

Одређивање збијености старог комуналног отпада

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



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Одређивање збијености старог комуналног отпада | Jovana Janković, Dragoslav Rakić, Irena Basarić Ikodinović, Tina Đurić | Конференција Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад, 16-18.06.2021. | 2021 |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008625>



UDRUŽENJE ZA TEHNOLOGIJU VODE I SANITARNO INŽENJERSTVO
ASSOCIATION FOR WATER TECHNOLOGY AND SANITARY ENGINEERING

UDRUŽENJE VODOVODA I KANALIZACIJE SRBIJE
WATERWORKS AND SEWERAGE ASSOCIATION OF SERBIA

INSTITUT ZA HEMIJU, TEHNOLOGIJU I METALURGIJU
INSTITUTE OF CHEMISTRY, TECHNOLOGY AND METALLURGY

u saradnji sa
in cooperation with

PRIVREDNOM KOMOROM SRBIJE
CHAMBER OF COMMERCE AND INDUSTRY OF SERBIA

KONFERENCIJA

OTPADNE VODE, KOMUNALNI ČVRSTI OTPAD I OPASAN OTPAD

CONFERENCE

WASTE WATERS, MUNICIPAL SOLID WASTES AND HAZARDOUS WASTES



16.- 18. 06. 2021. BEOGRAD – Hotel „ZIRA“, Ruzveltova 35
16th-18th June 2021. BELGRADE – Hotel “Zira”, 35 Ruzveltova Str.

Izdavač
UDRUŽENJE ZA TEHNOLOGIJU VODE
I SANITARNO INŽENJERSTVO
Beograd, Terazije 23/II/203

Za izdavača
Predsednik U. O. Udruženja
Predrag Bogdanović, dipl. inž. građ.

ORGANIZACIONI ODBOR
ORGANIZING COMMITTEE
Anđa Marjanović, dipl. inž. tehnol., predsednik

IZVRŠNO - REDAKCIONI ODBOR
EXECUTIVE - EDITORIAL BOARD

Prof. dr Zagorka Tamaš, dipl. hem., predsednik
Prof. dr Milena Bečelić – Tomin, dipl. hem.
Dr Milka Vidović, dipl. inž. tehnol.
Doc. dr Vladana Rajaković – Ognjanović, dipl. inž. tehnol.
Prof. dr Goran Vujić, dipl. inž. maš.
Prof. dr Gordana Stefanović, dipl. inž. tehnol.
Doc. dr Hristina Stevanović Čarapina, dipl. inž. tehnol.
Gordana Perović, dipl. inž. tehnol.
Zoran Marinković, dipl. inž. građ.
Dr Vladimir Pavićević, dipl. inž. tehnol.
Boris Mičić, dipl. inž. maš.
Zorana Petrović, dipl. inž. građ.

Tiraž
200 primeraka

ISBN 978-86-81618-11-0

Kompjuterska priprema
Katarina Čović

Štampa
PLANETA PRINT d.o.o.
Beograd

Godina izdavanja
2021.

CIP - Katalogizacija u publikaciji - Narodna biblioteka Srbije, Beograd

628.3/4(082)

502/504(082)

КОНФЕРЕНЦИЈА Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад (50 ; 2021 ; Beograd)

Konferencija Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, 16-18. 06. 2021. Beograd / [organizatori] Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo ... [et al.] = Conference Waste Waters, Municipal Solid Wastes and Hazardous Wastes, 16th-18th June 2021. Belgrade / [organized by] Association for Water Technology and Sanitary Engineering ... [et al.]. - Beograd : Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 2021 (Beograd : Planeta Print). - 217 str. : ilustr. ; 25 cm

"... Udruženje ... organizuje 50-tu konferenciju 'Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad'". -> Predgovor. - Tiraž 200. - Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts.

