

## Očuvanje prirodnih resursa reciklažom materijala iz komunalnog otpada

ALEKSANDRA ŠILJIĆ, JOVANA RUŽIĆ,  
MILENA KNEŽEVIĆ, ANA MAKSIMOVIĆ,  
VIKTOR POCAJT, MIRJANA RISTIĆ

*Originalni naučni rad*  
UDC:504.75:628.4.004.8=861

### UVOD

Globalizacija, promovisana kao proces kojim se unapređuje dobrobit razvijenih zemalja, kao i zemalja u razvoju, uključuje intenzivno povezivanje ljudi i zemalja u oblasti kulture, tehnologije i posebno ekonomije [1]. U okviru navedenog veoma je značajna uloga vlada koje treba da obezbede slobodan protok dobara i usluga, uz liberalizaciju i privatizaciju [2]. Međutim, tehnološki razvoj, globalizacija i porast broja stanovnika su u velikoj meri doprineli ubrzanju procesa urbanizacije u zemljama u razvoju.

Izrazitu tendenciju sve većeg koncentrisanja stanovništva u urbanim sredinama najčešće ne prati adekvatan razvoj infrastrukture (vodosnabdevanje, kanalizacioni sistemi i pravilno upravljanje komunalnim čvrstim otpadom). Usled toga se u gradovima i metropolama javljaju mnogi problemi, od kojih se posebno ističu negativan uticaj na zdravlje stanovništva i na kvalitet životne sredine.

Jedna od značajnih posledica industrijalizacije i urbanizacije je povećanje količine nastalog komunalnog otpada. Povećan standard stanovništva, intenzivna potrošnja i promena načina života u velikoj meri utiču i na promenu sastava otpada, koji je jedan od parametara od koga zavise mnoge karakteristike otpada (gustina, vlažnost, toplotna moć, biorazgradivost).

Upravljanje komunalnim čvrstim otpadom obuhvata nekoliko elemenata: nastajanje otpada, postupanje sa otpadom na izvoru, sakupljanje i odnošenje, obrada otpada u cilju izdvajanja korisnih materijala, odnosno dobijanja energije i deponovanje [3]. Ovakvom podelom omogućeno je da se na svaki od njih može uticati pojedinačno, u cilju usklađivanja celokupnog procesa sa, u mnogim zemljama, usvojenom hijerarhijom, koja

uključuje: izbegavanje nastajanja otpada, minimiziranje količine nastalog otpada, recikliranje, tretman otpada (kompostiranje, spaljivanje) i deponovanje. Slična hijerarhija je uključena i u zakonsku regulativu Republike Srbije: u članu 30 Zakona o zaštiti životne sredine navodi se da je „vlasnik otpada dužan da preduzme mere upravljanja otpadom u cilju sprečavanja ili smanjenja nastajanja, ponovnu upotrebu i reciklažu otpada, izdvajanje sekundarnih sirovina i korišćenje otpada kao energenta, odnosno odlaganje otpada” [4].

I pored zakonom definisane obaveze vlasnika otpada da sa njim pravilno postupi, u našoj zemlji je u najvećoj meri zastupljeno deponovanje, tako da postoji više od 150 deponija za odlaganje otpada širom Srbije [5]. Mnoge od njih ne ispunjavaju uslove definisane zakonskim propisima sa aspekta lokacija na kojima se nalaze i načina uređenja [6]. Komunalni čvrsti otpad iz Beograda, glavnog grada Srbije, u najvećoj meri se odlaže na deponiju u Vinči, koja se, prema Nacionalnoj strategiji upravljanja otpadom iz 2003. godine, može koristiti kao zvanična deponija u dužem vremenskom periodu [7].

