

ЗЕМЉИШТА У ГРАДОВИМА: СТАЊЕ, ПРОБЛЕМИ И ТЕХНИКЕ РЕМЕДИЈАЦИЈЕ

Драган Милошевић¹, Имре Нађ¹, Владимир Стојановић¹

Примљено: 07.10.2013. | Прихваћено: 15.03.2014.

РЕЗИМЕ: Земљишта у градовима су дуго времена била запостављена у научним истраживањима јер није схватана њихова важност за становништво градова. С временом се увидела њихова значајна улога и почела су бројна истраживања њихових особина, функција, итд. Класификација земљишта у градовима има дугу историју и често се разликовала од државе до државе. Према новој класификацији Светске референтне базе за земљишне ресурсе ова земљишта су сврстана у категорију Техносолоа јер су њихове функције и особине измењене под доминантном техничком активношћу људи. Услед тога, земљишта у градовима садрже већу количину артефаката (стакло, метал, итд.) или су прекривени непропусним техничким материјалом (асфалт, бетон, итд.), физички су поремећена, измењена им је температура и влажност, садрже мању количину органских материја у односу на земљишта у сеоским срединама, често су веома загађена, интензитет самопречишћавања је смањен, итд. Прекривање земљишта услед изградње објеката је обележено као једно од кључних индикатора денатурализације и уништавања еколошких услуга екосистема у градовима. У овом раду је објашњено шта су градска земљишта, указано је на проблематику њихове класификације и стање ових земљишта у светским и српским градовима. Осим тога, наведени су главни загађивачи ових земљишта, као и стратегије за смањење њихове загађености.

Кључне речи: градска земљишта, класификација земљишта, загађење земљишта, ремедијација земљишта, Република Србија

УВОД

Градови се називају „бетонске џунгле“ услед велике изграђености градске површине и замене некадашње природне подлоге и вегетације антропогеним објектима. Прекривање земљишта је обележено као једно од кључних индикатора денатура-

¹ Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад; www.dgt.uns.ac.rs; контакт: draganmilosevic88@yahoo.com

лизације и уништавања услуга екосистема у градовима (Breuste, 2010). Испод бетона, ипак, постоји земљиште као сложена мешавина минерала, воде, ваздуха и органских материја које обављају значајне функције екосистема (Bartens et al., 2012).

Због антропогених утицаја поремећена је не само структура и садржај хранљивих састојака, него и систем живог света што доводи до смањене способности самопречишћавања земљишта. Штетни антропогени ефекти не ограничују се само на плодно земљиште него због дубинских грађевинских активности утичу и на геолошку средину и подземне воде (Nagy, 2008).

Истраживање земљишта у градовима је важно како са научног, тако и са аспекта одрживог развоја. Од 2008. године више од половине светског становништва живи у градовима, а овај тренд пораста градског становништва ће се наставити и у наредним деценијама. Према проценама Уједињених нација (United Nations, 2007) очекује се да у 2050. години 70% светског становништва живи у градским срединама па ће се земљишта у градовима наћи под још већим антропогеним притиском. Услед тога је потребно обезбедити едукацију политичким представницима градова, градским заводима, институцијама и становништву о значају заштите и правилног коришћења земљишта у градовима у циљу планирања одрживог развоја градова и функционалнијег живота градског становништва.

Бројни аутори су се бавили овом проблематиком у свету (Craul, 1985; Craul, 1992; Schleuss et al., 1996; Evans et al., 2000; Dudal et al., 2002; Golubiewski, 2006; Kachenko and Singh, 2006; Lehmann and Stahr, 2007; Wieland et al., 2010; Hagan et al., 2012) и у Републици Србији (Miljković, 1996; Sekulić i sar., 2005; Brankov i sar., 2006; Nagy, 2008).

Циљ рада је да се прикажу стање и проблеми градског земљишта у свету и у Републици Србији. Осим тога, наведени су главни фактори оптерећења и загађивања градског земљишта, као и њихово место у таксономији земљишта. Акцент је стављен и на технике ремедијације земљишта у односу на њихову приступачност, цену, временски оквир, ефикасност и утицај на животну средину. У раду је коришћена квалитетна научна литература представљена у виду научних радова публикованих у респектабилним међународним и домаћим научним часописима, као и бројни извештаји и анализе међународних и домаћих асоцијација и агенција које се баве оценом стања земљишта и заштитом животне средине.

ЗЕМЉИШТА У ГРАДОВИМА

Краул (Craul, 1992) дефинише земљишта у градовима као земљишни материјал који има неагрикултурални, вештачки површински слој моћности најмање 50 cm који је створен мешањем, пуњењем и загађивањем површине тла у градским и приградским подручјима. Ипак, на могућу плодност тла у градовима указује америчко Особље за истраживање земљишта (Soil Survey Staff, 1975) са знаком да градска земљишта представљају колекције природних тела на површини Земље на подручјима измењеним или чак створеним од стране човека која садрже орган-

ске материје и способна су за развој биљака о чему су посведочиле и научне студије (Schleuss et al., 1998; Golubiewski, 2006).

Дужи период се избегавала расправа о својствима земљишта у градовима и њиховом месту у таксономији земљишта, али се и у том сегменту дошло до напретка. Земљишта у градовима су сврстана у шири контекст физички поремећених земљишта, тј. „антропогених земљишта“ (Evans et al., 2000; Dudal et al., 2002). Земљишта која нису физички поремећена, али је измењена њихова температура и влажност услед урбанизације такође спадају у градска земљишта (Lehmann and Stahr, 2007).