ISBN 978-86-81618-11-0

a) Отпадне воде – Зборници б) Отпадне материје – Зборници
в) Опасне материје – Зборници г) Животна средина – Заштита – Зборници

COBISS.SR-ID 39772937

ODREĐIVANJE ZBIJENOSTI STAROG KOMUNALNOG OTPADA

Jovana Janković, mast. inž. geol., dr Dragoslav Rakić, dipl. inž. geol.,
Irena Basarić Ikodinović, dipl. inž. građ., Tina Đurić, mast. inž. geol.
Rudarsko-geološki fakultet Beograd, Departman za Geotehniku, Dušina 7, 11000 Beograd
e-mail: jovana.jankovic@rgf.bg.ac.rs

Rezime

Bez obzira na savremene tretmane komunalnog otpada u svetu, u Srbiji je i dalje najčešći vid odlaganja na komunalne deponije, pa zbijanje otpada predstavlja jednu od ključnih faza formiranja deponije. Na ovaj način znatno se smanjuje zapremina otpada, ubrzava proces degradacije i produžava radni vek deponije. Zbog toga su geotehničke karakteristike komunalnog otpada prilikom zbijanja, veoma bitne kako u fazi projektovanja tako i u fazi izgradnje deponije i optimizacije prostora. Tu se svega misli na maksimalnu suhu zapreminsku težinu i optimalnu vlažnost, koje se mogu dobiti u laboratorijskim uslovima, korišćenjem standardne laboratorijske opreme (Proktorov aparat). U radu je dat prikaz rezultata Proktorovog opita koji je rađen na veštački pripremljene uzorke sa deponije Ada Huja (starost oko 40 godina). Optimalna vlažnost i suva zapreminska težina su određeni za tri različita sastava otpada, što je omogućilo korelaciju rezultata sa realnim terenskim uslovima.

Ključne reči: komunalni otpad, deponija, Proktorov opit, optimalna vlažnost, maksimalna suva zapreminska težina

DETERMINING THE COMPACTNESS OF OLD MUNICIPAL WASTE

Abstract

Regardless of the modern treatment of municipal waste in the world, in Serbia the most common form is still waste disposal to municipal landfills, so waste compaction is one of the key stages of landfill formation. In this way the volume of waste is significantly reduced, the process of degradation is accelerated and the working life of the landfill is extended. Therefore, the geotechnical characteristics of municipal waste during compaction are very important in the design phase as well as in the landfill construction and space optimization phase. It is primarily refers to maximum dry unit weight and optimal moisture content, which can be obtained under laboratory conditions, using standard laboratory equipment (Proctor's apparatus). The paper presents the results of Proctor compaction test, which was performed on artificially prepared samples from the Ada Huja landfill (about 40 years old). Optimal moisture content and dry bulk density were determined for three different waste compositions, which allowed correlation of results with real field conditions.

Key words: municipal solid waste (MSW), landfill, Standard Proctor test, optimal moisture content, maximum dry unit weight

UVOD

Komunalni otpad predstavlja jedan od ključnih problema današnjice, kako u svetu, tako i u Srbiji. Iako se prema hijerarhiji otpada smatra jednim od nepovoljnijih rešenja, odlaganje na komunalne deponije u Srbiji je i dalje najzastupljenije. U većini slučajeva u pitanju su tzv. „divlje deponije- smetilišta“. Međutim, približavanjem Evropskoj Uniji, mora se naći ekološki prihvatljivo rešenje, kako za deponije koje će tek biti formirane, tako i za sanaciju postojećih.

Bez obzira što je „Strategijom za upravljanje otpada“ deponija definisana kao „mesto za odlaganje na ili ispod površine terena“, ona svakako predstavlja građevinu sa pratećim objektima koja pored ekonomskih i ekoloških aspekata treba da ispuni i opšte tehničke uslove za izradnju (Rakić, 2013). Ovakav pristup upravljanja komunalnim otpadom odnosi se na novo formirane deponije, ali i na one koje se moraju „rekultivisati“.

