

Vizualizacija podataka oporabe/zbrinjavanja krutog komunalnog otpada

Matić, Matea

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:167:202849>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

VIZUALIZACIJA PODATAKA
OPORABE/ZBRINJAVANJA KRUTOG KOMUNALNOG
OTPADA

ZAVRŠNI RAD

MATEA MATIĆ
Matični broj:1120

Split, rujan 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
PREDDIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKE TEHNOLOGIJE
KEMIJSKO INŽENJERSTVO

VIZUALIZACIJA PODATAKA
OPORABE/ZBRINJAVANJA KRUTOG KOMUNALNOG
OTPADA

ZAVRŠNIRAD

MATEA MATIĆ
Matični broj:1120

Split, rujan 2019.

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
UNDERGRADUATE STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY
CHEMICAL ENGINEERING

**DATA VISUALISATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE
MANAGEMENT**

BACHELOR THESIS

MATEA MATIĆ
Parent number:1120

Split, September 2019

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu
Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu
Studij: Preddiplomski studij Kemijske tehnologije

Znanstveno područje: Tehničke znanosti
Znanstveno polje: Kemijsko inženjerstvo
Tema rada je prihvaćena na XIX. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko-tehnološkog fakulteta
Mentor: doc. dr. sc. Ivana Smoljko

VIZUALIZACIJA PODATAKA OPORABE/ZBRINJAVANJA KRUTOG KOMUNALNOG OTPADA

Matea Matić, 1120

Sažetak:

U radu su analizirani podaci o količini oporabljene/zbrinute krutog komunalnog otpada i to postupcima energetske uporabe i recikliranja, kao i podaci o količini komunalnog otpada koja je neobrađena odložena na odlagališta u Republici Hrvatskoj i u Dubrovačko-neretvanskoj županiji u razdoblju od 2014. do 2017. godine. Rezultati analize prikazani su ternarnim dijagramom. Vizualizacijom podataka o postupcima uporabe/zbrinjavanja otpada moguće je lako i brzo razumijevanje informacija kako bi se olakšalo donošenje informiranih odluka, planiranje poslovanja i usmjeravanje gospodarenja otpadom na strateškoj razini prema kružnom gospodarstvu.

Ključne riječi: vizualizacija podataka, ternarni dijagram, komunalni otpad, uporaba, odlaganje otpada.

Rad sadrži: 53 stranice, 22 slike, 9 tablica, 1 prilog i 19 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

| | |
|------------------------------------|-------------|
| 1. doc. dr. sc. Mario Nikola Mužek | predsjednik |
| 2. doc. dr. sc. Ivona Nuić | član |
| 3. doc. dr. sc. Ivana Smoljko | član-mentor |

Datum obrane: 30. rujan 2019.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35.

BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHELOR THESIS

University of Split
Faculty of Chemistry and Technology Split
Study: Undergraduate Study of Chemical Technology

Scientific area: Technical Sciences
Scientific field: Chemical Engineering
Thesis subject was approved by Faculty council of Chemistry and Technology session no. XIX.
Mentor: Ph. D. Ivana Smoljko, Assistant Professor

DATA VISUALISATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT

Matea Matić, 1120

Abstract:

This paper analyses the amount of municipal solid waste recovered/disposed, including energy recovery and recycling processes, as well as the amount of municipal waste disposed at landfills in the Republic of Croatia and in the Dubrovačko-neretvanska County from 2014 to 2017. The results of the analysis are presented by a ternary diagram. By visualizing data of waste recovery/disposal operations, it is possible to understand information easily and faster. Also, the data visualisation facilitates the use of information in waste management decision making and promotes the circular economy.

Keywords: Data Visualisation; Ternary Diagram; Municipal waste; Recovery; Disposal

Thesis contains: 53 pages, 22 figures, 9 tables, 1 supplement and 19 references

Origin in: Croatian

Defence committee:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Ph. D. Mario Nikola Mužek, Assistant Professor | chair person |
| 2. Ph. D. Ivona Nuić, Assistant Professor | member |
| 3. Ph. D. Ivana Smoljko, Assistant Professor | supervisor |

Defence date: 30 September 2019

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of Faculty of Chemistry and Technology in Split, RuđeraBoškovića 35.

Završni rad je izrađen u Zavodu za elektrokemiju i zaštitu materijala, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom doc. dr. sc. Ivane Smoljko u razdoblju od svibnjado rujna 2019. godine.

Posebno se zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Ivani Smoljko na odabiru teme, pronalasku prikladne literature, mnogobrojnim korisnim savjetima i pomoći pri pisanju ovog završnog rada .

Također se zahvaljujem svojim roditeljima, cjelokupnoj obitelji i prijateljima koji su mi bili neizmjerna podrška tijekom školovanja.

Matea Matić

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Analizirati podatke o količini oporabljenog/zbrinutog krutog komunalnog otpada i to postupcima energetske oporabe i recikliranja, kao i količine komunalnog otpada koje su neobrađene odložene na odlagališta u Republici Hrvatskoj i u Dubrovačko-neretvanskoj županiji u razdoblju od 2014. do 2017. godine. Pri tome koristiti programski alat koji omogućavaju vizualizaciju navedenih podataka u obliku ternarnog (trokutnog) dijagrama.

SAŽETAK

U radu su analizirani podatci o količini oporabljenog/zbrinutog krutog komunalnog otpada i to postupcima energetske uporabe i recikliranja, kao i podaci o količini komunalnog otpada koja je neobrađena odložena na odlagališta u Republici Hrvatskoj i u Dubrovačko-neretvanskoj županiji u razdoblju od 2014. do 2017. godine. Rezultati analize prikazani su ternarnim dijagramom. Vizualizacijom podataka o postupcima uporabe/zbrinjavanja otpada moguće je lako i brzo razumijevanje informacija kako bi se olakšalo donošenje informiranih odluka, planiranje poslovanja i usmjeravanje gospodarenja otpadom na strateškoj razini prema kružnom gospodarstvu.

Ključne riječi: vizualizacija podataka, ternarni dijagram, komunalni otpad, uporaba, odlaganje otpada

ABSTRACT

This paper analysis the amount of municipal solid waste recovered/disposed, including energy recovery and recycling processes, as well as the amount of municipal waste disposed at landfills in the Republic of Croatia and in the Dubrovnik-Neretva County from 2014 to 2017. The results of the analysis are presented by a ternary diagram. By visualizing data of waste recovery/disposal operations, it is possible to understand information easily and faster. Also, the data visualisation facilitates the use of information in waste management decision making and promotes the circular economy.

Keywords: Data Visualisation; Ternary Diagram; Municipal waste; Recovery; Disposal

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| UVOD | 1 |
| 1. OPĆI DIO | 3 |
| 1.1. OTPAD | 4 |
| 1.1.1 Komunalni otpad | 5 |
| 1.1.2. Proizvodni otpad..... | 7 |
| 1.2. GOSPODARENJE OTPADOM | 9 |
| 1.2.1. Gospodarenje komunalnim otpadom u Republici Hrvatskoj | 12 |
| 1.2.2. Ciljevi gospodarenja otpadom koje je potrebno postići do 2022. godine | 13 |
| 1.2.3. Mjesečne i sezonske varijacije količine i sastava otpada | 14 |
| 1.3. OSNOVNI PODATCI O GRADU DUBROVNIKU | 16 |
| 1.4. ZBRINJAVANJE KOMUNALNOG OTPADA KROZ POVIJEST GRADA DUBROVNIKA | 18 |
| 1.4.1. Prikupljanje, odvoz i zbrinjavanje komunalnog otpada | 19 |
| 1.4.1.1. Pametni sustav prikupljanja otpada | 21 |
| 1.4.1.2. Akcije prikupljanja otpada | 22 |
| 2. EKSPERIMENTALNI DIO | 23 |
| 2.1. MATERIJALI | 24 |
| 2.1.1. Količine proizvedenog komunalnog otpada u RH tijekom godina | 25 |
| 2.1.2. Oporaba komunalnog otpada u RH | 26 |
| 2.1.3. Odvojeno prikupljeni komunalni otpad u RH | 27 |
| 2.1.4. Odlaganje komunalnog otpada u RH | 29 |
| 2.1.5. Otpad iz turizma | 30 |
| 2.1.6. Ukupna količina otpada na dubrovačkom području..... | 31 |
| 2.1.7. Oporaba otpada na području Grada Dubrovnika..... | 33 |
| 2.2. METODE | 35 |
| 2.2.1. Povijest ternarnog (trokutnog) dijagrama..... | 35 |
| 2.2.2. Trokutni dijagrami..... | 35 |
| 2.2.3. Tri-plot..... | 40 |
| 3. REZULTATI I RASPRAVA | 41 |
| 3.1. UPOTREBA TROKUTNOG DIJAGRAMA ZA PRIKAZ ZBRINJAVANJA KOMUNALNOG OTPADA U RH | 42 |
| 3.2. UPOTREBA TROKUTNOG DIJAGRAMA ZA PRIKAZ ZBRINJAVANJA KOMUNALNOG OTPADA NA PODRUČJU DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE | 43 |
| 3.3. USPOREDBA UČINKOVITOSTI OBRADE KOMUNALNOG OTPADA NA PODRUČJU RH I NA PODRUČJU DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE | 45 |
| 4. ZAKLJUČAK | 47 |
| 5. LITERATURA | 49 |
| 6. PRILOZI | 51 |