Miljković (1996) наводи да је погрешан назив „антропогенизовано и антропогене земљиште“ јер грчка реч „антропогенеза“ означава постанак и развитак људске врсте, а не земљишта. Због тога он издваја, у оквиру јединственог класификационог система, посебну групу која обухвата земљишне творевине чија су својства измењена под индиректним и директним утицајем људске активности (антропоизације) са позитивним и негативним последицама. Земљишта у градовима назива Урбисоли и сврстава их у подгрупу Антропосола (табела 1).

У оквиру Међународне уније наука о земљишту (IUSS – International Union of Soil Sciences) радна група Светске референтне базе за земљишне ресурсе (WRB – World reference base for soil resources) је сврстала градска и индустријска земљишта у нову, референтну групу која је названа Техносоли (IUSS, 2006; IUSS, 2007). Ову групу земљишта карактеришу измењене особине и функције земљишта настале под утицајем доминантне техничке активности човека: присуство бројних артефаката у земљишту (материјал који је настао или је значајно измењен под утица-

Табела 1. Шема поделе земљишта, измењених и насталих под утицајем антропоизације

I група: Култисоли	
позитиван утицај	негативан утицај
1. Хортисоли (баштенско земљиште)	1. Токсисоли
2. Ригосоли (риголовано земљиште)	а) Олеотоксисоли (течни загађивач)
3. Терасосоли (на еродираном нагибу)	б) Имитотоксисол (чврсти загађивач)
4. Плагосоли	2. Баросоли (компактно земљиште без вегетације)
II подгрупа: Антропосоли	
позитиван утицај	негативан утицај
1. Хомосоли (од ситног природног материјала)	1. Урбисоли
2. Депосоли (од природног материјала различите гранулације ситнице + скелета)	а) без вегетације – под зградама и другим грађевинским објектима
3. Техносоли (од неорганског комуналног и индустријског класираног еко-отпада)	б) са вегетацијом – слободан простор (градско зеленило)
4. Редуктосоли (од органског отпадног материјала уз развој метана)	

Извор: Miljković, 1996

јем људске делатности, нпр. цигле, стакло, смеће, итд.), покривеност земљишта техничким материјалом (нпр. асфалт) и сл.

Када се пише о класификацији земљишта у градовима, класификација према CORINE land cover је веома битна. CORINE land cover номенклатура издваја вештачке површине, пољопривредна подручја, шуме и полу-шумска подручја, влажна подручја и водене површине (Nestorov i Protić, 2006). У оквиру вештачких површина су сврстана и градска подручја са одговарајућим земљиштем.

Како год дефинисали градско земљиште, у обзир се мора узети да особине земљишта и њихова фауна може значајно да се мења у градским срединама услед чега је нереално дефинисати типично градско земљиште. Штавише, градска земљишта имају изненађујући капацитет да подрже развој биљака и фауне у земљишту, тиме пружајући људима у градским срединама бројне услуге екосистема. Услед тога се очекује да проучавање земљишта у градовима буде од све већег интереса у оквиру нове области, тзв. „антропопедологије“ (Richter et al., 2011).

ПОТЕНЦИЈАЛНИ ФАКТОРИ ОПТЕРЕЂЕЊА И ЗАГАЂИВАЊА ЗЕМЉИШТА У ГРАДОВИМА

Постоје две групе потенцијалних загађивача земљишта у градовима на основу њихове локације – неки од њих су широко заступљени у градској средини, док су други специфични за одређена индустријска и трговачка подручја.

Загађивачи који могу бити широко заступљени у градској животној средини су:

- **Олово** које се у прошлости користило као додаток боји и бензину,
- **Арсен** који се нашироко користио за заштиту дрвета, као ђубриво и пестицид,
- **Кадмијум** који је ушао у животну средину услед неконтролисаног спаљивања угља и смећа и
- **Полициклични ароматични угљоводоници (ПАУ)** који се стварају приликом непотпуног сагоревања органске материје. У животну средину доспевају из емисија из возила и као део чађи и пепела који се ослобађа приликом спаљивања дрва у пећима и пожарима (Wieland et al., 2010).

Неки од загађивача који се могу пронаћи у близини индустријских и трговачких локација су:

- **бензен, толуен, етил бензен и ксилен** који су повезани са цурењима и изливањима на бензинским пумпама,
- **растварачи и тетрахлороетен** из хемијских чистионица и
- **метали и цијаниди** који су повезани са индустријском производњом метала (Wieland et al., 2010).

Осим наведених загађивача и олово, арсен, кадмијум и ПАУ се могу пронаћи у вишим концентрацијама од дозвољених у близини индустријских постројења (нпр. производња пестицида и вештачких ђубрива). У табели 2 је дат приказ максималних дозвољених концентрација (МДК) опасних и штетних материја према

Табела 2. Максималне дозвољене концентрације (МДК) опасних и штетних материја у земљишту у Југославији (mg/kg ваздушно сувог земљишта)

Елемент	Службени гласник Републике Србије 23/1994	Правилник већа Европе 2092/91	Правилник о методама органске биљне производње, Службени лист СРЈ, 51/2002
Кадмијум	3	2	0,8
Олово	100	100	50
Жива	2	1	0,8
Арсен	25	-	10
Хром	100	160	50
Никл	50	50	30
Флуор	300	-	-
Бакар	100	50	50
Цинк	300	150	150
Бор	50	-	-
Молибден	-	-	10
Кобалт	-	-	30

Извор: *Kastori i sar., 2003*

прописима Савезне Републике Југославије који и даље важи за Републику Србију. Такође, дат је и приказ МДК према правилнику већа Европе. Може се уочити да је за већину елемената МДК опасних и штетних материја у земљишту у Републици Србији већа у односу на европске стандарде.

