

Značaj izvodjenja Proktorovog opita na komunalnom otpadu

Jovana Janković, Dragoslav Rakić, Tina Đurić, Irena Basarić Ikodinović, Laslo Čaki



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Značaj izvodjenja Proktorovog opita na komunalnom otpadu | Jovana Janković, Dragoslav Rakić, Tina Đurić, Irena Basarić Ikodinović, Laslo Čaki | Zbornik radova osmog naučno-stručnog međunarodnog savetovanja - Geotehnički aspekti građevinarstva | 2019 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0005753>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/340660301>

THE IMPORTANCE OF PROCTOR TEST PERFORMANCE ON MUNICIPAL SOLID WASTE

Conference Paper · November 2019

CITATIONS

0

READS

19

5 authors, including:



Jovana Janković

University of Belgrade

7 PUBLICATIONS 1 CITATION

SEE PROFILE



Dragoslav Rakic

University of Belgrade

67 PUBLICATIONS 54 CITATIONS

SEE PROFILE



Tina Đurić

University of Belgrade

5 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Irena Basaric

University of Belgrade

26 PUBLICATIONS 13 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Contribution to municipal waste geotechnical classification [View project](#)



WBIF (Western Balkans Investment Framework), EWBJF: WB13-SER-TRA-01, [View project](#)



**SAVEZ GRAĐEVINSKIH
INŽENJERA SRBIJE**
*ASSOCIATION OF CIVIL ENGINEERS
OF SERBIA*

GEOTEHNIČKI ASPEKTI GRAĐEVINARSTVA

ZBORNIK RADOVA
OSMOG NAUČNO-STRUČNOG MEĐUNARODNOG SAVETOVANJA

*EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE
GEOTECHNICS IN CIVIL ENGINEERING
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Editor: Prof. emeritus dr Radomir Folić



Vrnjačka Banja, 13. - 15. novembar 2019.

ZNAČAJ IZVOĐENJA PROKTOROVOG OPITA NA KOMUNALNOM OTPADU

Jovana Janković, Dragoslav Rakić, Tina Đurić,
Irena Basarić Ikodinović, Laslo Čaki

*Rudarsko- geološki fakultet Univerziteta u Beogradu , Dušina 7- Beograd,
jovana.jankovic@rgf.bg.ac.rs*

REZIME

Komunalni otpad predstavlja jedan od ključnih problema današnjice. U Srbiji je najčešći vid odlaganja otpada na komunalne deponije i zbog toga je bitno ispravno i sigurno ga skladištiti. Zbijanje komunalnog otpada predstavlja jednu od osnovnih komponenti procesa odlaganja. Kako bi se što bolje predvidelo ponašanje komunalnog otpada neophodno je pre zbijanja na terenu laboratorijski odrediti maksimalnu suhu zapreminsku težinu i optimalnu vlažnost. U dosadašnjoj praksi u svetu za to se koristi standardizovan Proktorov opit. U radu će biti prikazani rezultati Proktorovog opita za komunalni otpad koji je uzet sa neuređene deponije u Plandištu.

KLJUČNE REČI: komunalni otpad, zbijanje, deponija, Proktorov opit

THE IMPORTANCE OF PROCTOR TEST PERFORMANCE ON MUNICIPAL SOLID WASTE

ABSTRACT

Municipal solid waste management is one of the crucial problems worldwide. In Serbia, the most common forms of waste disposal are municipal landfills, and therefore it is important to store it properly and safely. Municipal waste compacting is one of the basic components of the disposal process. In order to better predict the behaviour of municipal waste, it is necessary to determine the maximum dry unit weight and optimal moisture content before compaction in the terrain, for which Standard Proctor test has been used in the world current practice. This paper presents the results of the Proctor test for municipal waste taken from the dump in Plandište.