UVOD

Okoliš je prirodno okruženje organizama i njihovih zajednica koje im omogućuje postojanje i razvoj. Uključuje zrak, vodu, tlo, Zemljinu koru, energiju te materijalna dobra i kulturnu baštinu koju je stvorio čovjek.¹ Iz dana u dan sve se veća šteta nanosi okolišu i to zbog razvoja industrije i nezaustavljivog rasta svjetske populacije koji uzrokuju crpljenje prirodnih resursa, stvaranje sve većih količina otpada i zagađenje vode, zraka i tla. Otpad nastaje u svim sferama ljudske djelatnosti, od svakodnevnog života u kućanstvima do otpada iz uslužnih i proizvodnih djelatnosti. Problemi vezani uz otpad nisu novi, oni su samo postali veći i teže rješivi naglom koncentracijom pučanstva u megapolise i intenzivnom industrijalizacijom. Nekoliko desetljeća unazad počela je jačati svijest o brizi za okoliš pa zbog toga i sve više organizacija nastoji shvatiti na koji način i u kojoj mjeri one svojim poslovanjem utječu na okoliš. Svjesni svih vrsta šteta u okolišu i potrebe za sprečavanjem daljnjeg štetnog djelovanja zajedno s potrebom saniranja čitavih područja, razvile su se mjere i aktivnosti, donijeli propisi te su se osnovala institucije u kojima stručnjaci diktiraju pravila ponašanja te provode mjere zaštite okoliša i održivog razvoja. Zakonodavstvo o otpadu bilo je među prvim pravnim aktima Europske unije (EU) povezanima s okolišem koji su definirali zajednička načela kako bi se okoliš zaštitio od neodgovarajućeg zbrinjavanja otpada. Otpad je problem suvremene civilizacije i središnji problem zaštite okoliša koji se mora rješavati u sklopu cjelovitog sustava gospodarenja otpadom, kako bi se izbjegle nepoželjne posljedice za okoliš i društvo u cjelini.¹ Ovaj rad analizira nastanak, prikupljanje, uporabu/zbrinjavanje krutog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, u Dubrovačko-neretvanskoj županiji i u Gradu Dubrovniku u periodu od 2014. do 2017. godine. Pri tome je korišten programski alat koji omogućava vizualizaciju podataka uporabe/zbrinjavanja komunalnog otpada. Kako bi se podaci strukturirali, korišten je prikaz podataka u grafičkom obliku, tj. korišten je ternarni (trokutni) dijagram. Naime, navedeni programski alat za vizualizaciju omogućuju brzo razumijevanje informacija, identificiranje uzoraka i odnosa, identificiranje trendova u nastajanju te informiranje okoline. Danas je vizualizacija podataka neizostavan dio svih modernih alata za poslovnu inteligenciju. Upravo zato kvalitetnom i jednostavnom vizualizacijom podataka o postupcima uporabe/zbrinjavanja otpada omogućava se lako i brzo razumijevanje informacija kako bi se olakšalo donošenje informiranih odluka, planiranje poslovanja i usmjeravanje gospodarenja otpadom na strateškoj razini prema kružnom gospodarstvu.

1. OPĆI DIO

1.1. OTPAD

Pod terminom „otpad“ svrstava se svaka tvar koju posjednik odbacuje ili namjerava, odnosno mora odbaciti. Svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, obrada i prijevoz nužni u svrhu zaštite javnog interesa smatra se otpadom.² S obzirom na svojstva kojima djeluje na okoliš i zdravlje ljudi otpad se klasificira kao (slika 1):

- inertni otpad
- neopasni otpad i
- opasni otpad.



Slika 1. Vrste otpada.

Inertni otpad je otpad koji ne podliježe značajnim kemijskim, fizikalnim ili biološkim promjenama. Nije zapaljiv, topljiv, niti je biorazgradljiv. Inertni otpad ne reagira fizikalno ili kemijski. S tvarima s kojima dolazi u dodir ne djeluje na takav način da utječe na zdravlje ljudi, biljni i životinjski svijet ili na povećanje dozvoljene emisije u okoliš.²

Neopasni otpad je svaki otpad koji ne posjeduje jedno ili više opasnih svojstava određenih Dodatkom III Zakona o održivom gospodarenju otpadom.³

Opasni otpad je svaki otpad koji posjeduje jedno ili više opasnih svojstava određenih Dodatkom III Zakona o održivom gospodarenju otpadom.

Prema mjestu nastanka otpad možemo podijeliti na:

- komunalni otpad i
- proizvodni otpad.⁴

1.1.1. Komunalni otpad

U „komunalni otpad“ svrstava se otpad koji nastaje u kućanstvu, čišćenjem javnih površina i otpad koji je po prirodi i svojstvima sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz šumarstva i poljoprivrede.⁵

Značajke krutog komunalnog otpada su:

- Količina: godišnja, mjesečna, tjedna, dnevna.
- Sastav:
 - fizikalni: sadržaj pojedinih komponenti (papir, staklo itd.) u otpadu
 - kemijski: sadržaj pojedinih kemijskih elemenata i spojeva u otpadu
- Srednja gustoća
- Vlažnost
- Toplinska vrijednost: gorivi i negorivi dio otpada.

Osnovni podatak nužan za rješavanje problema krutog otpada je poznavanje njegove količine (KO-Količine otpada). U određivanju ove veličine polazi se od specifične (jedinične) količine s koja se obično izražava u kg/dan/stanovnik. Poznavanjem ove veličine i broja stanovnika M , mogu se procjenjivati težinske količine otpada za razna razdoblja razvoja sustava i u raznim godišnjim dobima prema izrazu:

$$\text{KO [kg/dan]} = s \text{ [kg/dan/stanovnik]} \cdot M \text{ [stanovnik]} \quad (1)$$

Fizikalni sastav komunalnog otpada jedan je od osnovnih parametara (uz količinu otpada) i treba poznavati pri izboru sustava za upravljanje otpadom, tehnologije obrade otpada, dimenzioniranju sustava primarnog i sekundarnog recikliranja, dimenzioniranju volumena odlagališta i općenito prilikom rada s komunalnim otpadom. Također, fizikalni sastav komunalnog otpada je najvažniji čimbenik koji utječe na definiranje sastava procjedne vode na mjestu gdje se otpad privremeno ili konačno odlaže te odlagališnog plina, a time i mogućeg utjecaja na okoliš. Pod fizikalnim sastavom komunalnog otpada podrazumijeva se udio pojedinih vrsta otpada u ukupnoj masi, izražen u postotku ukupne težine ili volumena.

Kemijski sastav komunalnog otpada je pokazatelj potreban pri izboru načina obrade komunalnog otpada i njegova eventualnog korištenja kao sekundarne sirovine, te za analizu mogućeg utjecaja na okoliš. Osnovni pokazatelji koje obično treba odrediti

su: sadržaj organske tvari, amonijačnog i nitratnog dušika, fosfora, kalija, kalcija, ugljika, klorida, sulfata te pH vrijednost otpada.

Srednja gustoća otpada Srednja gustoća otpada (γ) jedan je od osnovnih parametara koji se koriste kod proračuna zapreminskog prostora odlagališta, broja i veličine spremnika ili drugih sredstava za spremanje i prijevoz otpada te pri izboru mehanizacije za rad na odlagalištu. Ovisi o sastavu otpada, srednjim gustoćama pojedinih komponenti i vlažnosti otpada. Ispituje se u laboratoriju na osnovi srednjeg uzorka, a izražava u t/m^3 ili kg/l te računa prema sljedećem izrazu:

$$\gamma = \frac{M_1 - M_2}{V} \quad (2)$$

gdje je:

γ - srednja gustoća ($[t/m^3]$ ili $[kg/h]$)

M_1 - masa otpada sa spremnikom za mjerenje ($[t]$ ili $[kg]$)

M_2 - masa spremnika ($[t]$ ili $[kg]$)

V - volumen posude ($[m^3]$ ili $[l]$).

• Vlažnost otpada- Vlažnost W krutog komunalnog otpada ima veliko značenje u biokemijskim procesima njegove razgradnje. To je također važan pokazatelj koji se koristi za dimenzioniranje prijevoznih sredstava, provođenje antikorozivne zaštite tih sredstava, kao i za izbor načina obrade otpada. Vlažnost se utvrđuje eksperimentalno u laboratoriju, pri čemu se koristi sljedeći izraz:

$$W[\%] = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100 \quad (3)$$

gdje je :

W - vlažnost otpada $[\%]$ u odnosu na masu uzorka]

m_1 - masa uzorka prije sušenja $[g]$

m_2 - masa suhog uzorka $[g]$.

Toplinska vrijednost otpada također je značajan parametar jer je 50-80 % sastojaka u otpadu gorivo. To je vrlo bitno ako se otpad pri spaljivanju koristi za proizvodnju topline. Izražava se u kJ/kg ili MJ/kg . Toplinska moć ovisi o sastavu otpada. Naime,

dobru toplinsku moć imaju papir, tekstil, plastične mase, drveni otpad itd., a lošu toplinsku moć imaju metal, kamen, staklo itd. Ako kalorična vrijednost KV otpada nije poznata, tada se može približno izračunati prema formuli⁶:

$$KV [kJ/kg] = 2,326 \cdot (145,5 \cdot C + 620 \cdot (H - 0,125 \cdot O) + 41 \cdot S \quad (4)$$

gdje je :

C - ugljik [%]

H - vodik [%]

O - kisik [%]

S - sumpor [%].

Biorazgradljivi komunalni otpad je otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede, šumarstva, akoji u svom sastavu sadrži biološki razgradljivi otpad.