СТАЊЕ ЗЕМЉИШТА У ГРАДОВИМА У СВЕТУ

Многи научници се баве проблематиком загађења земљишта у градским срединама. Своја истраживања публикују у светским, еминентним научним часописима.

Испитивањем количине метала у градским земљиштима и прабини широм Велике Британије су се бавили Кулбард и сар. (Culbard et al., 1988). Уочене су повећане количине олова, кадмијума, бакра и цинка у градским земљиштима и прабини. Средња количина олова у градским земљиштима са преко 4000 испитиваних локација износи 298 mg/kg¹ што премашује максималну дозвољну количину овог метала у земљишту.

Земљиште на територији Бангкока има повећану концентрацију кадмијума (до 2,5 mg/kg¹), бакра (283 mg/kg¹), олова (269 mg/kg¹) и цинка (813 mg/kg¹) што се довели у везу са антропогеном активношћу на територији града (Wilcke et al., 1998).

Загађеношћу земљишта у бразилском граду Уберландији су се бавили Вилке и сар. (Wilcke et al., 2000). У анализираним узорцима градског земљишта количине кадмијума, мангана, бакра, олова, цинка и појединих ПАУ су веће него на испитиваним узорцима пољопривредног земљишта у непосредној близини града.

Квалитетом земљишта у Палерму су се бавили Манта и сар. (Manta et al., 2002). Резултати истраживања су указали да су вредности медијане олова (202 mg/kg-l), цинка (138 mg/kg^{-1}), бакра (63 mg/kg^{-1}) и живе ($0,68 \text{ mg/kg}^{-1}$) у градском земљишту више од количине тих елемената у незагађеним земљиштима на Сицилији. Повећане количине олова, цинка, бакра и живе у земљишту су повезане са антропогеним делатностима у граду.

Милер (Möller et al., 2005) је проучавао квалитет земљишта у Дамаску и његовој ближој околини. Резултати истраживања су указали на повишене количине олова, бакра и цинка у површинском делу земљишта истраживаног подручја. Главни узрочници су саобраћај и друге антропогене активности. Велике количине хрома у земљишту (до 1800 mg/kg^{-1}) су пронађене у близини индустријских погона штавионица коже и могу представљати проблем за здравље становништва.

Лакатушу и сар. (Lacatusu et al., 2008) су истраживали квалитет земљишта у три румунска града: Букурешту, Јаши и Баиа Маре. Локације на којима су узимани узорци земљишта су различите: од градских паркова преко земљишта у близини прометних саобраћајница до градског земљишта на коме се гаји поврће. Највеће загађење је присутно у земљиштима лоцираним крај путева и у индустријским зонама са садржајем тешких метала који прелази 3-4 пута МДК.

Резултати истраживања у Маракешу указују на повећање загађења земљишта од периферије града ка његовом историјском језгру услед јачања антропогених активности. Овај тренд ја нарочито изражен за кадмијум, бакар и цинк, а слабије за никл (Khalil et al., 2008).

На територији Сегедина је вршено истраживање квалитета земљишта на 15 локација распоређених од центра града ка његовој периферији. Велика количина отпадака, мала и променљива количина хумуса и азота, мала вредност квалитета хумуса, повишена и променљива количина карбоната и истовремена варијанса рН вредности и модификоване механичке особине земљишта указују на то да је земљиште измењено под утицајем антропогених активности (Puskas and Farsang, 2009).

Хаган и сар. (Hagan et al., 2012) су проучавали утицај различитих антропогених активности на особине градског земљишта у суптропском, обалном граду Тампи на Флориди. Поједине хемијске особине земљишта (рН вредност, садржај фосфора, калцијума, натријума и бакра) знатно варирају у складу са наменом и покривеношћу земљишта, док промена густине становништва не показује везу са особинама земљишта. Количина фосфора и натријума у земљишту се поклапа са годинама откада је почела урбанизација – са већим вредностима што је урбанизација раније почела.

СТАЊЕ ЗЕМЉИШТА У ГРАДОВИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

У периоду између 2002. и 2005. године Покрајински секретаријат за заштиту животне средине и одрживи развој Извршног већа АП Војводине је финансирао праћење квалитета непољопривредног земљишта на територији Покрајине. Између осталог, узорковано је и непољопривредно земљиште индустријских зона

већих градова Војводине у Новом Саду, Панчеву, Суботици, Зрењанину, Сомбору и Врбасу (укупно седам узорака годишње). Извршена је анализа основних хемијских особина земљишта (рН вредност, % СаСО₃, садржај хумуса, итд.), садржај микроелемената и тешких метала (арсен, кадмијум, кобалт, хром, бакар, манган, никл, олово и цинк), садржај ПАУ и бројност појединих група микроорганизама (Sekulić i sar., 2005).

Резултати су указали на токсичан садржај лакоприступачног фосфора (>100 mg Р₂О₅ на 100 g земљишта) у индустријској зони у Суботици (ХИ „Зорка“) као последица производње фосфорних ђубрива. Повишен садржај фосфора у земљишту је забележен и у индустријској зони Панчево. Садржај олова у индустријској зони Сомбора је изузетно повишен са максималном забележеном вредношћу од 18888,22 ppm што је 188 пута већа вредност од максимално дозвољене вредности. Овако значајно загађење земљишта је последица производње акумулатора и захтева хитне мере санације и ремедијације. Количине ПАУ које су забележене у индустријским зонама изучаваних градова су од 10 до 100 пута веће него оне у сеоским крајевима, али не прелазе максимално дозвољене границе (Sekulić i sar., 2005).