Posle perioda intenzivne i nekontrolisane potrošnje prirodnih sirovina i degradacije životne sredine, danas se u velikoj meri shvata značaj pravilnog postupanja se otpadnim materijalima u cilju očuvanja prirodnih resursa. Ovaj pristup je neophodno implementirati i u našoj zemlji zbog povećanja količine otpada koji se izdvaja i zbog povećanja udela korisnih materijala u otpadu. Na ovaj način bi se obezbedilo očuvanje prirodnih sirovina, ali i svih delova životne sredine (voda, vazduh, zemljište), jer se smanjuju, kako prostor potreban za odlaganje otpada, tako i negativni efekti deponovanja otpada (emisija metana, zagađenje podzemnih voda i zemljišta). Predmet ovog rada bio je ispitivanje mogućnosti očuvanja prirodnih resursa reciklažom materijala iz komunalnog čvrstog otpada na primeru Beograda, iz koga se svakodnevno odlaže na deponiju u Vinči oko 1.500 tona otpada.

*Adresa autora: Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Karnegijeva 4, Beograd*

## EKSPERIMENTALNI DEO

*Predmet rada*

Teritorija Beograda zauzima površinu od 322.268 ha i obuhvata 17 administrativnih jedinica (10 gradskih i 7 prigradskih). Prema popisu stanovništva iz 2002. godine, Beograd ima 1.576.124 stanovnika. Nalazi se na 117 m nadmorske visine, a klima je umereno kontinentalna, sa izražena četiri godišnja doba. Ukupna godišnja precipitacija iznosi 669,5 dm<sup>3</sup>/m, a najveća količina padavina je u maju i junu.

Sakupljanje i prevoz komunalnog čvrstog otpada iz deset gradskih i jedne prigradske opštine (Surčin) u Beogradu vrši Javno komunalno preduzeće „Gradska čistoća” (JKP Gradska čistoća). U njihovoj nadležnosti je i održavanje čistoće na javnim površinama, odnošenje kabastog otpada, olupina automobila i građevinskog šteta, održavanje deponije Vinča, kao i sakupljanje sekundarnih sirovina [8].

*Količina sakupljenog otpada u Beogradu*

U okviru ovog rada prikupljeni su i analizirani podaci o ukupnim količinama otpada koji je sakupljen u Beogradu i odložen na deponiju u Vinči od strane JKP Gradska čistoća, tokom 2005, 2006 i 2007. godine. Takođe su sakupljeni i obrađeni podaci o količinama otkupljenih sekundarnih sirovina (papir i karton, PET boce i aluminijske konzerve) u reciklažnom dvorištu JKP Gradska čistoća koje se nalazi u okviru pogona „Otpad” i na otkupnim mestima preduzeća „INOS PAPIR SERVIS ” AD u Beogradu, u istom vremenskom periodu.

*Određivanje sastava otpada*

Jedan od najvažnijih parametara, od koga zavisi izbor metode tretmana otpada i način postupanja sa njim, je sastav otpada. U okviru ovog rada vršeno je praćenje sastava stambenog otpada tokom perioda od 30 dana (januar/februar 2009. godine), u prosečnim tročlanim i četvoročlanim porodicama, kao i u dvočlanom studentskom domaćinstvu. Otpad je razvrstavan u sledeće kategorije: biorazgradivi otpad od hrane (bio-otpada), papir i karton, PET boce, aluminijske konzerve i ostalo (zaostao mešani otpad, odlaze se na deponiju). Na osnovu dobijenih podataka određen je prosečan sastav otpada.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Količine otpada koje su iz jedanaest opština u Beogradu prikupljene i odložene na deponiju u Vinči od 2005. do 2007. godine prikazane su u

Tabeli 1. U istoj tabeli prikazane su količine sekundarnih sirovina koje su u istom periodu sakupljene u reciklažnom dvorištu u okviru pogona „Otpad” i od strane preduzeća „Inos papir servis”. Na osnovu ovih podataka procenjena je ukupna količina otpada koja nastaje u Beogradu, tako što je zbir odloženog otpada i recikliranih materijala uvećan za 10 %, jer se jedan deo otpada odlaze na divljim deponijama u gradu i okolini, a takođe se i sekundarne sirovine prodaju drugim otkupljivačima.