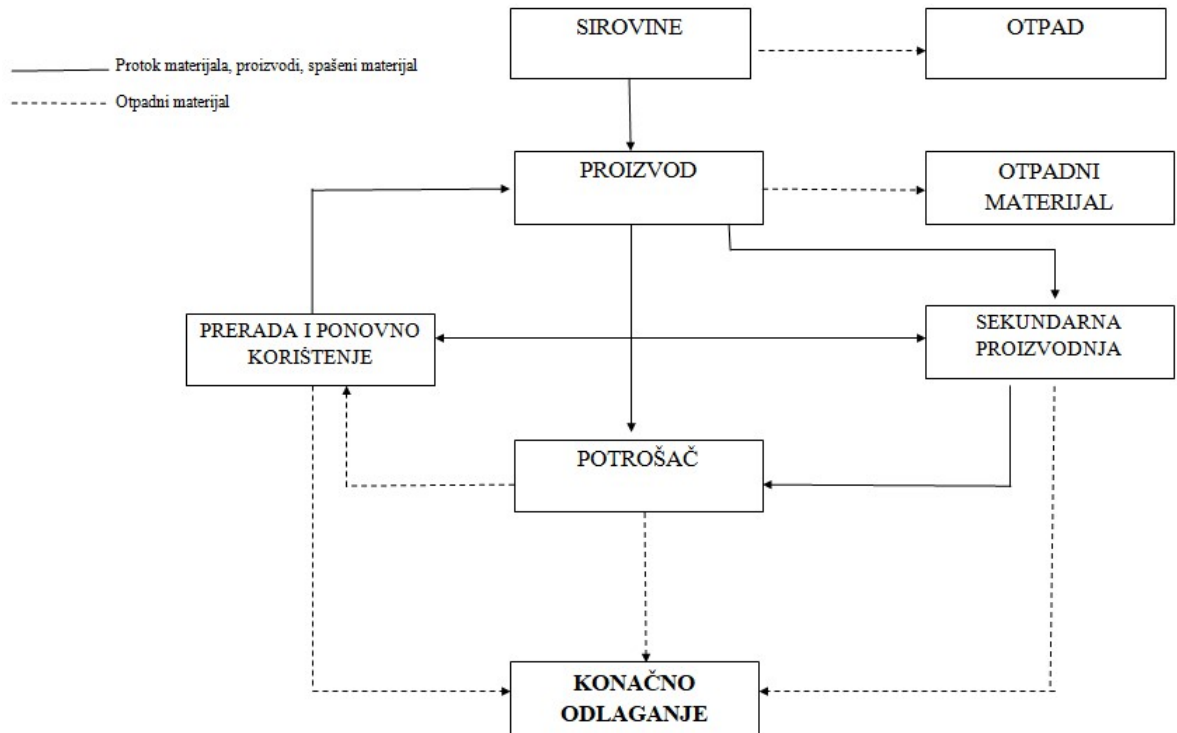
Uz komunalni otpad i biorazgradljivi komunalni otpad razlikujemo i miješani komunalni otpad. U miješani komunalni otpad uz otpad iz kućanstva ubraja se i otpad iz trgovina, industrije i iz ustanova koji je po svom sastavu i svojstvima sličan otpadu iz kućanstva, a da iz njega nisu izdvojeni pojedini materijali (papir, staklo i dr.) nekim posebnim postupkom.⁶

1.1.2. Proizvodni otpad

Otpad koji nastaje u proizvodnim procesima industrije, obrta i drugim procesima, osim ostataka iz proizvodnog procesa koji se koriste u proizvodnom procesu istog proizvođača, a po svome sastavu se razlikuje od komunalnog otpada.⁶

Kruti otpad se općenito stvara se na početku procesa izrade proizvoda prilikom dobivanja sirovine, zatim tijekom uporabe proizvoda, ali i nakon uporabe proizvoda. Pokretač cijeloga procesa je čovjek, a mjesto potrošnje, odnosno uporabe proizvoda i posljedičnog stvaranja otpada su naselja u kojima ljudi žive, kao i proizvodni pogoni. Budući da stanovništvo sve više živi u gradovima oni se mogu dugoročno smatrati glavnim izvorima krutog komunalnog otpada i problema vezanih za njegovo

zbrinjavanje. Shematski prikaz mjesta i načina stvaranja krutog otpada suvremenom tehnološkom društvu prikazuje slika 2.



Slika 2. Životni ciklus materijala i stvaranje otpada u tehnološki razvijenom društvu.⁶

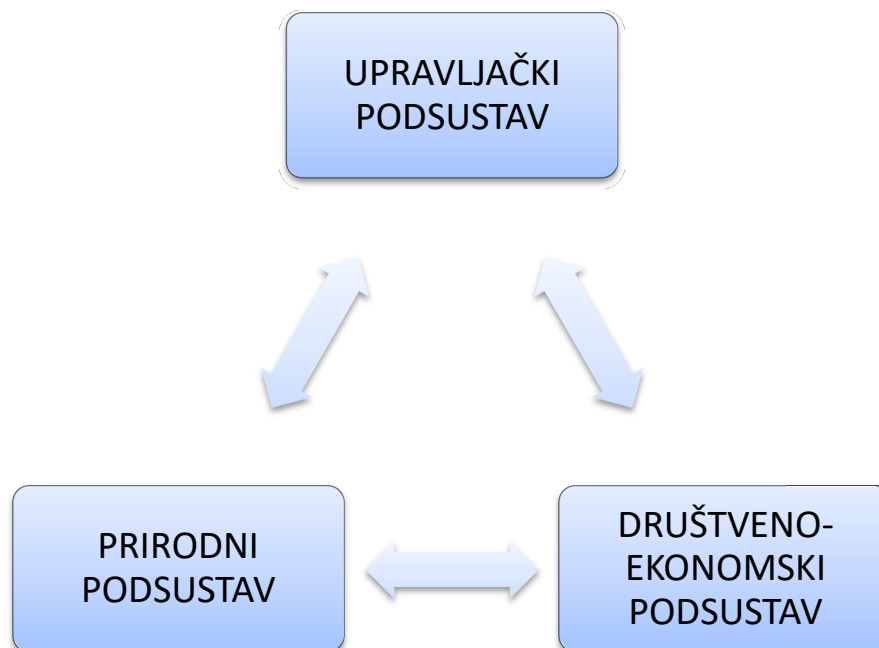
Analizom prikazanog dijagrama može se zaključiti kako bi najučinkovitiji način smanjenja otpada bio ograničavanje korištenja sirovina i povećanje ponovnog iskorištavanja otpadnog materijala. To je polazište svih suvremenih strategija održivosti razvoja i življenja.

1.2. GOSPODARENJE OTPADOM

Gospodarenje otpadom podrazumijeva skup odluka, aktivnosti i mjera kojima se mora težiti u svrhu sprječavanja nastanka otpada, smanjivanja količine nastalog otpada i smanjivanju ukupnog utjecaja otpada na okoliš. Postizanje što učinkovitijeg sakupljanja, prijevoza, obrade, uporabe i konačnog zbrinjavanje otpada također se podrazumijeva pod gospodarenjem otpada.⁵

Sustav gospodarenja otpadom mora biti učinkovit i cjelovit kako bi se postigli ciljevi održivog razvoja. To je složeni gospodarski sustav koji se sastoji od niza dijelova i procesa, a pojednostavljeno ga se može prikazati kao cjelinu sastavljenu od tri međusobno povezana osnovna podsustava (slika 3):

- Prirodni podsustav
- Društveno-ekonomski podsustav i
- Upravljački podsustav.



Slika 3. Sustav gospodarenja otpadom i njegovi osnovni podsustavi.

Prirodni podsustav je prirodni okoliš koji je konačni prijammnik otpada i nusproizvoda njegove razgradnje, odnosno mjesto gdje otpad prije ili kasnije završi.

Društveno-ekonomski podsustav s jedne strane stvara otpad korištenjem raznovrsnih materijala i proizvoda te potrošnjom hrane i energije, a s druge strane određuje okvir (financijski, pravni, socijalni, tehnološki itd.) unutar kojeg se provodi gospodarenje otpadom, a sve s ciljem održivog življenja i razvoja.

Upravljački podsustav obuhvaća sve elemente važne za upravljanje otpadom i to od njegova nastanka, preko ponovnog iskorištavanja sve do konačnog zbrinjavanja i odlaganja. Upravljački podsustav nastoji uspostaviti ravnotežu između prirodnog i društveno-ekonomskog podsustava na načelima održiva razvoja, vodeći podjednako računa o ekonomskim, društvenim i ekološkim ciljevima.

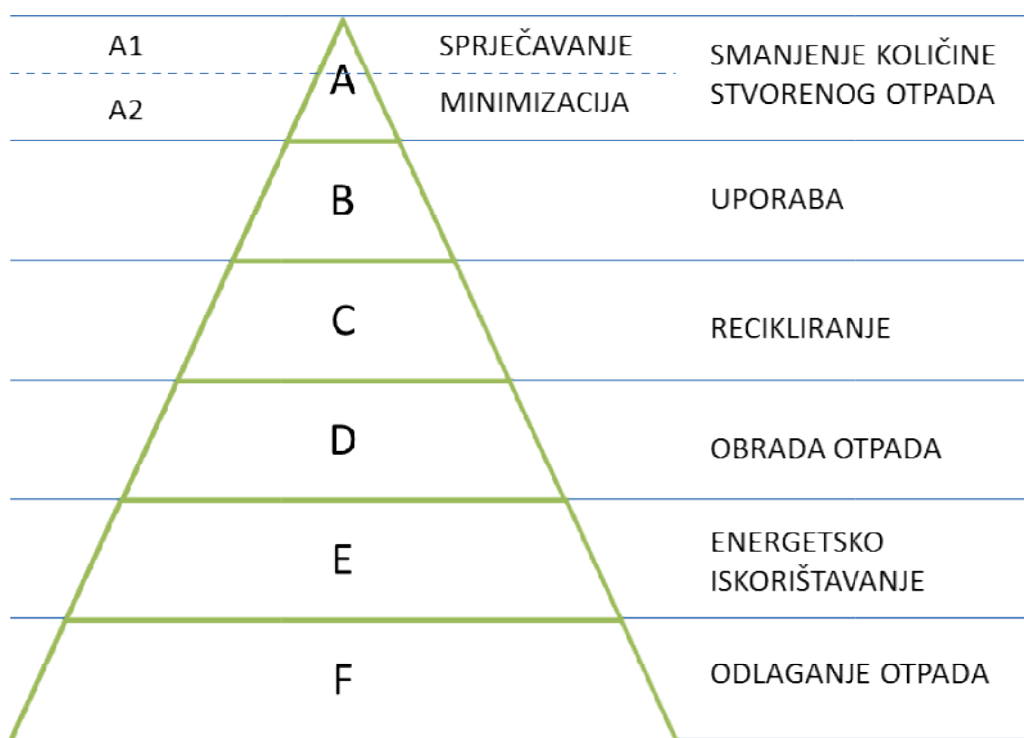
Sustav gospodarenja otpadom je dinamičan sustav jer se sustav i njegovi podsustavi stalno mijenjaju zbog unutrašnjih i vanjskih čimbenika, kao i zbog tehnološkog razvoja. U pokušaju sprječavanja nastajanja velike količine otpada usvojena je hijerarhija mjera i aktivnosti za održivo gospodarenje otpadom. Mjere se dijele u dvije osnovne grupe :

- Aktivne mjere
- Pasivne mjere.