Бранков и сар. (Brankov i sar., 2006) су проучавали садржај микроелемената и тешких метала у пољопривредним и непољопривредним земљиштима Баната. Са непољопривредног земљишта је узето 13 узорака са 13 локација (дубина узорковања 0-30 cm) међу којима су и индустријске зоне у Панчеву и Зрењанину. Проучаван је садржај бакра, цинка, мангана, кобалта, олова, никла, хрома и кадмијума у земљиштима индустријских зона и само је садржај никла у Панчеву (50,38 mg/kg) био мало изнад МДК (50 mg/kg).

У извештају о стању земљишта у Републици Србији који је приредило Министарство животне средине и просторног планирања (2009), између осталог, проучен је и квалитет земљишта градских зона. Подаци су обрађени за период 2006-2008. године за четири града: Београд, Нови Сад, Крагујевац и Севојно.

На територији града Београда су одређене концентрације опасних и штетних материја у земљишту различитих градских зона: ужа зона санитарне заштите изворишта београдског водовода, у близини прометних саобраћајница, у оквиру комуналне средине, у близини индустријских објеката и у градским парковима (прилог 1).

У периоду између 2006. и 2008. године узорковано је земљиште на 93 локације на територији града Београда са дубина 10 и 50 cm и испитана су 184 узорка земљишта. На основу добијених резултата се може закључити да на већем броју локација постоје одступања у погледу садржаја опасних и штетних материја у земљишту у односу на домаћу и међународну регулативу (прилог 2). Константовано је повећано присуство олова у граничној зони градских паркова уз прометне саобраћајнице, у највећем броју узорака, као последица издувних гасова из аутомобила. У већини узорака је уочено и одступање количине никла од МДК, али се сматра да је геолошког порекла, односно последица заступљености никла у површинском земљишту на територији града (Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, 2009).



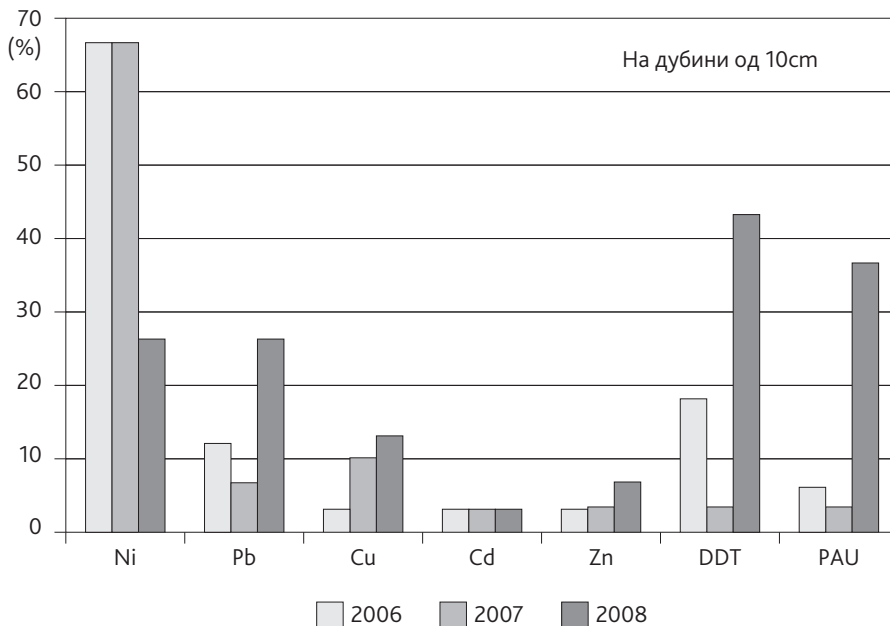
Прилог 1. Положај локација на којима је извршено узорковање земљишта у периоду 2006–2008. године на територији града Београда; круг – комунална зона, квадрат – индустријска зона, ромб – зона прометних саобраћајница, знак за локацију – зона санитарне заштите и звезда – паркови

Извор основе карте: Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, 2009

У Новом Саду је вршено испитивање квалитета пољопривредног земљишта крај саобраћајница и индустријских објеката (са дубине од 30 cm) и непољопривредног земљишта на простору дечијих вртића и градских паркова (са дубине 0-5 cm) (прилог 3). Само је на неколико локација забележена повећана концентрација олова ($98,78 \text{ mg/kg}^1$ у Сремској Каменици) која је близу МДК, као и количина бабра ($273,90 \text{ mg/kg}^1$ на Петроварадину) и никла ($84,11 \text{ mg/kg}^1$ у Сремској Каменици – парк) које превазилазе МДК (Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, 2009).

У 2008. години је извршено узорковање земљишта са 30 дечијих игралишта која се налазе у оквиру објеката предшколске установе „Радосно детињство“ у Новом Саду ради утврђивања садржаја опасних и штетних материја. У неколико вртића је откривен забрињавајуће висок садржај бабра ($300,68 \text{ mg/kg}$ у вртићу „Пчелица“ и $257,30 \text{ mg/kg}$ у вртићу „Видовдански звончић“) и олова ($908,8 \text{ mg/kg}$ у вртићу „Шврћа“) (Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, 2009).