Mehanička obrada komunalnog otpada zbijanjem predstavlja jednu od osnovnih metoda tretmana otpada. U radu su komentarisani rezultati laboratorijskih ispitivanja starog komunalnog otpada koji je uzet sa zatvorene deponije Ada Huja u Beogradu (starost oko 40 godina). Opit je izveden u Proktorovom aparatu, i na taj način je dobijena maksimalna suva zapreminska težina i optimalna vlažnost. Poznavanjem ovih parametara pre samog zbijanja, optimizuje se prostor koji je namenjen za buduću deponiju komunalnog otpada.

ISPITIVANJE ZBIJANJA KOMUNALNOG OTPADA U SVETU

Komunalni otpad predstavlja izrazito heterogen materijal, kome je teško prevideti ponašanje prilikom zbijanja. Komponente u samoj deponiji imaju različito ponašanje prilikom prelaska kompaktora preko njih. Iz ovog razloga, neophodno je doći do ulaznih parametara pre početka samog procesa zbijanja, kako bi ono bilo racionalnije. Istraživači u svetu bavili su se analizom rezultata zbijanja u terenskim i laboratorijskim uslovima, gde je sa različitih aspekata komentarisano njihovo specifično ponašanje. Kao jednu od osnovnih razlika ističu krive zbijanja, koje su kod komunalnog otpada sa manje izraženim vrhom, nego što je to slučaj kod tla. Obzirom da je rad fokusiran na laboratorijska ispitivanja, ista će u kratkom osvrtu biti komentarisana.

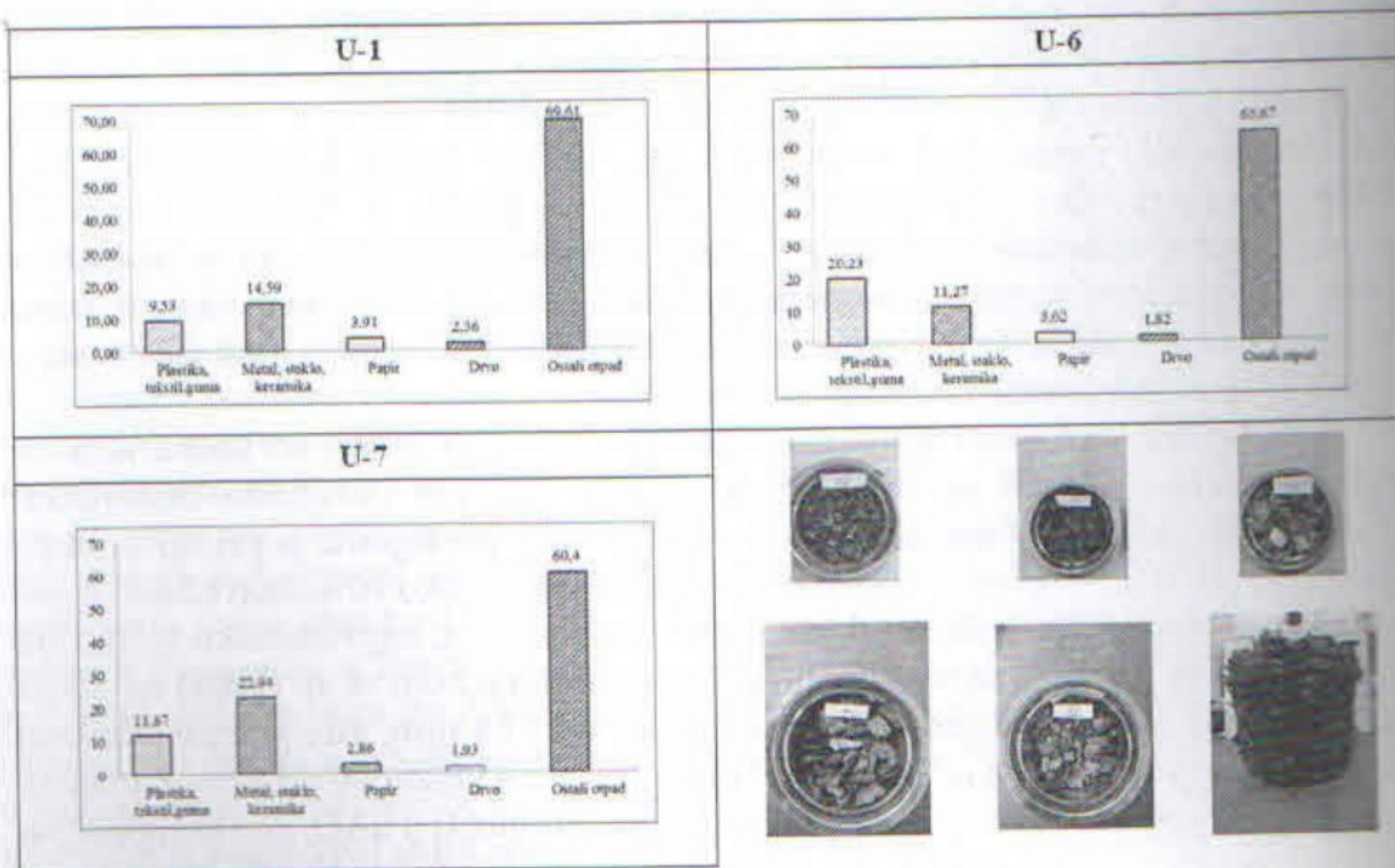
Standardni Proktorov opit su izveli Gabr i Valero (1995) na komunalnom otpadu starom od 15 do 30 godina, koji je dobijen istražnim bušenjem. Maksimalna suva zapreminska težina od $9,3 \text{ kN/m}^3$ postignuta je pri optimalnoj vlažnosti od 31%. Step en zasićenja je iznosio približno oko 70%. Itoh (2005) 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 12,5 mm, 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 $4,2 \text{ kN/m}^3$. Wong (2009) je prikazao