KEY WORDS: municipal solid waste (MSW), compaction, landfill, Standard Proctor test

UVOD

Količine komunalnog otpada svakodnevno rastu, bez obzira na sprovođenje različitih mera kako bi se to izbeglo. Iako se smatra jednim od nepovoljnijih rešenja, odlaganje na komunalne deponije u Srbiji je i dalje najzastupljenije. Zbog toga je neophodno optimizovati odlaganje na deponije i obezbediti bezbednost tokom eksploatacije i nakon zatvaranja. Proces

odlaganja komunalnog otpada odvija se u nekoliko faza: istovaranje, razastiranje, prekrivanje i na kraju zbijanje. Zbijanjem se menjaju fizičko- mehaničke karakteristike otpada (čvrstoća na smicanje, deformabilnost, vodoporopustljivost). Dobro zbijeni komunalni otpad zauzima manju zapreminu i omogućuje znatno sigurnije skladištenje. Bez obzira na to, u Srbiji nema podataka o zbijanju komunalnog otpada. Razlog za to je najčešće nekontrolisano odlaganje bez prethodno odrađene analize.

Jedan od osnovnih činioca zbijanja komunalnog otpada je sastav. Obzirom na izrazitu heterogenost i promenljivost, zbijanje se po pravilu vrši u slojevima jednake debljine. Kako bi se što bolje iskoristio radni prostor deponije, neophodno je poznavati parametre zbijanja: optimalnu vlažnost i maksimalnu suhu zapreminsku težinu pri određenoj energiji zbijanja E . Međutim, bez obzira na značaj ovih parametara, u Srbiji još uvek ne postoji praksa da se određuju. U svetu je uglavnom korišćena ista metodologija izvođenja Proktorovog opita na komunalnom otpadu kao i kod tla, uz eventualnu redukciju energije zbijanja.

U radu će biti prikazani rezultati laboratorijskih ispitivanja na komunalnom otpadu koji je uzet sa neuređene deponije u Plandištu. Poređiće se vrednosti maksimalne suve zapreminske težine i optimalne vlažnosti, pre svega kroz promenu sastava.

PREGLED LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA KOMUNALNOG OTPADA U SVETU

Postoje značajne razlike u osobinama komunalnog otpada. U današnje vreme se teži povećanju prostora na deponijama, gde se može odlagati komunalni otpad. Zbijanje je jedna od najisplativijih, pa samim tim i najčešćih metoda povećavanja zapremine prostora za odlaganje komunalnog otpada.

Pojedini istraživači u svetu su prikazivali rezultate zbijanja terenskih i laboratorijskih istraživanja komunalnog otpada gde je komentarisano njegovo specifično ponašanje. Kao jednu od osnovnih razlika ističu krive zbijanja, koje su kod komunalnog otpada sa značajno manje izraženim vrhom, nego što je to slučaj kod tla. Promena suve zapreminske težine je znatno manje izražena u odnosu na promenu vlažnosti (Gabr and Valero 1995, Hettiarachchi et al. 2005, Itoh 2005, Reedy et al. 2008). U ovom radu, pažnja će biti posvećena izvođenju laboratorijskih opita.

Standardni Proktorov opit su izveli Gabr i Valero (1995) na komunalnom otpadu starom od 15 do 30 godina, koji je dobijen istražnim bušenjem. Maksimalna suva zapreminska težina od $9,3 \text{ kN/m}^3$ postignuta je pri optimalnoj vlažnosti od 31%. Stepem zasićenja je iznosio približno oko 70%.

Itoh (2005) je pri nešto manjoj energiji zbijanja od 550 kJ/m^3 odredio suhu zapreminsku težinu od $5,9 \text{ kN/m}^3$ pri optimalnoj vlažnosti od 20%.

Hettiarachchi et al (2005) su izveli sličan test sa maksimalnom veličinom čestica od 12,5mm, gde je konstatovana suva zapreminska težina od $5,5 \text{ kN/m}^3$ pri optimalnoj vlažnosti od

62%. Za sastav otpada je usvojena prosečna vrednost učešća komponenti u SAD, gde je specifična težina iznosila 1,6.