Aktivne mjere su one kojima se utječe na sprječavanje nastanka otpada (odnosno na smanjenje količina nastalog otpada) i njegovog štetnog utjecaja na okoliš kroz samu proizvodnju i potrošnju proizvoda.

Pasivne mjere razmatraju posljedice nastanka otpada. To su mjere koje se odnose na prikupljanje, prijevoz, privremeno skladištenje, iskorištavanje, obradu i konačno zbrinjavanje otpada, a sve kako bi se postigla što bolja zaštita ljudi, mjesta njihova življenja i okoliša.

Na sljedećoj slici (slika 4.) prikazana je hijerarhija integralnog sustava gospodarenja otpadom.



Slika 4. Hijerarhija integralnog sustava gospodarenja otpadom.

Na slici 4 u hijerarhijskom pristupu aktivne mjere označene su s A i B i to su prioritetne mjere jer se odnose na sprječavanje problema i šteta te očuvanje prirodnih resursa. Pasivne mjere označene su s C i D.

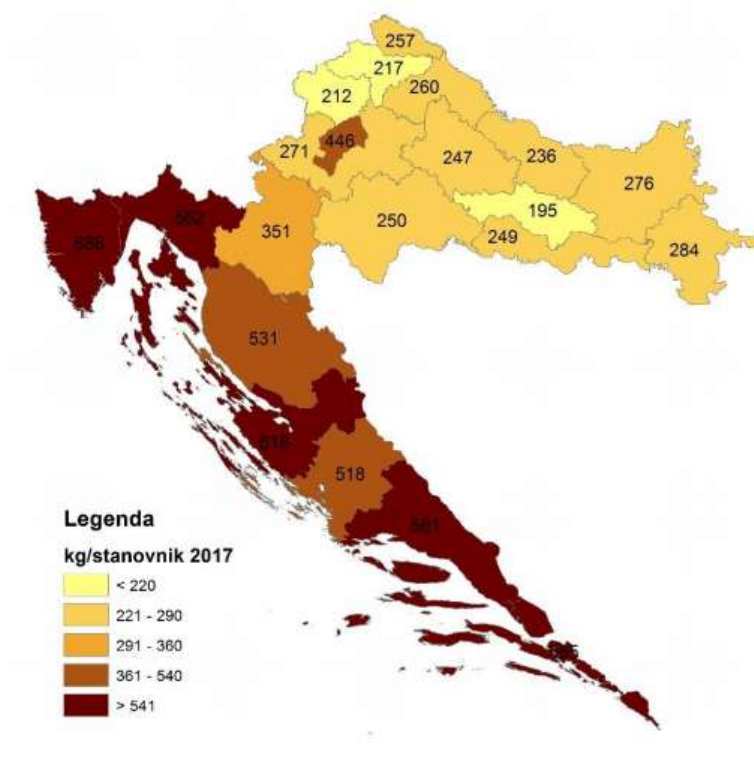
Gospodarenje otpadom se provodi na način koji ne dovodi u opasnost zdravlje ljudi te koji nema štetne posljedice na okoliš, a posebno izbjegavanje sljedećeg:

- Ugrožavanja biološke raznolikosti i rizika od onečišćenja voda, mora, zraka i tla
- Pojave neugode uzrokovane mirisom i/ili bukom
- Štetanog utjecaja na područja estetskih, prirodnih, kulturno-povijesnih i drugih vrijednosti koje su od posebnog interesa
- Nastajanja požara ili eksplozije.

Gospodarenjem otpadom se mora osigurati da preostali otpad nakon postupka obrade i zbrinjavanja ne predstavlja potencijalnu opasnost budućim generacijama.⁷

1.2.1. Gospodarenje komunalnim otpadom u Republici Hrvatskoj

Komunalni otpad nastaje u kućanstvima i gospodarstvu kao rezultat svakodnevne ljudske potrošnje, a količina komunalnog otpada ovisi o broju potrošača, tj. broju stanovnika. Svakodnevna potrošnja ovisi o količini novca raspoloživog za potrošnju – što je više novca na raspolaganju za potrošnju, to je više i komunalnog otpada. Obuhvat stanovništva organiziranim sakupljanjem komunalnog otpada u 2017. godini iznosio je 99 %, a sve općine i gradovi su imali organizirano sakupljanje i odvoz komunalnog otpada. Ukupno je u 2017. godini proizvedeno 1 716 441 t komunalnog otpada. Godišnja količina komunalnog otpada po stanovniku iznosila je 416 kg, odnosno dnevna količina 1,1 kg po stanovniku (slika 5).



Slika 5. Specifične količine proizvedenog komunalnog otpada u 2017. godini po županijama, kg/stanovnik.⁹

U odnosu na prethodnu godinu bilježi se porast količina od 2,2 %, što ne ide u prilog ostvarenju Cilja 1.1.^a iz Plana gospodarenja otpadom RH za razdoblje 2017. do 2022. (u daljnjem tekstu PGO RH) vezano za smanjenje nastajanja komunalnog otpada. Udio miješanog komunalnog otpada (ključni broj 20 03 01) u sakupljenom otpadu činio je 72% odnosno 1 228 232 t. Udio ostalih vrsta komunalnog otpada (sve vrste osim miješanog komunalnog otpada) u ukupnom komunalnom otpadu iznosio je 28% (488.209 t). Time se udio odvojeno sakupljenog komunalnog otpada povećao za 2% u odnosu na 2016. godinu, što još uvijek nije dovoljno za ostvarenje Cilja 1.2 iz PGO RH vezano za odvojeno sakupljanje komunalnog otpada.^b Odvojeno sakupljanje ostalih vrsta komunalnog otpada provodilo se u 457 Jedinica lokalne samouprave (JLS).⁸

1.2.2. Ciljevi gospodarenja otpadom koje je potrebno postići do 2022. godine

Osnovni ciljevi gospodarenja otpadom Republike Hrvatske proizlaze iz obaveza koje proizlaze iz EU zakonodavstva i propisa i iz ocjene stanja gospodarenja otpadom. U osnovne ciljeve gospodarenja otpadom ubrajaju se:

- unaprjeđenje sustava gospodarenja komunalnim otpadom-podrazumijeva smanjenje ukupne količine proizvedenog komunalnog otpada za 5 %, odvojeno prikupljanje 60 % mase proizvedenog komunalnog otpada, odvojeno prikupljanje 40 % mase proizvedenog biootpada koji je sastavni dio komunalnog otpada i odlaganje na odlagalište manje od 25 % mase proizvedenog komunalnog otpada
- unaprjeđenje sustava gospodarenja posebnim kategorijama otpada-podrazumijeva odvojeno prikupljanje 75 % mase proizvedenog građevinskog otpada, uspostavljanje sustava gospodarenja otpadnim muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, unaprjeđenje sustava gospodarenja otpadnom ambalažom, uspostavljanje sustava gospodarenja morskim otpadom, uspostavljanje sustava gospodarenja otpadnim brodovima i potonulim

^a Cilj 1.1. -Smanjiti ukupnu količinu komunalnog otpada za 5% u odnosu na 2015. godinu (za 2017. godinu predviđena količina iznosi 1.637.460 t).

^b Cilj 1.2. – Odvojeno prikupiti 60% mase proizvedenog komunalnog otpada do 2022. (do 2017. odvojeno sakupiti 30% komunalnog otpada).

stvarima na morskom dnu i unaprijeđenije sustava gospodarenja ostalim posebnim kategorijama otpada

- unaprijeđenje sustav gospodarenja opasnim otpadom
- sanacija lokacije onečišćene otpadom
- kontinuirano provođenje izobrazno-informativne aktivnosti
- unaprijeđenje informacijskog sustava gospodarenja otpadom
- unaprijeđenje nadzora nad gospodarenjem otpadom
- unaprijeđenje upravnih postupaka u gospodarenju otpadom.⁹

Uspostavom sustava gospodarenja komunalnim otpadom osigurat će se ispunjenje ciljeva Plana u 2022. godini, a isto tako i promijeniti današnji tokovi otpada (tablica 1).