На територији града Крагујевца квалитет земљишта је испитиван на 14 локација, два пута годишње у периоду 2007-2008. Резултати указују да на појединим локацијама постоји повећана концентрација никла (до $125,5 \text{ mg/kg}^1$ у марту 2007. године на локалитету Морава-Брзан), хрома (до $115,32 \text{ mg/kg}^1$ у марту 2007. године код бране Горшничког језера) и олова (до $193,86 \text{ mg/kg}^1$ у марту 2007. године



Прилог 2. Процент одступања од МДК у периоду 2006-2008. године за истраживане елементе на дубини од 10 cm на територији града Београда

Извор: Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, 2009



Прилог 3. Положај локалитета на којима је извршено узорковање земљишта у периоду 2006-2008. године на територији града Новог Сада; круг – индустријска зона, квадрат – дечији вртићи и паркови и знак за локацију – зона прометних саобраћајница

Извор основе карте: Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, 2009

на локалитету градске депоније) које превазилазе МДК (Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, 2009).

Вршено је испитивање квалитета земљишта у Севојну у току 2007. године, а узорци су узимани са дубина 0-10 cm, 10-30 cm и 30-60 cm. На основу резултата лабораторијских испитивања уочен је повећан садржај бакра и цинка у близини индустријске зоне, али и у другим деловима насеља. Садржај осталих потенцијалних загађивача попут хрома, олова, никла, арсен и кадмијума је испод МДК (Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, 2009).

Агенција за заштиту животне средине при Министарству енергетике, развоја и заштите животне средине Републике Србије (2012) је издала „Извештај о стању земљишта у Републици Србији за 2011. годину“. Између осталог, испитиван је и степен угрожености земљишта у градским зонама на 175 локација, при чему је анализирано 258 узорака у седам градова. Испитивања су вршена у Београду, Новом Саду, Крагујевцу, Крушевцу, Ужицу, Суботици и Пожаревцу.

Програм је обухватио анализу земљишта на 40 локација на територији града Београда у 2011. години. Узорци су узимани са дубина од 10 cm и 50 cm у оквиру градске средине, поред саобраћајница, око водних објеката и пољопривредних површина, а резултати лабораторијских истраживања су указали да је највеће прекорачење забележено за никл, дихлор-дифенил-трихлоретан (ДДТ), ПАУ, кадмијум, цинк, бакар и олово (Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине Републике Србије, 2012).

У Новом Саду је извршена анализа са осам локација и то на пољопривредном земљишту поред индустријске зоне, на пољопривредном земљишту поред фреквентних саобраћајница на дубини 0-30 cm и на непољопривредном земљишту у парковима на дубини 0-10 cm. Резултати указују на прекорачење МДК за поједине параметре: кобалт (за око 60% прекорачена МДК), никл (за око 20%) и бакар (за око 10%) (Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине Републике Србије, 2012).

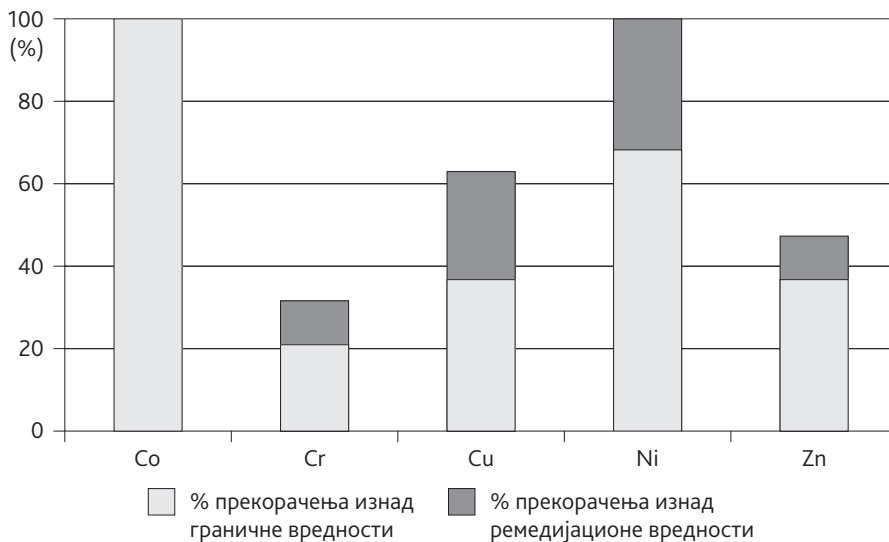
На територији града Крагујевца је извршено узорковање земљишта на 14 локација на дубинама 10 и 50 cm и то у оквиру зоне изворишта за водоснабдевање града, градске средине, индустријске зоне и градске депоније. Забележена су прекорачења МДК никла и живе у испитиваним узорцима земљишта.

У Крушевцу је током 2011. године вршено узорковање земљишта на 39 локација на територији града, а највећа прекорачења МДК су забележена за атразин и никл.

На територији града Ужица је вршено узорковање земљишта са 19 локација у оквиру пољопривредног и непољопривредног земљишта и зоне акумулације на дубини од 30 cm. У прилогу 4 је дат приказ прекорачења граничних и ремедијационих вредности за поједине параметре. Нарочито је велико прекорачење количине никла, кобалта, бакра, цинка и хрома на територији града.

На територији града Суботице је извршено узорковање земљишта на 25 локација са пољопривредних површина, из паркова и околине водозахвата. Највећа прекорачења су забележена за бакар, хром и цинк.

У Пожаревцу је током 2011. године извршено анализирање квалитета земљишта са 30 локација у оквиру градске средине, поред саобраћајница, око водних



Прилог 4. Процент прекорачења граничних вредности за истраживане елементе у Ужицу

Извор: Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине Републике Србије, 2012

објеката и околине копова, на дубинама од 10 и 50 cm. Уочава се највише одступање количине никла (геохемијског порекла) и атразина у земљиштима на територији Пожаревца.