Reddy et al. (2008) su, takođe, izveli standardni Proktorov opit na uzorcima čija je maksimalna veličina čestica 40 mm. Pri optimalnoj vlažnosti od 70% dobijena je suva zapreminska težina od 4,2 kN/m³.

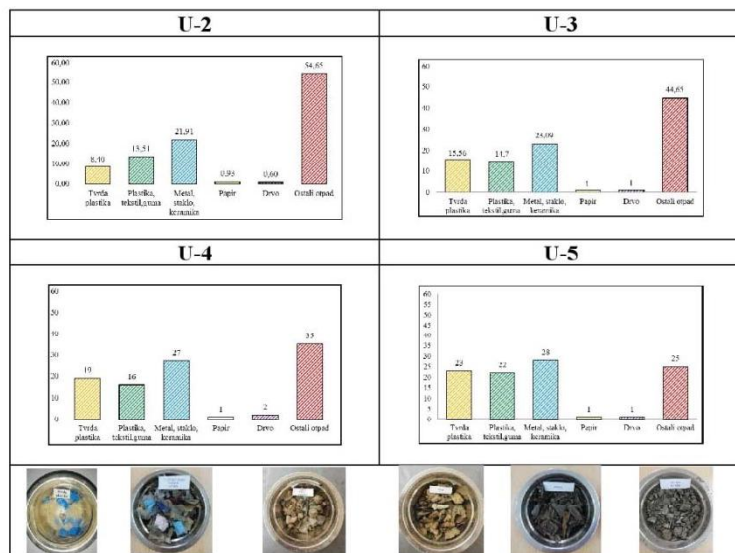
Wong (2009) je prikazao rezultate modifikovanog Proktorovog opita gde je pri optimalnoj vlažnosti od 66% postignuta suva zapreminska težina od 5,1 kN/m³. Pored tog laboratorijskog testa, povećao je energiju zbijanja četiri puta. Za takvu energiju zbijanja postignuta je suva zapreminska težina od 5,9 kN/m³, pri optimalnoj vlažnosti od 56%.

Hanson et al. (2010) je na isti način kao i predhodni autor došao do rezultata, ali sa tri različita sastava koja su karakteristična za određene regione (Turska, Evropa i SAD). Ovakav pristup je autor odabrao zbog izraženih razlika u ekonomskom i industrijskom smislu, što se ogleda u različitim procentualnim učešćima komponenti. Za modifikovan Proktorov opit raspon maksimalne suve zapreminske težine je od 3,37 kN/m³ do 3,80 kN/m³ pri rasponu vlažnosti od 138% do 162%. Dok, za četiri puta povećanu energiju zbijanja, maksimalna suva zapreminska težina se kreće u intervalu od 4,84 kN/m³ do 4,96 kN/m³ za optimalnu vlažnost od 73% do 111%. Poređenjem rezultata autora sa istim pristupom energiji zbijanja, zaključujemo da se pri povećanju energije naviše menja maksimalna suva zapreminska težinu, uz smanjenu optimalnu vlažnost.

Analizom literaturnih podataka, uočavaju se značajne razlike među rezultatima. Razlog za ovo se najčešće pripisuje različitom sastavu komunalnog otpada, kao i veličinama čestica koje su korišćene u samom opitu. Zbog toga je od velikog značaja, prilikom laboratorijskih ispitivanja, ove stavke navesti kao obavezne u opisima, što često nije slučaj.

SASTAV I PRIPREMA UZORAKA

Za potrebe izvođenja Proktorovog opita na komunalnom otpadu uzet je materijal sa neuređene deponije u Plandištu, starosti od oko 10 godina. Pripremljeni su veštački uzorci u različitom sastavu, kako bi se prikazao njegov uticaj na zbijanje. Uzorci su formirani na osnovu dostupnog materijala uz kritirijum njihovog ponašanja prilikom zbijanja. Izdvojene komponente su: tvrda plastika (flaše, posuđe i sl.), plastika (plastične kese, ambalaža od hrane i sl.) - tekstil- guma, metal- staklo- keramika, papir, drvo i ostali otpad (Slika 1). Pod „ostalim otpadom“ podrazumeva se sav otpad koji prilikom sortiranja nije mogao da se izdvoji u neku od predhodno pomenutih grupa. Karakteriše ga veliko učešće „zemljaste“ komponente, za koju se pretpostavilo da će imati različito ponašanje u odnosu na veštačke materijale, a koja je često u ulozi dnevnih prekrivki na deponijama. Pripremljeno je četiri uzorka, sa osnovnom razlikom učešća komponente „ostali otpad“. Sastav komunalnog otpada uzoraka prikazan je na Slici 1.