Tablica 1. Pregled ciljanih vrijednosti u 2022. godini⁹

| Ukupno proizvedeni komunalni otpad ≤ 1 571 222 | |
|---|--|
| Odvojeno prikupljeni ukupni komunalni otpad ≥ 942 733 | Miješani komunalni otpad ≤ 628 489 |
| Odvojeno prikupljeni komunalni otpad (papir, staklo, plastika i dr.) ≥ 741 617 | Odvojeno prikupljeni biootpad ≥ 201 116 |

1.2.3. Mjesečne i sezonske varijacije količine i sastava otpada

Količina i sastav otpada variraju tijekom godine ovisno o navikama i aktivnostima ljudi u naseljenim područjima. Sastav varira u odnosu na ponašanje ljudi u domaćinstvima te njihovim sezonskim aktivnostima. U izrazito urbaniziranim područjima ove varijacije nisu značajno izražene. Sve su veće što je naselje manje, a posebno su izražene u naseljima s miješanim stanovništvom koje se bavi poljoprivredom i drugim aktivnostima. Najizrazitije su varijacije vezane uz sezonsko povećanje broja ljudi na nekom području kao posljedica turizma ili nekih drugih događanja.

U hrvatskome obalnom pojasu količine otpada značajno variraju između izvansezonskog razdoblja (osam mjeseci) i ljetnog sezonskog razdoblja (četiri mjeseca), a posebno u turističkim sredinama. Također, u Hrvatskoj i tijekom sezone, tj. u razdoblju od kraja srpnja do polovice kolovoza, bilježi se povećanje količine otpada. U stvaranju komunalnog otpada sudjeluju i posjetitelji odnosno turisti, koje se u kontekstu stvaranja komunalnog otpada može promatrati kao dodatno stanovništvo. Posljedica navedenog je stvaranje nepovoljnih uvjeta za učinkoviti radsustava, što posebno utječe na zbrinjavanje otpada.⁶

1.3. OSNOVNI PODACI O GRADU DUBROVNIKU

Dubrovnik je grad na krajnjem jugu Republike Hrvatske, jedno je od najvažnijih povijesno-turističkih središta Republike Hrvatske i administrativno i gospodarsko središte Dubrovačko-neretvanske županije. Područje na kojem se prostire Grad Dubrovnik zauzima površinu od 143 35 km² (slika 6).



Slika 6. Dubrovačko područje.¹⁰

Prema popisu stanovnika iz 2011. godine Dubrovnik je imao 42 615 stanovnika. Grad Dubrovnik sastoji se od 32 naselja: Bosanka, Brsečine, Čajkovića, Čajkovići, Donje Obuljeno, Dubravica, Dubrovnik, Gornje Obuljeno, Gromača, Kliševo, Knežica, Koločep, Komolac, Lopud, Lozica, Ljubač, Mokošica, Mravinjac, Mrčevo, Nova Mokošica, Orašac, Osojnik, Petrovo Selo, Pobrežje, Prijedor, Rožat, Suđurađ, Sustjepan, Luka Šipanska, Šumet, Tršteno i Zaton.¹⁰ Popis stanovništva po naseljima Grada Dubrovnika prikazan je u tablici 2.

Tablica 2. Popis stanovništva po naseljima Grada Dubrovnika

| NASELJE | POPIS STANOVNIŠTVA 2011. GODINE |
|-----------------|--|
| Bosanka | 139 |
| Brsečine | 96 |
| Čajkovića | 160 |
| Čajkovići | 26 |
| Donje Obuljeno | 210 |
| Dubravica | 37 |
| Dubrovnik | 28434 |
| Gornje Obuljeno | 124 |
| Gromača | 146 |
| Kliševo | 54 |
| Knežica | 133 |
| Koločep | 163 |
| Komolac | 320 |
| Lopud | 249 |
| Lozica | 146 |
| Ljubač | 69 |
| Mokošica | 1924 |
| Mravinjac | 88 |
| Mrčevo | 90 |
| Nova Mokošica | 6016 |
| Orašac | 631 |
| Osojnik | 301 |
| Petrovo Selo | 23 |
| Pobrežje | 118 |
| Prijevor | 453 |
| Rožat | 340 |
| Suđurađ | 207 |
| Sustjepan | 323 |
| Luka Šipanska | 212 |
| Šumet | 176 |
| Trsteno | 222 |
| Zaton | 985 |
| UKUPNO | 42615 |

1.4. ZBRINJAVANJE KOMUNALNOG OTPADA KROZ POVIJEST GRADA DUBROVNIKA

Godine 1395. Malo vijeće grada Dubrovnika, koje je bilo zaduženo za komunalne poslove u Gradu, zaposlilo je prvog čistača po imenu Prvoje Pribudić. Taj prvi čistač imao je plaću od dvadeset perpera, što je iznosilo otprilike pet do šest dukata godišnje. To isto Malo vijeće godine 1415. osniva stalnu službu gradskih čistača i upošljava četiri čistača, koji su imali obavezu prikupiti sav otpad u Gradu i iznijeti ga izvan gradskih zidina. Zanimljivo je da je svaki vlasnik kuće ili trgovine imao obavezu čistiti prostor koji mu pripada, a ne pridržavanje pravila bilo je strogo kažnjavano čak i u to vrijeme.¹¹ Danas Tvrtka Čistoća d.o.o. Dubrovnik obavlja prikupljanje, odvoz i zbrinjavanje komunalnog otpada koji nastaje u kućanstvima, poslovnim prostorima i ustanovama na području grada Dubrovnika. Sustav koji se provodi u gradu Dubrovniku jest sustav odvojenog prikupljanja otpada. Pojedine komponente komunalnog otpada se odvojeno prikupljaju putem reciklažnih dvorišta i spremnika na javnim površinama koji su raspoređeni na raznim lokacijama diljem grada. Čistoća d.o.o. Dubrovnik u pogonu u Župi dodatno razvrstava prikupljeni otpad i kao takav predaje gaovlaštanim oporabiteljima uz prateći list kojim se prati tijek otpada. Odvojenim sakupljanjem otpada ujedno se smanjuje količina otpada koja bi se trajno odložila na odlagalište, a i prikupljaju se sekundarne sirovine koje se ponovno mogu iskoristiti u materijalne ili energetske svrhe. Prikupljanje miješanog komunalnog otpada izvodi se u spremnicima koji se nalaze na javnim površinama duž grada. Prikupljanje se u prosijeku vrši šest puta tjedno, iznimno sedam za uže gradsko područje te dva puta tjedno van sezone s Elafita, odnosno tri puta tjedno u sezoni.

1.4.1. Prikupljanje, odvoz i zbrinjavanje komunalnog otpada

Prikupljeni otpad odvozi se na odlagalište komunalnog otpada Grabovica. Lokacija odlagališta komunalnog otpada Grabovica nalazi se 3 km istočno od naselja Osojnik, udaljeno 4 km od izvorišta rijeke Omble (izvorište vode za Grad Dubrovnik), a predstavlja službeno odlagalište Grada Dubrovnika. Odlagalište se nalazi u brdovitom predjelu 8 km zračne linije sjeverno od Dubrovnika. Smješteno je u uvali između dva brdašca koja odlagalište nadvisuju za oko dvadesetak metara. Na odlagalište se odlaže miješani komunalni otpad. Otpad je povremeno gorio. Postojeći dio od 1,1 ha je saniran i zatvoren, a otpad se odlaže na proširenom dijelu od oko 2 ha. Donja zona istočnog dijela uvale (procijenjeno na oko 2/3 površine) prekrivena je HDPE (Polietilenska folija visoke gustoće, eng. *High Density Polyethilen*, HDPE) folijom i zauzima površinu od oko 2 ha. Na njezinom donjem rubu izgrađena je zemljana brana, iza koje se na zaravnjenom dnu uvale nalaze dva betonska bazena za sakupljanje procjednih voda iz odlagališta.

Odlagalište komunalnog otpada Grabovica nalazi se na krajnjem jugozapadnom dijelu sliva Omble neposredno uz „čvrstu” razvodnicu prema izvoru Palata. Trasiranjem tokova podzemne vode kroz bušotinu O-19, koja se nalazi oko 1 km zapadno od odlagališta, a koje je proveo Institut za geološka istraživanja iz Zagreba u vremenu između 11. 10. i 22. 11. 1995. godine, utvrđeno je da ne postoji podzemna veza između bušotine i izvora Palata, a da je veza s Omblom postoji samo u vrijeme vodnog vala kada se aktiviraju podzemni kanali prema glavnim tokovima koji istječu na izvoru Ombla. U razdoblju od 2.-16. 11. 2016. godine za namjeravani zahvat sanacije odlagališta Grabovica tvrtka Geoaqua izvela je radove mikrozoniranja trasiranjem. Trasiranje tokova podzemne vode izvedeno je s odabrane mikrolokacije uz sjeverni obod odlagališta. Hidrološki uvjeti u vrijeme izvođenja trasiranja bili su povoljni te se rezultati mogu smatrati mjerodavnima. Trasiranje je izvedeno korištenjem uranina uz provođenje opažanja uzorkovanjem vode u trajanju 15 dana na lokaciji izvorišta Ombla, Palata u Zatonu te izvoru Baba i Točak u Prijevoru. Analizom prikupljenih uzoraka utvrđena je pojava trasera na izvorištu Ombla i izvoru Baba, dok na ostalim lokacijama pojava trasera nije utvrđena. Izvor Ombla nalazi se na udaljenosti od 4096 m od lokacije ubacivanja trasera uz razliku nadmorske visine oko 358 m. Pojava trasera na izvoru Ombla zabilježena je 5 dana i 7 sati nakon upuštanja trasera. Prividna brzina toka podzemne vode za izvorište

Ombla iznosi 0.89 cm/s. Sukladno Pravilniku o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite (NN 11/66, 13/47) za određivanje obuhvata III. zone sanitarne zaštite izvorišta sa zahvaćanjem vode iz vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko-kavernoznom poroznosti, prema kojima je moguće tečenje kroz pukotinski sustav vodonosnika do zahvata vode u trajanju od 1 do 10 dana, u uvjetima velikih voda, lokacija odlagališta komunalnog otpada Grabovica pripada u III. zonu sanitarne zaštite izvorišta Ombla. Na odlagalištu je do sada odloženo otprilike 260 000 tona otpada. Tijekom jedne godine prosječno se odloži 28 000 tona miješanog komunalnog otpada. 1996. godine započeli su projekti zatvaranja i sanacije odlagališta, a krajem 2018. zakonski je predviđeno zatvaranje odlagališta, međutim odlagalište je i danas u funkciji.