rezultate modifikovanog Proktorovog opita gde je pri optimalnoj vlažnosti od 66% postignuta suva zapreminska težina od $5,1 \text{ kN/m}^3$. Pored tog laboratorijskog testa, povećao je energiju zbijanja četiri puta. Za takvu energiju zbijanja postignuta je suva zapreminska težina od $5,9 \text{ kN/m}^3$, pri optimalnoj vlažnosti od 56%.

U Srbiji do sada nije rađeno laboratorijsko ispitivanje na komunalnom otpadu u Proktorovom aparatu. Obzirom na to, usvojene su preporuke za formiranje i odabir uzoraka iz analizirane literature. Međutim, kao što se u analiziranoj literaturi vidi, ima dosta odstupanja u dobijenim rezultatima. Razlog za to se najčešće pripisuje različitom sastavu komunalnog otpada, kao i veličinama čestica koje su korišćene u istom, pa o tome treba dodatno voditi računa.

SASTAV I PRIPREMA UZORKA

Za izvođenje Proktorovog opita na komunalnom otpadu korišćen je materijal sa zatvorene deponije Ada Huja u Beogradu. Otpad starosti oko 40 godina uzet je istražnim bušenjem kroz telo deponije. Uzorci su formirani u različitom sastavu, kako bi se prikazao njeov uticaj na zbijanje. Izdvojene komponente su: plastika - 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, kao i usitnjenog otpada koji ne može da se klasifikuje, a koji je nastao usled starosti deponije. Za ovu komponentu se predpostavilo da će imati različito ponašanje u odnosu na veštačke materijale. Pripremljeno je tri uzorka.