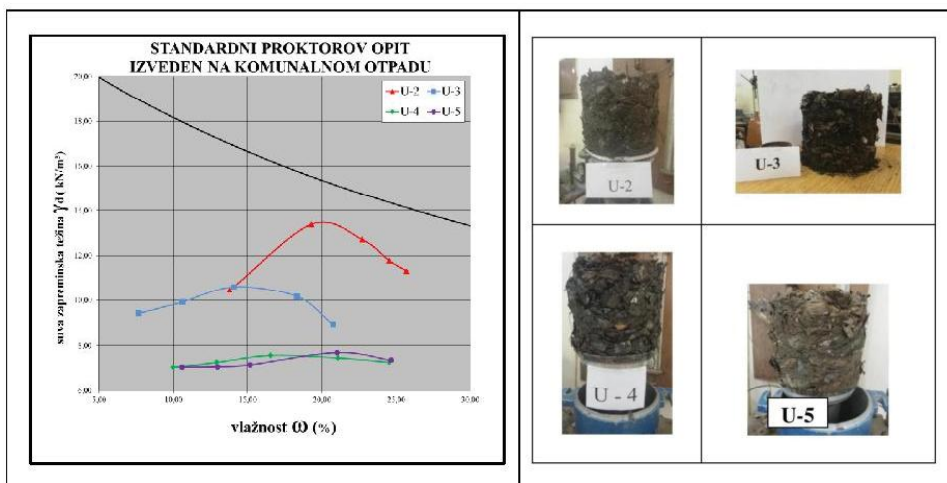


Slika 1: Prikaz sastava komunalnog otpada
Figure 1: Preview of municipal waste composition

Nakon sortiranja komunalnog otpada, pristupilo se pripremi uzorka koja uključuje homogenizaciju, mešanje i usitnjavanje svih komponenti. Maksimalna veličina komponenata u uzorku je iznosila 30 mm, kako bi se dobio odgovarajući odnos granulometrijskoj sastava otpada i dimenzija kalupa u kojima je izvođen Proktorov opit. Obzirom na specifičnost materijala, maksimalna dimenzija čestica u odnosu na prečnik kalupa je usvojena na 20%.

ODREĐIVANJE MAKSIMALNE SUVE ZAPREMINSKE TEŽINE I OPTIMALNE VLAŽNOSTI

Proktorov opit je izveden na predhodno pripremljenim uzorcima u kalupu zapremine 2125cm^3 (Slika 2). Zbijanje je izvedeno u 3 sloja sa 56 udaraca po sloju, korišćen je malj težine 2,5 kg koji pada sa visine od 30,5 cm. Energija zbijanja za ovako izveden opit iznosi 600kJ/m^3 . Cilj je određivanje optimalnog sadržaja vode sa kojom će se na terenu pri zbijanju ostvariti najveća zapreminska težina komunalnog otpada. Za svaki od četiri sastava odrađeno je pet različitih tačaka, kako bi se dobila odgovarajuća Proktorova kriva.



Slika 2: Rezultati Standardnog Proktorovog opita
Figure 2: Results of the Standard Proctor Test

Na uzorku U-2, sa najvećim učešćem komponente “ostali otpad” dobijena je maksimalna suva zapreminska težina $\gamma_d=13.39 \text{ kN/m}^3$, pri optimalnoj vlažnosti $\omega_{\text{opt}}=19.30 \%$. Uzorak U-3 ima maksimalnu suhu zapreminsku težinu $\gamma_d=10.60 \text{ kN/m}^3$ i optimalnu vlažnost $\omega_{\text{opt}}=14.11 \%$. Uzorci U-2 i U-3 imaju sličan oblik krive, na šta pre svega utiče “zemljasta” komponenta.