У извештају о квалитету земљишта на територији Републике Србије за 2011. годину нису дата објашњења о узрочницима загађења земљишта опасним и штетним материјама. Ипак, може се претпоставити да је повећана количина никла у земљиштима геохемијског порекла, док су повећане количине кобалта, бакра, хрома, цинка, олова, живе, атразина и ДДТ-а антропогеног порекла.

ТЕХНИКЕ ЗА РЕМЕДИЈАЦИЈУ ЗЕМЉИШТА У ГРАДОВИМА

Под ремедијацијом се подразумева процес предузимања мера за заустављање загађења животне средине до нивоа који је безбедан за будуће коришћење локације. Постоје бројне технике за смањење нивоа загађености земљишта од којих су неке практичније од других. Када се бира најефикаснија техника за ремедијацију земљишта у обзир се морају узети следећих пет фактора:

1. **Пристапачност технике** под којом се подразумева да ли је изабрана техника доступна за употребу или је тек у фази развоја.
2. **Цена технике** – јефтиније технике за побољшање квалитета земљишта су пожељније и чешће се користе.
3. **Временски оквир употребљене технике** – неке технике већ након неколико дана примене дају резултате, док се на резултате других чека и годинама.

Табела 3. Главне особине физичких ремедијационих техника

Фактори	Ископавање	Геотекстили	Прање земљишта	Извлачење водене паре
Приступачност	да	да	да	да
Цена	ниска	ниска	средња	висока
Време	кратко < 1 сезоне	кратко < 1 сезоне	кратко < 1 сезоне	кратко < 1 сезоне
Ефикасност за градску пољопривреду	1	2	1	1
Утицај на животну средину	– употреба енергије – загађење ваздуха – одстрањивање	– употреба енергије – загађење ваздуха – одстрањивање	– употреба енергије – загађење ваздуха – одстрањивање	– употреба енергије – загађење ваздуха – одстрањивање

Извор: Heinegg et al., 2000

4. **Ефикасност технике за потребе различитих људских активности** – на пример, за употребу градског земљишта у пољопривредне сврхе треба изабрати технику која ће учинити да тло одговара пољопривредним стандардима.
5. **Утицаји технике на животну средину** – неке технике не утичу негативно на животну средину, док поједине остављају нуспродукте након своје примене или захтевају стављање бионеразградивог материјала у земљиште (Turner, 2009).

У складу са наведеним факторима изабире се ремедијациона техника која највише одговара потребама. Ремедијационе технике се деле на *физичке* и *биолошке*.

Физичке ремедијационе технике захтевају употребу технике за потребе ремедијације земљишта. У њих спадају:

- **Ископавање** којим се физички одстрањује загађено земљиште и пребацује на депонију. Врши се помоћу тешке машинерије и уз релативно скупе трошкове. Предност је што се брзо обавља, али након уклањања загађеног земљишта потребно је поставити ново што захтева додатне трошкове.
- **Геотекстили** представљају синтетички материјал. Могу се користити након извршеног ископавања како би се спречило загађење новог земљишта преосталим загађивачима (уколико их је остало) јер је начињено од непропусног материјала. Цена геотекстила није висока, али се морају комбиновати са техником ископавања. Међутим, постоји брига да се геотекстил физички не оштети (поцепа) што би довело до загађења новог земљишта.
- **„Испирање земљишта“** обухвата физичко одстрањивање земљишта и његов третман у фабрици. Након извршеног третмана и уклањања загађивача, земљиште се враћа назад на ископано место. Ова техника је генерално скупа и

захтева додатне трошкове након њеног извршавања који се односи на одлагање загађивача из земљишта на сигурно место.

- **Извлачење водене паре** захтева ископавање бунара и постављање цеви у земљиште помоћу којих се извлаче загађивачи из земљишта. Ово је најскупља физичка техника од наведених, али је веома ефикасна у уклањању загађивача из земљишта (Turner, 2009).

Генерално, физичке ремедијационе технике су релативно ефикасне и брзе за употребу. Међутим, могу бити веома скупе и негативно утицати на животну средину услед потребе за одлагањем загађивача из земљишта и загађењем ваздуха издувним гасовима из машинерије употребљене приликом извршења ових техника. Ископавање са или без употребе геотекстила се сматра за најефикаснију физичку технику ремедијације земљишта, нарочито у сврхе градске пољопривреде (Heinegg et al., 2000). Основне предности ове технике су релативно ниска цена, као и брза и ефикасна ремедијација земљишта. Користећи се са наведених пет фактора у табели 3 су приказане одговарајуће вредности сваке од наведених техника што се тиче горе наведених фактора (1 - безусловно ефикасно, 2 - условно ефикасно и 3 - неефикасно).

Биолошке технике ремедијације земљишта се обављају *in situ*, за разлику од физичких.

Ове технике обухватају:

- **Ремедијацију микроба** под којом се подразумева њихова употреба за разградњу загађивача и њихово претварање у мање штетне облике. Ова техника може бити веома ефикасна у третману ПАУ, пестицида и полихлоринисаних дифенола. Цена је мала, а техника брза у временском смислу.
- **Фиторемедијацију** која обухвата процес извлачења загађивача из земљишта или њихову разградњу у земљишту помоћу биљака. Цена је ниска, али је временски оквир дужи (неколико година). Проблем је у томе што су одређене биљке добре за уклањање појединих загађивача, док остали загађивачи остају у земљишту. Такође, након употребе, биљке се морају одстранити на адекватан начин.