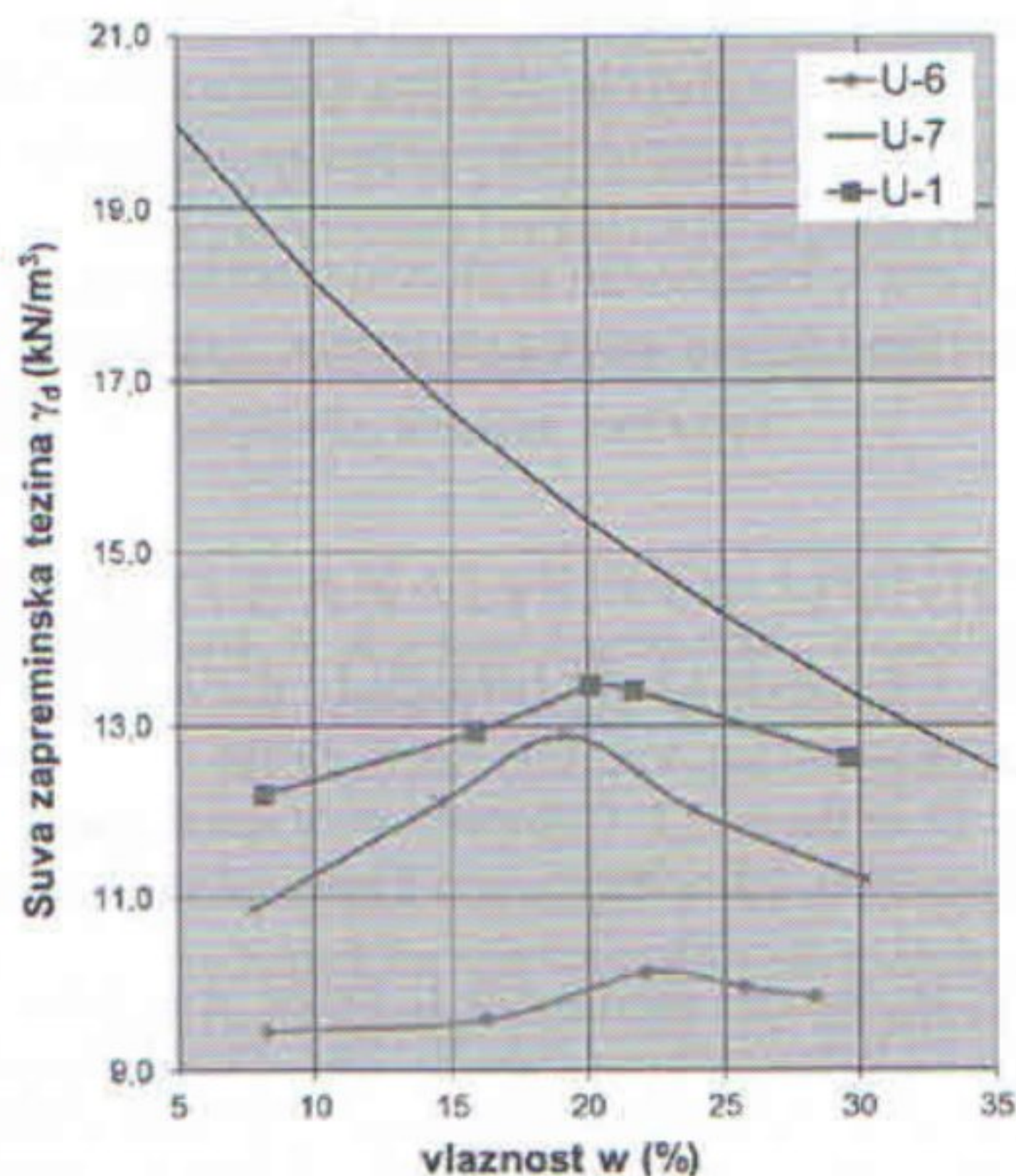


Slika 1. Prikaz sastava komunalnog otpada
Figure 1. Preview of municipal waste composition

Nakon sortiranja komunalnog otpada, pristupilo se pripremi uzorka koja uključuje homogenizaciju, mešanje i usitnjavanje svih komponenti. Maksimalna veličina komponenta u uzorku je iznosila 30 mm, kako bi se dobio odgovarajući odnos granulometrijskog 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%.