Poredeći navedene vrednosti prikazane u tabeli 1. uočeno je da je 2006. godine količina odloženog otpada povećana za 5,2 % u odnosu na 2005, a 2007 u odnosu na 2006. god. za 6,1%.

*Tabela 1 - Količine deponovanog i nastalog otpada, kao i količina sakupljenih sekundarnih sirovina (Otpad i INOS) u Beogradu*

Godina	Količina otada odloženog na deponiju u Vinči [t]	Količina sakupljenih sekundarnih sirovina [t]	Procenjena količina nastalog otpada [t]
2005	436.896		511.021
2006	463.573	3.307	547.228
2007	487.792	4.119	581.245

Procenjena količina nastalog otpada iskorištena je za određivanje brzine nastajanja otpada; broj stanovnika u jedanaest opština koje su bile obuhvaćene servisom sakupljanja iznosio je 1.305.143. Brzina nastajanja otpada u posmatranom periodu raste od 1,07 kg/stanovniku dnevno u 2006. godini, preko 1,15 u 2006. godini, do 1,22 kg/stanovniku dnevno 2007. godine. Prosečna brzina nastajanja otpada u 27 zemalja Evropske unije 2007. godine bila je 1,43 kg/stanovniku dnevno [9].

Sakupljanje sekundarnih sirovina iz komunalnog otpada u Beogradu se ne vrši organizovano, tako da količine i kvalitet izdvojenih materijala zavise od dobrovoljnog odziva građana. Količina materijala koja se reciklira se povećava zahvaljujući relativno organizovanim sakupljačima koji vade iz kontejnera materijale koji imaju tržišnu vrednost i prodaju ih na otkupnim mestima. Aluminijske konzerve, iako su već dugo u upotrebi i pogodne su za reciklažu, nisu bile organizovano sakupljane do 2006. godine.

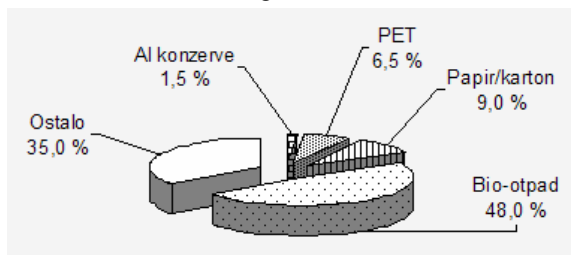
Na osnovu podataka o količinama sakupljenih reciklabilnih materijala (papir, karton, aluminijske konzerve, PET boce) u reciklažnom dvorištu „Otpad” i o količinama papira otkupljenog od strane preduzeća „Inos papir servis”, određen je udeo izdvojenih navedenih materijala u odnosu na ukupnu količinu nastalog otpada u Beogradu (Tabela 2).

Očigledno je da je stepen recikliranja aluminijumskih konzervi i PET boca veoma nizak, dok se količina papira i kartona izdvojenog iz otpada povećava u praćenom vremenskom periodu. Neophodno je istaći da je stepen recikliranja aluminijumskih konzervi verovatno veći, jer organizacija RECAN vrši organizovani otkup u celoj Srbiji; međutim podaci koje poseduju nisu sistematizovani pojedinačno po gradovima, tako da se ne zna koliko se tačno sakupi konzervi u Beogradu.

*Tabela 2 - Udeo pojedinih materijala koji se recikliraju u odnosu na ukupnu količinu nastalog otpada u Beogradu*

Godina	Papir/karton [%]	Aluminijumske konzerve [%]	PET boce [%]
2005	4,9	0	0,004
2006	5,7	0,004	0,05
2007	6,4	0,003	0,08

Sastav otpada, u okviru ovog rada, je određivan za stambeni otpad da bi se odredio udeo materijala koji se u razvijenim zemljama u najvećoj meri recikliraju. Na slici 1. prikazane su srednje vrednosti dobijene ispitivanjem, takozvanom „analizom kućne kante za smeće”, domaćinstava iz urbanih delova Beograda.