Sa povećanjem veštačkih materijala u uzorcima, dobijene vrednosi za uzorak U-4 su $\gamma_d=7.57 \text{ kN/m}^3$ za optimalnu vlažnost $\omega_{\text{opt}}=16.54 \%$. Na uzorku U-5 dobijena je maksimalna suva zapreminska težina $\gamma_d=7.36 \text{ kN/m}^3$ i optimalna vlažnost $\gamma_{\text{opt}}=24.68 \%$.

Rezultati Standardnog Proktorovog opita izvedeni u laboratoriji za mehaniku tla na Rudarsko- geološkom fakultetu, ukazuju da je sastav komunalnog otpada jedan od ključnih činioca zbijanja. Najviše vrednosti suve zapreminske težine su zabeležene na uzorku U-2 koji u sebi sadrži najveći procenat „zemljaste“ komponente. Takođe, bitno je izdvojiti da na zapreminsku težinu komunalnog otpada u velikoj meri utiče prisustvo komponente „plastika“. Ona je male težine, a velike zapremine, što značajno utiče na ponašanje uzorka prilikom izvođenja opita. Pored toga, uočava se značajna promena optimalne vlažnosti u odnosu na sastav otpada.

ZAKLJUČAK

Komunalni otpad u Srbiji i dalje predstavlja jedan od osnovnih ekoloških problema današnjice, bez obzira na postojanje savremenih tehnologija upravljanja. Kao jedan od problema izdvaja se neoptimizovano zbijanje komunalnog otpada na deponijama, bez predhodnog poznavanja sastava i određivanja laboratorijskih parametara.

U radu je prikazano ponašanje komunalnog otpada u različitom sastavu, kao i uticaj energije zbijanja standardnog Proktorovog opita na maksimalnu suhu zapreminsku težinu i optimalnu vlažnost.

Ono što se postavlja kao osnovno pitanje je da li rezultati koji su definisani istim principom kao kod tla, a na osnovu izvedenog Proktorovog opita, odgovaraju njegovoj primeni na komunalnom otpadu i da li daju odgovarajuće parametre obzirom na specifično ponašanje različitih vrsta kompaktora na deponijama. Zbog svega ovoga treba razmotriti promenu energije zbijanja ili oblika malja, kao i moguću korekciju njegove težine i visine pada. Na osnovu svega navedenog, neophodno je standardizovati metodologiju ispitivanja komunalnog otpada, kako bi se doprinelo što boljem korišćenju prostora na deponiji.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru istraživanja za projekat TR 36014 koji se finansira od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA:

- Cox, J. T., Hanson, J., Yesiller, N., Clarin, J. & Noce, D. E.: Optimization of Compaction Procedures and Waste Placement Operations at MSW Landfills, Global Waste Management Symposium, Orlando, Florida. 2014.
- Hanson, J.L., Yesiller, N., Von Stockhausen, S.A. and Wong, W. W.: Compaction Characteristics of Municipal Solid Waste, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 136, No. 8. 2010.
- Janković, J., Rakić, D. & Basarić, I.: Compaction of municipal waste, X International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, Bor, Serbia. 2015.
- Pulat, H.F. & Yukselen-Aksoy, Y.: Compaction behavior of synthetic and natural MSW samples in different compositions, Waste Management & Research 12. 2013.
- Rakić, D. : Konstitutivne zavisnosti komunalnog otpada sa deponija u Srbiji. Doktorska disertacija, Rudarsko- geološki fakultet Univerziteta u Beogradu. 2013.
- Wong, W.W. : Investigation of the geotechnical properties of municipal solid waste as a function of placement conditions. MSc. thesis, California Polytechnic State Univ. San Luis Obispo, USA. 2009.