PRIKAZ REZULTATA PROKTOROVOG OPITA

Na predhodno pripremljenim uzorcima komunalnog otpada izveden je Proktorov opit. Uzorci su zbijeni u cilindričnom kalupu zapremine 2125 cm^3 udarcima malja težine 2,5 kg u 3 sloja sa 56 udaraca po sloju, koji pada sa visine od 30,5 cm. Za datu energija zbijanja (590 kJ/m^3) dobija se optimalna vlažnost pri kojoj se postiže maksimalna suva zapreminska težina. Krive zavisnosti maksimalne suve zapreminske težine i optimalne vlažnosti za svaki od tri sastava komunalnog otpada Ada Huje je prikazan na Slici 2.



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

Na uzorku U-1 dobijena je maksimalna suva zapreminska težina $g_d = 13,45 \text{ kN/m}^3$, pri optimalnoj vlažnosti $w_{opt} = 20,10\%$. Uzorak U-6 ima maksimalnu suhu zapreminsku težinu $g_d = 10,13 \text{ kN/m}^3$ i optimalnu vlažnost $w_{opt} = 22,15\%$. Uzorak U-7 ima maksimalnu suhu zapreminsku težinu $g_d = 12,88 \text{ kN/m}^3$ i optimalnu vlažnost $w_{opt} = 19,21\%$. U svim uzorcima komponenta „ostali otpad“ ima najveće procentualno učešće, s tim da se varijabilnost vidi i sa povećanim učešćem metala (U-7) i plastike (U-6).

ZAKLJUČAK

U cilju racionalnijeg korišćenja prostora na deponijama komunalnog otpada dobijeni prametri pomoću laboratorijskih istraživanja, u ovom slučaju Proktorovim opitom, su od neprocenjivog značaja. Stari otpad, poput ispitivanog sa Ade Huje, ima drugačije karakteristike u odnosu na svež otpad. To se pre svega odnosi na odsustvo biorazgradive komponente i povećano procentualno učešće „sitnozrne“ komponente koja svojim izgledom podseća na tlo, a nastala je razaranjem otpada tokom vremena.

U radu je prikazan uticaj sastava komunalnog otpada na zbijanje, i to modifikacijom predhodno pomenute komponente, koja je ovde nazvana „ostali otpad“. Sa njenim povećanjem, dobijaju se veće zapreminske težine uz odgovarajuće optimalne vlažnosti. Pored ovoga, na rezultate utiče i varijabilnost ostalih komponenti, ali ne u tolikoj meri koliko je to slučaj sa „ostalim otpadom“. Ovakav pristup „starom otpadu“ može biti od velikog značaja prilikom premeštanja smetilišta i tokom formiranja novih kontrolisanih deponija sa ovakvim komunalnim otpadom.

Poznavanjem parametara određenih laboratorijskim ispitivanjima, doprinosi se metodologiji poboljšanja i kontrole zbijanja komunalnog otpada na terenu, a samim tim i boljem korišćenju raspoložive zapreminske težine.

Zahvalnica: Ovaj rad je realizovan u okviru istraživanja za projekat TR36014 koji se finansira od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

1. 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)
2. Janković, J., Rakić, D. & Basarić, I.: *Compaction of municipal waste*, X International Symposium on Recycling Tehnologies and Sustainable Development, Bor, Serbia. (2015)
3. Janković, J., Rakić, D., Basarić Ikodinović I., Đurić T. & Čaki L.: *Značaj izvođenja Proktorovog opita na komunalnom otpadu*, Osmo međunarodno naučno-stručno savetovanje „Geotehnički aspekti građevinarstva“, Vrnjačka Banja. (2019)
4. Pulat, H.F. & Yukselen-Aksoy, Y.: *Compaction behavior of synthetic and natural MSW samples in different compositions*, Waste Management & Research 12. (2013)
5. Rakić, D. : *Konstitutivne zavisnosti komunalnog otpada sa deponija u Srbiji*. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu. (2013)
6. 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).