*Slika 1 - Prosečan sastav dobijen ispitivanjem stambenog otpada u Beogradu*

Papir, karton, PET ambalaža i aluminijumske konzerve su materijali za koje postoji organizovan sistem sakupljanja u Beogradu. Povećanjem broja lokacija na kojima ih građani mogu predati, adekvatnom edukacijom i kontinualnim obaveštavanjem stanovništva, moguće je prikupiti veće količine i obezbediti da se, u većoj meri, zamene prirodne sirovine.

U ispitivanim uzorcima najveći je bio udeo bio-otpada, biorazgradivog organskog otpada, pogodnog za kompostiranje (48 %). U okviru sličnog ispitivanja koje je rađeno 2003. godine na Novom Beogradu, udeo bio-otpada je takođe bio znatno veći u odnosu na ostale materijale i iznosio je 49 % [10]. Razlaganje biorazgradivog otpada se na deponiji odvija pod anaerobnim uslovima, uz izdvajanje procednih voda (često zagađene), kao i metana i ugljen-dioksida, gasova

značajnih za efekat staklene bašte, odnosno globalno otopljanje. Zbog toga je u zakonskoj regulativi Evropske unije definisano da je neophodno smanjiti količinu ovog otpada koji se odlaze na deponije [11].

Metoda pogodna za tretman biorazgradivog otpada, kompostiranje, koristi se u većoj meri u Evropi od osamdesetih godina XX veka. Tada je započeto sa razvojem i primenom šema za odvojeno sakupljanje bio-otpada, čime je obezbeđeno da materijal koji se kompostira ne sadrži nepoželjne, kontaminirajuće materije. Zbog visokog udela biorazgradivog otpada u Beogradu, implementiranjem kompostiranja u proces upravljanja komunalnim čvrstim otpadom bi se: na najpogodniji način tretirao otpad, uz relativno niska ulaganja; dobio koristan materijal za popravljavanje kvaliteta zemljišta (kompost); smanjila količina otpada koji se odlaze na deponiju. Razdvajanje bio-otpada na izvoru i odvojeno sakupljanje ove vrste otpada su najvažniji uslovi koje treba obezbediti da bi se navedeno ostvarilo.

## ZAKLJUČAK

Komunalni čvrsti otpad u zemljama u razvoju predstavlja ozbiljan problem. U većini gradova se ne sakuplja sav nastao otpad, ne izdvajaju se korisni materijali, a takođe se često otpad ne odlaze u skladu sa inženjerskim principima na uređene, takozvane, sanitarne deponije. Ovakav način postupanja sa otpadom predstavlja problem po životnu sredinu, a takođe negativno utiče i na zdravlje ljudi. Poslednjih nekoliko decenija globalizacija, brza urbanizacija i ekonomski rast u zemljama u razvoju su uticali na pogoršanje stanja u ovoj oblasti.

Na osnovu dobijenih podataka za Beograd, može se zaključiti da bi se količina otpada koji se odlaze na deponiju mogla smanjiti za više od 50 % izdvajanjem i preradom korisnih materijala. Na ovaj način bi se mogao produžiti radni vek deponije, odnosno smanjiti prostor potreban za odlaganje otpada. Takođe bi se smanjilo zagađenje svih delova životne sredine: vode, vazduha i zemljišta, čime bi se obezbedila zaštita i očuvanje ovih resursa za buduće generacije.