Табела 4. Главне особине биолошких ремедијационих техника

Фактори	Микроби	Фиторемедијација	Гљиве	Компост
Приступачност	да	да	не	да
Цена	ниска	ниска	недоступно	ниска
Време	кратко < године	2-5 + година	недоступно	кратко < 1 сезоне
Ефикасност за градску пољопривреду	2	2	3	2-3
Утицај на животну средину	– потенцијална токсичност метала	– одстрањивање токсичних биљака	– потенцијална токсичност метала	– без

Извор: Heinegg et al., 2000

- **Ремедијацију гљива**, односно употребу одређених врста гљива за деградацију загађујућих материја у земљишту. Ова техника је у фази развоја и није комерцијално доступна на тржишту.
- **Технике компостирања** које подразумевају додавање компоста у земљиште. Ове технике су јефтине и брзе, али нису технике ремедијације земљишта у правом смислу. То је због тога што загађујуће материје остају у земљишту само су прекривене компостом. Ова техника се може употребити за подизање тзв. „високих кревета“ на којима ће се узгајати биљке чије корење неће дотицати загађено земљиште (Turner, 2009).

Генерално, биолошке технике ремедијације су условно ефикасне у ремедијацији земљишта. Пошто земљиште остаје на месту, постоји могућност останка одређене количине загађивача у земљишту и након што је техника употребљена. Упркос томе што захтевају дуже време имплементације, ове технике су јефтине, једноставне за употребу и негативни утицаји на животну средину су минимални. Ремедијација микроба се сматра за најефикаснију технику у погледу отклањања загађивача из земљишта и његову даљу примену у градској пољопривреди (Heinegg et al., 2000). Користећи се са горе наведених пет фактора у табели 4 су приказане одговарајуће вредности сваке од наведених техника што се тиче наведених фактора (1 - безусловно ефикасно, 2 - условно ефикасно и 3 - неефикасно).

На основу свега наведеног се може закључити да постоје бројне технике за ремедијацију земљишта. Избор технике зависиће, пре свега, од специфичних потреба група или појединаца, њихове финансијске моћи, жељеног времена ремедијације и доступности технике.

ЗАКЉУЧАК

Земљишта у градовима су изложена бројним утицајима од њиховог директног и индиректног загађења преко одношења земљишне масе, изградње објеката на њима, одлагања и мешања природног и вештачког материјала. Као последица интензивних антропогених активности на територији града бројне природне особине земљишта су измењене.

Извори загађења у градовима су бројни, а највеће штете земљишту су нанете као последица индустријске активности и саобраћаја. Најчешћи загађивачи земљишта у градовима су олово, арсен, кадмијум, ПАУ и др.

Ситуација у свету и у Републици Србији је слична по питању стања земљишта у градовима. У већини спроведених истраживања су уочена прекорачења количине тешких метала од МДК. У Србији је ситуација најкритичнија у индустријским зонама неких градова (Суботица, Панчево, Сомбор, Ужице, итд.).

Постоје бројне технике ремедијације земљишта које се могу спровести и загађено земљиште спасти даље деградације. Избор одговарајуће технике зависиће од бројних фактора, а најчешће су то: цена, временски оквир и ефикасност технике.

Праћење квалитета земљишта у Србији није на завидном нивоу. Потребно је увести редовно праћење квалитета земљишта у већим градским срединама на територији Републике Србије у циљу процене њиховог стања, заштите и утицаја на становништво. Такође, потребно је учинити ове податке јавно доступним како би заинтересовани појединци и институције имали могућност њихове статистичке обраде и презентовања резултата.

Захвалница

Раг њредсѡавља резулѡајѡи исѡѡраживања на ѡројекѡу др. 43002 коѡи финансира Минисѡарсѡѡво ѡросвеѡе, науке и ѡехнолошкоѡ развоја Репѡублике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- Bartens, J., Basta, N., Brown, S., Cogger, C., Dvorak, B., Faucette, B., Groffman, P., Hettairachhchi, G., McIvor, K., Pouyat, R., Toor, G. and Urban, J. (2012). Soils in the city: A look at soils in urban areas. *CSA News*, 57-8, 4-13.
- Breuste J. (2010). Challenges and problems of implementing landscape ecological knowledge in practice – the case of urban development. *The Problems of Landscape Ecology*, 13, 23-32.
- Brankov, M., Ubavić, M., Sekulić, P. i Vasin, J. (2006). Sadržaj mikroelemenata i teških metala u poljoprivrednim i nepoljoprivrednim zemljištima Banata. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. *Zbornik radova*, 42, 169-177.
- Craul, P. J. (1985). A description of urban soils and their desired characteristics. *Journal of Arboriculture* 11-11, 330-339.
- Craul, P. J. (1992). *Urban soil in landscape design*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Culbard, E., Thornton, I., Watt, J., Wheatley, M., Moorcroft, S. and Thompson, M. (1988). Metal contamination in British urban dusts and soils. *Journal of Environmental Quality*, 17, 226-234.
- Dudal, R., Nachtergaeel, F. and Purnell, M.F. (2002). The human factor of soil formation. Paper. 93. *In World Congress of Soil Science*, 17th, Bangkok, Thailand. 14–21 Aug. 2002.
- Evans, C.V., Fanning, D.S. and Short, J.R. (2000). Human influenced soils, 33–67. In Brown, R.B., Anderson, J.L. and Huddleston, J.H. (ed.)- *Managing Soils in a Growing Urban Area*. Agronomy Monograph, 39. ASA, Madison, Wisconsin.
- Golubiewski, N. E. (2006). Urbanization increases grassland carbon pools: Effects of landscaping in Colorado's front range. *Journal of Applied Ecology*, 16, 555–571.
- Hagan, D., Dobbs, C., Timilsina, N., Escobedo, F., Toor, G. S. and Andreu, M. (2012). Anthropogenic effects on the physical and chemical properties of subtropical coastal urban soils. *Soil Use and Management*, 28, 78–88.
- Heinegg, A., Maragos, P., Mason, E., Rabinowicz, J., Straccini, G. and Walsh, H. (2000). *Soil contamination and urban agriculture: A practical guide to soil contamination issues for individuals and groups*. Quebec, Canada: McGill University, McGill School of Environment.