- Reciklažno dvorište i mobilno reciklažno dvorište

Reciklažno dvorište je nadzirani ograđeni prostor namijenjen odvojenom prikupljanju i privremenom skladištenju manjih količina posebnih vrsta otpada. Sukladno članku 35. ZOGO (ZOGO-Zakon o održivom gospodarenju otpadom), JLS izvršava obvezu odvojenog prikupljanja problematičnog otpada, otpadnog papira, metala, stakla, plastike i tekstila te krupnog (glomaznog) komunalnog otpada na način da osigura funkcioniranje jednog ili više reciklažnih dvorišta, odnosno mobilne jedinice na svom području. ZOGO-om je JLS-ovima uvedena obveza da se osigura funkcioniranje jednog ili više reciklažnih dvorišta ovisno o broju stanovnika JLS-a. Sukladno zakonskim obvezama Grad Dubrovnik je dužan osigurati 2 reciklažna dvorišta. Jedinica lokalne samouprave dužna je osigurati da prostorni razmještaj reciklažnog dvorišta omogućava pristupačno korištenje istog svim stanovnicima područja za koje je uspostavljeno reciklažno dvorište. Grad Dubrovnik uspostavio je na području Grada reciklažno dvorište Pod Dubom i mobilno reciklažno dvorište u Mokošici. Otvaranjem reciklažnog dvorišta i mobilnog reciklažnog dvorišta Grad Dubrovnik nije u potpunosti ispunio uvjete Zakona o održivom gospodarenju otpadom odnosno obvezu jedinice lokalne samouprave o osiguranju jednog reciklažnog dvorišta ukoliko ima više od 1 500 stanovnika i još po jedno reciklažno dvorište na svakih idućih 25 000 stanovnika na svojem području. Sukladno navedenom te članku 35. ZOGO-om, Grad Dubrovnik dužan je osigurati još jedno reciklažno dvorište.^{12,13}

1.4.1.1. Pametni sustav prikupljanja otpada

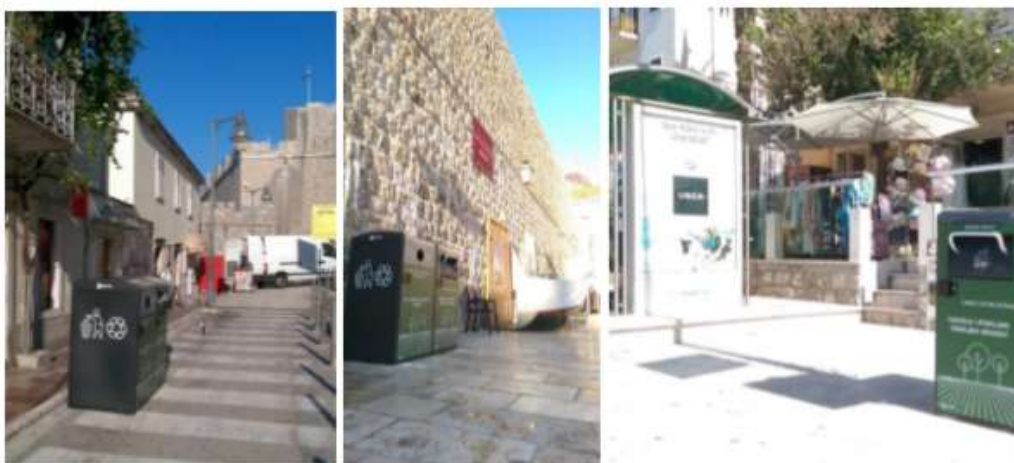
Na području Grada Dubrovnika tvrtka Čistoća d.o.o. Dubrovnik implementirala je krajem prosinca 2016. godine pametne spremnike za otpad. Pametni spremnici naziva *BigBelly* i *SmartBelly* (slika 7.) samostalno javljaju kada su puni, smanjuju količinu otpada, povećavaju stopu odvajanja te koriste sunčevu energiju za napajanje.



Slika7. *BigBelly* i *SmartBelly* pametni spremnici.

Na 16 najfrekventnijih lokacija u gradu umjesto klasičnih košarica za otpad koje je u vrijeme turističke sezone bilo potrebno prazniti i do 9 puta dnevno postavljeno je ukupno 28 digitalnih *SmartBelly* i *BigBelly* spremnika (slika 8.). Zahvaljujući GPS odašiljaču i programskoj podršci, pametni spremnici u realnom vremenu šalju signale o popunjenosti i obavijesti kada ih je potrebno isprazniti. Samim time, povećana je učinkovitost, smanjeni su operativni troškovi u prikupljanju otpada kao i emisija CO₂. Također, spremnici imaju video snimač s integriranim senzorima za temperaturu, vlažnost i tlak zraka, za mjerenje CO, NO₂, te za mjerenje razine svjetla i buke.

BigBelly koristi se za miješani sitni otpad, dok se *SmartBelly* koristi za selektivni otpad - ambalažu od plastike ili metala. Postavljanjem pametnih spremnika i uz pomoć najsuvremenije tehnologije, Čistoća d.o.o. Dubrovnik svrstava u sam vrh svjetskih gradova koji na pametan način smanjuju količinu otpada.^{12, 13}



Slika 8. Digitalni pametni spremnici na najfrekventnijim gradskim lokacijama.

1.4.1.2. Akcije prikupljanja otpada

Grad Dubrovnik od 2012. sudjeluje u akciji najveće ekološke kampanje u RH, Zelena čistka – jedan dan za čisti okoliš. Zelena čistka dio je globalnog pokreta *Let's do it!* i godišnjih akcija *World Cleanup* (Očistimo svijet), koja okuplja aktivne građane i organizacije u najvećem volonterskom projektu. Cilj projekta je osvještavanje o važnosti primarnog odvajanja otpada, čišćenje ilegalno odloženog otpada u cijeloj Hrvatskoj, podizanje svijesti o stvaranju i odlaganju otpada te važnosti očuvanja okoliša, prirode i planete Zemlje, kao zajedničkog dobra svih nas. Također, Grad Dubrovnik sudjeluje i u akciji Plava čistka. U akciji Plava čistka – *Let's do itMediterranean* sudjeluju zemlje mediteranskog prstena sa zajedničkim ciljem čistog Mediterana. To je zajednička jednodnevna akcija čišćenja mora, podmorja i priobalja duž naše predivne obale. Nadalje, u okviru projekta *Urban-Waste* punog naziva „Urbane strategije gospodarenja otpadom u turističkim gradovima“ razvijena je mobilna aplikacija *WasteApp* u kojem je korisnik kroz edukativnu nagradnu igru nagrađen za svoje dobro ponašanje. Ova aplikacija uključuje lokalizacijski instrument mehanizma *QR* kodova, tj. naljepnice s matičnim barkodom koje se nalaze na četiri lokacije na kojima je dostupno sortiranje otpada u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Mobilnom aplikacijom lokalno stanovništvo i posjetioци Dubrovačko-neretvanske županije mogu se educirati o važnosti prevencije i pravilnog odlaganja otpada što su ključne aktivnosti postupanja s otpadom, kako bi se smanjila količina istog na odlagalištima.^{13,14}

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. MATERIJALI

U ovom poglavlju su detaljno objašnjeni materijali i metode koje su korištene u ovom završnom radu. Naime, u radu su korišteni podaci objavljeni na web-stranici „Eurostat-Environment and Energy-Waste-Municipal Waste Statistics“. Navedena stranica predstavlja bazu podataka o proizvodnji i obradi komunalnog otpada u periodu od 1994. do danas za svih 28 država članica Europske Unije. Na stranici je dostupan prikaz podataka o proizvodnji i obradi komunalnog otpada u obliku tablica i u obliku grafova, a podaci su izraženi u jedinicama „tisuća tona“ za ukupni proizvedeni i obrađeni otpad te u jedinici izraženoj po stanovniku, tj. „kilogram po glavi stanovnika“. Također, podaci su grupirani u osam kategorija (Eurostat 2016b) :

1. Generirani komunalni otpad,
2. Ukupni generirani komunalni otpad,
3. Odlagalište/Odlaganje (D 1-D 7,D 12)^c,
4. Spaljivanje/Zbrinjavanje (D 10)^d,
5. Spaljivanje/Energetska uporaba (R 1)^e,
6. Recikliranje
7. Kompostiranje
8. Digestija.¹⁵

U ovom radu analizirani su podatci o količini oporabljene/zbrinute krutog komunalnog otpada i to postupcima energetske uporabe i recikliranja, kao i količine komunalnog otpada koje su neobrađene odložene na odlagališta u Republici Hrvatskoj u periodu od 2013. do 2017. godine. Također, u radu su korišteni i podatci o proizvodnji i obradi komunalnog otpada za Republiku Hrvatsku, Dubrovačko-neretvansku županiju i Grad Dubrovnik preuzeti sa stranice „HAOP-Izvješća-Izvješća iz područja gospodarenja otpadom-Komunalni otpad, odlagališta i odlaganje“ za razdoblje od 2013. do 2017. (slika 9-15 , tablice 3 - 7).

