атома елемената када је познат симбол елемената или атомски број.

Ученици извлаче по једну картицу из кутије (у кутији су картице А и Аж). Наставник даје усмена упутства: сваки ученик треба да напише у свесци електронску конфигурацију атома елемента са картице, поштујући принципе и правила изграђивања

електронског омотача, и да одреди валентни ниво и број валентних електрона.

**КОРАК 2.** Повезивање електронске конфигурације атома елемената и положаја елемената у табелици Периодног система елемената.

Наставник проверава да ли ученици повезују електронску конфигурацију атома елемента са положајем елемента у табелици Периодног система елемената кроз питања чему одговара број валентних електрона у атому елемента, а чему број валентног нивоа.

**КОРАК 3.** Формирање групе.

Према елементу на картици А или Аж, ученици се групишу око картице Б (видети прилог 1) – шеме са истим „централним елементом“. Стерлице око симбола „централног елемента“ упућују на одређене елементе који се налазе у његовом окружењу. Наставник даје усмена упутства и помаже да сваки ученик пронађе своје радно место (групу) на основу електронске конфигурације атома елемента коју је претходно писао.

**КОРАК 4.** Одређивање места елемената у табелици Периодног система елемената.

Свака група добија „непопуњену“ таблицу Периодног система (прилог 2). Задатак групе је да у свескама напише електронске конфигурације свих елемената захтеваних шемом, и да, уписујући опште ознаке, одреди место тражених елемената у „непопуњеној“ табелици Периодног система.

**КОРАК 5.** Идентификовање елемената чије су електронске конфигурације исписане.

Наставник упућује ученике да упореде таблицу Периодног система елемената из уџбеника са таблицом у коју су унели опште ознаке и да идентификују те елементе, тј. да уместо општих ознака упишу симболе тих елемената.

**КОРАК 6.** Извештавање.

Представник сваке групе уписује симболе елемената у „непопуњену“ таблицу Периодног система на табли и објашњава положај тих елемената на