- IUSS Working Group WRB. (2006). *World reference base for Soil resources 2006*. World Soil Resources Report No. 103. FAO, Rome.
- IUSS Working Group WRB. (2007). *World reference base for Soil resources 2006, first update 2007*. World Soil Resources Report No. 103. FAO, Rome
- Kastori, R., Sekulić, P., Petrović, N. i Arsenijević-Maksimović, I. (2003). Osvrt na granične vrednosti sadržaja teških metala u zemljištu u nas i u svetu. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. *Zbornik radova*, 38, 49-58.
- Kachenko, A. G. and Singh, B. (2006). Heavy Metals Contamination in Vegetables Grown in Urban and Metal Smelter Contaminated Sites in Australia. *Water, Air and Soil Pollution*, 169, 101-123.
- Khalil, el H., Schwartz, C., Elhamiani, O., Kubiniok, J, Morel, J. L. and Boularbah, A. (2008). Contribution of Technic Materials to the Mobile Fraction of Metals in Urban Soils in Marrakech (Morocco). *Journal of Soil and Sediments*, 8-1, 17-22.
- Lacatusu, R., Lacatusu, A-R., Lungu, M. and Breaban, J. A. (2008). Macro- and micorelements abundance in some urban soils from Romania. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 3-1, 75-78.
- Lehmann, A., and Stahr, K. (2007). Nature and significance of anthropogenic urban soils. *Journal of Soils and Sediments*, 7: 247-260.
- Manta, D. S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R. and Sprovieri, M. (2002). Heavy metals in urban soils, a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *The Science of the Total Environment*, 300, 229-243.
- Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине Републике Србије (2012). Извештај о стању земљишта у Републици Србији у 2011. години. Агенција за заштиту животне средине.
- Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије (2009). Извештај о стању земљишта у Републици Србији. Агенција за заштиту животне средине.
- Miljković, N. (1996). *Osnovi pedologije*. Prirodno-matematički fakultet, Institut za geografiju, Novi Sad.
- Möller, A., Müller, H.W., Abdullah, A., Abdelgawad, G. and Utermann, J. (2005). Urban soil pollution in Damascus, Syria. *Geoderma*, 124, 63-71.
- Nagy, I. (2008). *Városökológia (Urban Ecology)*. Dialog Campus, Budapest-Pécs. (In Hungarian).
- Nestorov, I. i Protić, D. (2006). Implementacija CORINE Land Cover projekta u Srbiji i Crnoj Gori. Geodetska služba, 35 – 105, 25-29.
- Puskas, I. and Farsang, A. (2009). Diagnostic indicators for characterizing urban soils of Szeged, Hungary. *Geoderma*, 148, 267-281.
- Richter, D. de B., Bacon, A.R., Megan, L.M., Richardson, C.J., Andrews, S.S., West, L., Wills, S., Billings, S., Cambardella, C. A., Cavallaro, N., DeMeester, J. E., Franzluebbbers, A. J., Grandy, A. S., Grunwald, S., Gruver, J., Hartshorn, A. S., Janzen, H., Kramer, M. G., Ladha, J. K., Lajtha, K., Liles, G. C., Markewitz, D., Megonigal, P. J., Mermut, A. R., Rasmussen, C., Robinson, D. A., Smith, P., Stiles, C. A., Tate, R. L., Thompson, A., Tugel, A. J., Es, H. van, Yaalon, D. and Zobeck, T. M. (2011).

- Human–soil relations are changing rapidly: Proposals from SSSA’s Cross-Divisional Soil Change Working Group. *Soil Science Society of America Journal*, 75, 2079–2084.
- Schleuss, U., Wu, Q. L. and Blume, H. P. (1998). Variability of soils in urban and periurban areas in Northern Germany. *Catena*, 33, 255–270.
- Sekulić, P., Hadžić, V., Lazić, N., Bogdanović, D., Vasin, J., Pucarević, M., Ralev, J. and Škorić-Zeremski, T. (2005). Monitorinig nepoljoprivrednog zemljišta Vojvodine. Konferencija Životna sredina ka Evropi, Beograd, SCG, 5-8 Jun, Zbornik radova sa EnE05, 278-282.
- Soil Survey Staff (1975). *Soil taxonomy- a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. USDA Soil Conservation Service, Washington, DC.
- Turner, A. H. (2009). *Urban Agriculture and Soil Contamination: An Introduction to Urban Gardening*, Practice Guide #25. Environmental Finance Center, EPA Region 4, University of Louisville, Kentucky.
- United Nations (2007). *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*.
- Wieland, B., Leith, A. and Rosen, C. (2010). *Urban Gardens and Soil Contaminants: A Gardener’s Guide to Healthy Soil*. Minnesota Institute for Sustainable Agriculture, St. Paul, Minnesota.
- Wilcke, W., Müller, S., Kanchanakool, N. and Zech, W. (1998). Urban soil contamination in Bangkok, heavy metal and aluminium partitioning in topsoils. *Geoderma*, 86, 211–228.
- Wilcke, W., Lilienfein, J., Lima, S. de C. and Zech, W. (2000). Contamination of highly weathered urban soils in Uberlandia, Brazil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162, 529-548.