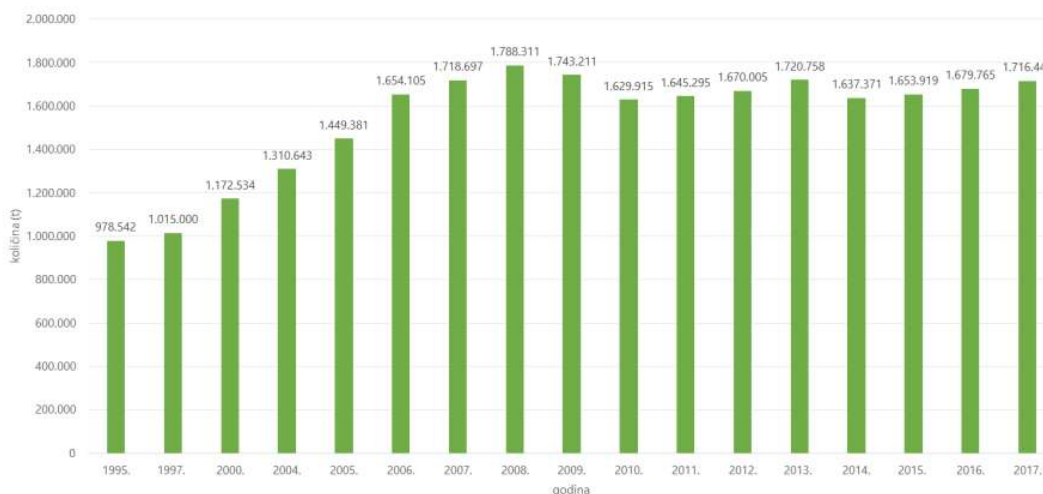
^cPrilog 1.

^dPrilog 1.

^ePrilog 1.

2.1.1. Količine proizvedenog komunalnog otpada u RH tijekom godina

Podaci o proizvedenom komunalnom otpadu u Republici Hrvatskoj do 2005. godine u najvećoj mjeri temeljili su se na procjenama. Od 2006. godine nadalje količine se određuju prema podacima koje su prijavili obveznici, uz dodatnu procjenu podataka za udio stanovništva koji nije obuhvaćen organiziranim sakupljanjem i za općine za koje podaci nisu dostavljeni. Od 2011. godine u izračunu se koriste i podaci o komunalnom otpadu (otpadni papir i karton, ambalažni otpad, otpadna jestiva ulja, baterije i akumulatori i dr.) koji potječe iz uslužnog sektora (škole, vrtići, uredi, hoteli, trgovine itd.) te podaci o posebnim kategorijama otpada sakupljenim u okviru sustava kojeg organizira Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (FZOEU). Sukladno uputi Eurostat-a, od 2015. godine pri izračunu količine više se ne uzimaju u obzir sljedeće vrste otpada prema Katalogu otpada: 20 02 02 (zemlja i kamenje), 20 03 04 (muljevi iz septičkih jama) i 20 03 06 (otpad nastao čišćenjem kanalizacije). Navedeno je naknadno propisano i revidiranom Okvirnom direktivom o otpadu.^f Porast količine komunalnog otpada bilježi se do 2008. godine nakon čega slijedi smanjenje prijavljenih količina do 2010. godine, od kada se ukupne količine kreću između 1,6 mil tona i 1,7 mil tona. Iznimno se u 2013. godini bilježe nešto veće vrijednosti uslijed povećane količine otpada nastalog sanacijom divljih odlagališta, otpadne zemlje i kamenja te otpadnog metala i papira (slika 9).

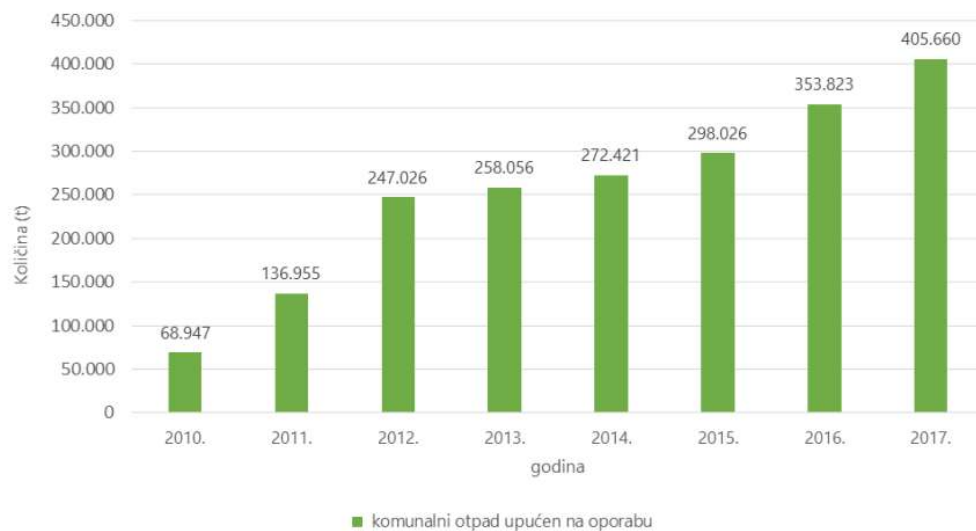


Slika 9. Količine ukupno proizvedenog komunalnog otpada u RH u razdoblju od 1995. do 2017. godine.

^fDirektiva (EU) 2018/851 Europskog parlamenta i Vijeća od 30. svibnja o izmjeni Direktive 2008/98/EZ o otpadu

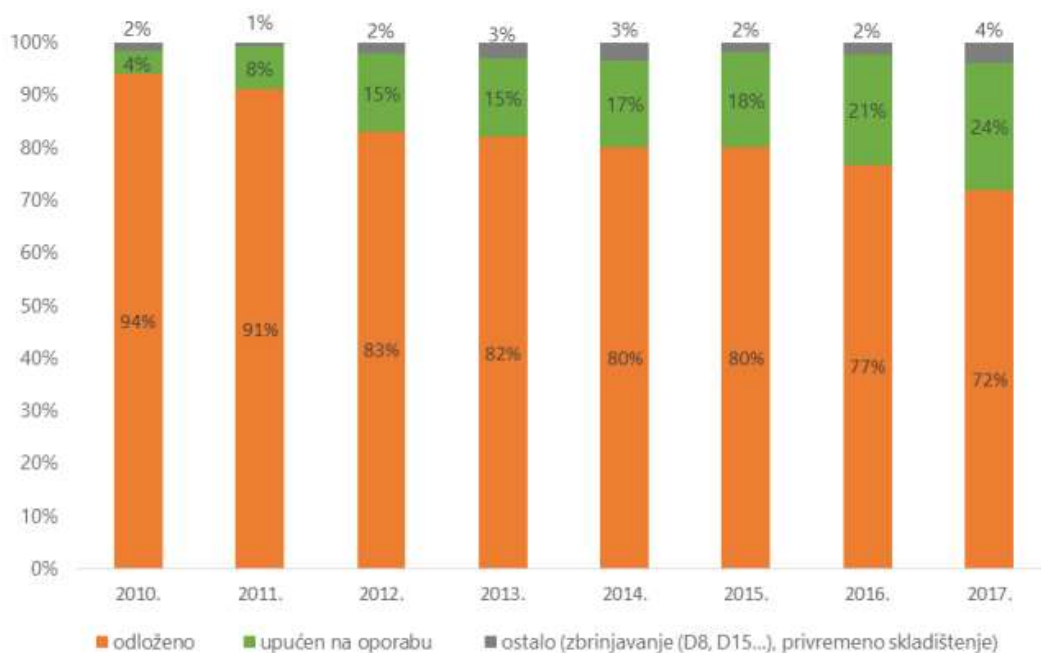
2.1.2. Oporaba komunalnog otpada u RH

Prema podacima za 2017. godinu, oko 83 % odvojeno sakupljenog komunalnog otpada izravno preuzimaju oporabitelji, dok preostalu količinu (npr. glomazni otpad) preuzmuju odlagališta otpada gdje se eventualno još određena količina otpada izdvoji za potrebe oporabe. U razdoblju od 2010. do 2017. godine bilježi se porast količina komunalnog otpada izravno upućenih na oporabu (slika 10.).



Slika 10. Količine komunalnog otpada upućene na oporabu u RH od 2010. do 2017. godine.

Udio količina komunalnog otpada izravno upućenog na oporabu u 2010. godini iznosio je 4 %, a u 2017. godini 24 % (slika 11.).



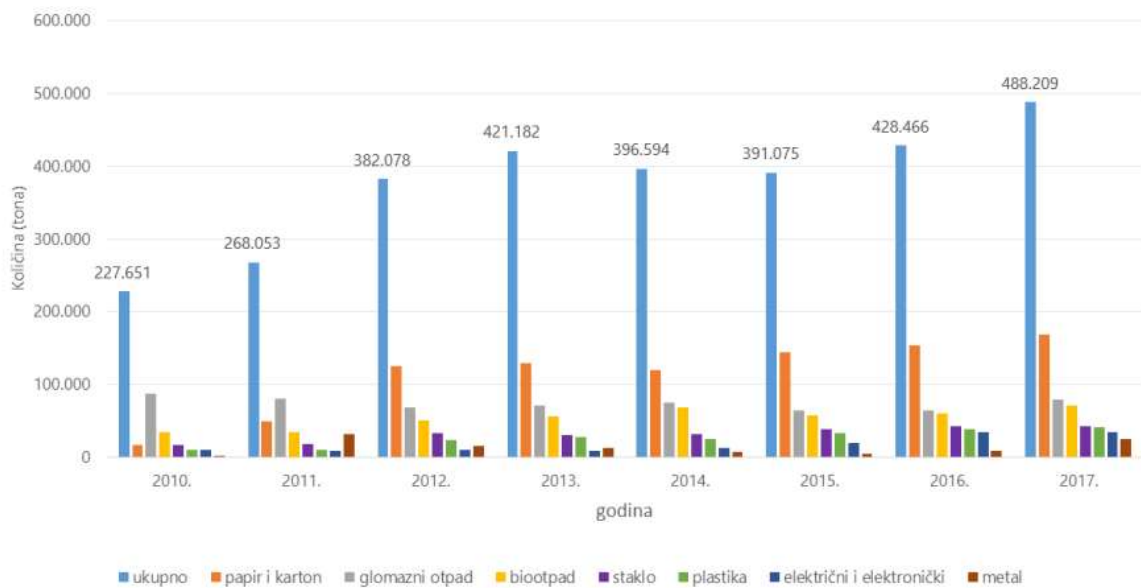
Slika 11. Udio komunalnog otpada upućenog na uporabu u RH od 2010. do 2017. godine.