## REFERENCE

- [1] J. J. Horst and L. M. Tannya Globalization and poverty, (2001), [http://www.ulandslaere.au.dk/Opgavestof/2001/EndeligeOpgaver\\_2001/PDF\\_TannyaLozada\\_JacobHorst.pdf](http://www.ulandslaere.au.dk/Opgavestof/2001/EndeligeOpgaver_2001/PDF_TannyaLozada_JacobHorst.pdf)

- [2] IIED Globalization and cities. Environment and urbanization. London, IIED. 14:6, (2002).
- [3] G. Tchobanoglous, H. Theisen, S. A. Vigil, Integrated solid waste management - Engineering principles and Management issues, McGraw-Hill Inc., New York, 1993.
- [4] Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik RS, br. 135/04
- [5] Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine, Ujedinjene nacije, Prikaz stanja životne sredine u Srbiji 2002. godine (prevod), Beograd, 2003.
- [6] Pravilnik o kriterijumima za određivanje lokacije i uređenje deponije otpadnih materija, Službeni glasnik RS, br. 54/92
- [7] Republika Srbija, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i zaštitu životne sredine, Nacionalna strategija upravljanja otpadom – sa programom približavanja EU, Beograd, 200, str 29.
- [8] [www.beograd.org.rs](http://www.beograd.org.rs)
- [9] Eurostat Press Office, Eurostat news release, 31/2009, [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/docs/PAGE/PGP\\_PRD\\_CAT\\_PREREL/PGE\\_CAT\\_PREREL\\_YEAR\\_2009/PGE\\_CAT\\_PREREL\\_YEAR\\_2009\\_MONTH\\_03/8-09032009-EN-BP.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/docs/PAGE/PGP_PRD_CAT_PREREL/PGE_CAT_PREREL_YEAR_2009/PGE_CAT_PREREL_YEAR_2009_MONTH_03/8-09032009-EN-BP.PDF)
- [10] M. Ristić, V. Radin, Characterization of household solid waste in New Belgrade, XLII Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Book of Abstracts, 60, Novi Sad (2004)
- [11] Official Journal of the European Communities, Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste

## IZVOD

### OČUVANJE PRIRODNIH RESURSA RECIKLAŽOM MATERIJALA IZ KOMUNALNOG OTPADA

*Porast broja stanovnika, urbanizacija i industrijalizacija doveli su do intenziviranja problema u oblasti upravljanja komunalnim čvrstim otpadom u zemljama u razvoju. Usled nepravilnog rukovanja otpadom dolazi do emisije zagađujućih materija u vazduh, vodu i zemljište, što za posledicu ima negativan uticaj na zdravlje ljudi i na životnu sredinu. U ovom radu izvršena je analiza trenutne situacije u Beogradu u oblasti upravljanja otpadom. U skladu sa dobijenim podacima i na osnovu ispitivanja sastava otpad preporučena su odgovarajuća savremena rešenja. Zbog visokog udela bio-otpada (više od 45 %), kompostiranje je pogodna metoda kojom bi se obezbedilo smanjenje količine otpada koji se deponuje, čime bi se produžio radni vek deponije. Takođe se kompostiranjem obezbeđuje kruženje materije u prirodi i nutrijenti se vraćaju u zemljište. Odvojeno sakupljanje, na izvoru razdvojenog bio-otpada, je preduslov za dobijanje kvalitetnog komposta.*

**Ključne reči:** upravljanje komunalnim čvrstim otpadom, Beograd, kompostiranje

## ABSTRACT

### NATURAL RESOURCES PROTECTION BY MUNICIPAL SOLID WASTE RECYCLING

*Rapid population growth, urbanization and industrial growth have led to severe waste management problems in the cities of developing countries. The improper management of municipal solid waste is a major source of air, land and water pollution, and poses risks to human health and the environment. This article examines the current situation in the management of municipal solid waste in Belgrade, the impact of globalization on the waste generation, discusses lessons learned, and proposes a system for the proper management of municipal solid wastes. Considering the high proportion of organic matter in the waste generated in Belgrade (typically over 45%), composting can be an option to reduce the amount of waste that is landfilled, thus extending the lifespan of municipal landfills. Also composting recycles nutrients by returning them back to the soil. Source separation of organic matter at households should be implemented in order to obtain high quality of the resulting compost.*

**Key words:** municipal solid waste management, Belgrade, composting