Sukladno članku 55. ZOGO-om koji prenosi odredbe Okvirne direktive o otpadu, RH je obvezna do 1. siječnja 2020. putem nadležnih tijela osigurati pripremu za ponovnu uporabu i recikliranje sljedećih otpadnih materijala: papir, metal, plastika i staklo iz kućanstva, a po mogućnosti i iz drugih izvora ako su ti tokovi otpada slični otpadu iz kućanstva, u minimalnom udjelu od 50 % mase otpada. Za izračunavanje ostvarivanja navedenog cilja obvezno je primijeniti jednu od četiri metode predložene Odlukom Komisije 2011/753/EU o uspostavi pravila i metoda izračuna za provjeru poštivanja ciljeva iz članka 11. (2) Direktive 2008/98/EZ Europskog parlamenta i vijeća odnosno Okvirne direktive o otpadu. Korištenjem metode izračuna br. 2. iz Odluke Komisije 2011/753/EU, stopa recikliranja papira, metala, plastike i stakla iz komunalnog otpada u 2017. godini iznosila je 30 %.

2.1.3. Odvojeno prikupljeni komunalni otpad u RH

Količine odvojeno sakupljenog komunalnog otpada (uključujući i mješoviti otpad poput glomaznog otpada, otpada od čišćenja ulica i dr.) u porastu su do 2013. godine. Najveći porast zabilježen je u 2012. godini čemu je značajno pridonijelo uključivanje u izračun količina komunalnog otpada iz uslužnog sektora koje se može smatrati

komunalnim otpadom te količini otpada sakupljenih u okviru sustava za posebne kategorije otpada koji organizira FZOEU. U 2014. i 2015. godini bilježe se nešto niže količine odvojeno sakupljenog komunalnog otpada kao posljedica nižih količina ukupno nastalog komunalnog otpada. U 2016. i 2017. godini količine odvojeno sakupljenog komunalnog otpada su u značajnom porastu i premašuju vrijednost iz 2013. godine. Najveći porast odvojenog sakupljanja u razdoblju od 2010. do 2017. godine zabilježen je za papir i karton, biootpad i plastiku (slika 12.).

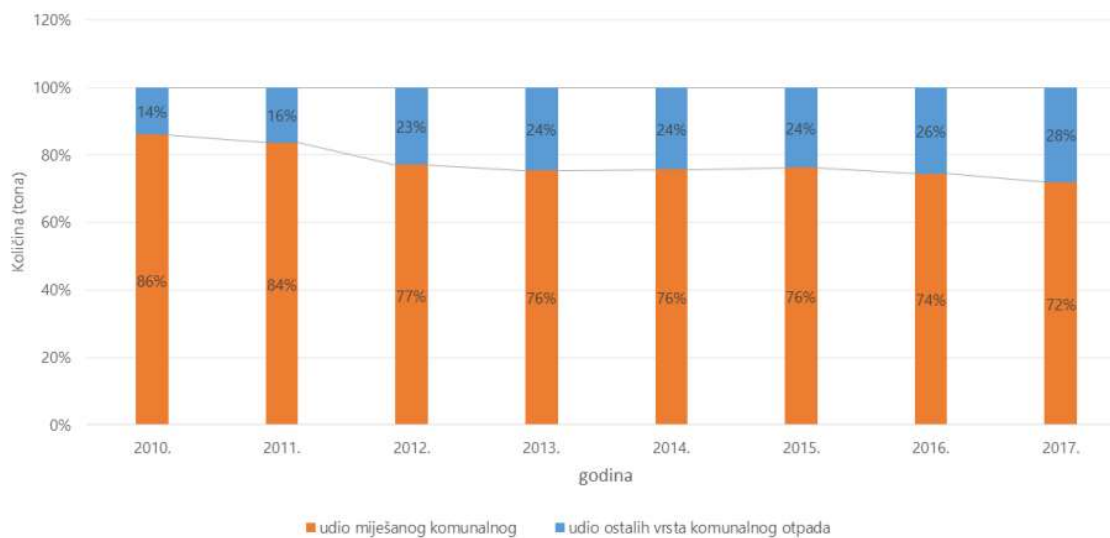


Slika 12. Količine odvojeno prikupljenog komunalnog otpada u RH od 2010. do 2017. godine.

Prema podacima za 2017. godinu, odvojeno sakupljanje komunalnog otpada (uključujući i mješoviti otpad poput glomaznog otpada, otpada od čišćenja ulica i dr.)^g se provodi u 82 % JLS (457JLS). Udio odvojeno sakupljenog komunalnog otpada (uključujući i mješoviti otpad poput glomaznog otpada, otpada od čišćenja ulica i dr.) u 2017. godini iznosio je 28%. Riječ je o porastu od 2 % u odnosu na 2016. godinu, što još uvijek nije dovoljno za ostvarenje Cilja 1.2 iz PGO RH (slika 13).^h

^gSve vrste komunalnog otpada osim miješanog komunalnog otpada

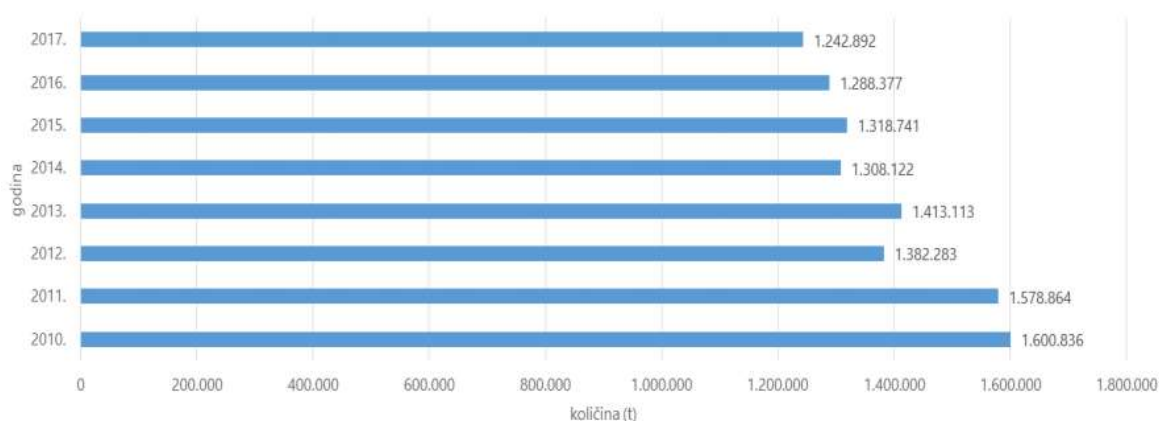
^hDo 2017. odvojeno sakupiti 30% komunalnog otpada.



Slika 13. Udio odvojeno sakupljenog komunalnog otpada i miješanog komunalnog otpada u RH od 2010. do 2017. godine.

2.1.4. Odlaganje komunalnog otpada u RH

Od 2005. do 2017. godine ukupno je bilo evidentirano i prati se 316 lokacija službenih odlagališta, od čega se na 305 lokacija odlagao komunalni otpad. Tijekom 2017. godine količina komunalnog otpada koja se uputila na odlagališta iznosila je 1 236.283 t (slika 14.). Dodatnih 6 609 t upućeno je na odlagališta u Bosnu i Hercegovinu. Time je udio komunalnog otpada upućenog na odlagališta u 2017. godini iznosio 1 242 892 t odnosno 72 % što je za 5 % manje nego u 2016. godini. Sukladno PGO RH do 2022. godine potrebno je odlaganje komunalnog otpada smanjiti na 25 % proizvedenog komunalnog otpada. Količine komunalnog otpada upućenog na odlaganje smanjile su se u razdoblju od 2010. do 2017. godine za 20 %, što se djelomično može pripisati smanjenoj proizvodnji miješanog komunalnog otpada i ostalog otpada iz kućanstava te porastu odvojenog sakupljanja pojedinih frakcija, ali i boljoj kvaliteti podataka uslijed uvođenja vaga na odlagališta.



Slika 14. Količine odvojeno odloženog komunalnog otpada u RH od 2010. do 2017. godine

2.1.5. Otpad iz turizma

Količine komunalnog otpada koji nastaje u turizmu su porasle u razdoblju od 2014. do 2017. godine za 61 % kao posljedica porasta broja turističkih noćenja.

Najveće količine otpada iz turizma zabilježene su u Istarskoj županiji, Primorsko-goranskoj županiji i Splitsko-dalmatinskoj županiji, dok se najmanje količine bilježe u Virovitičko-podravskoj županiji, Požeško-slavonskoj županiji i Koprivničko-križevačkoj županiji (tablica 3).

Tablica 3. Količina otpada iz turizma u razdoblju od 2014. godine do 2017. godine

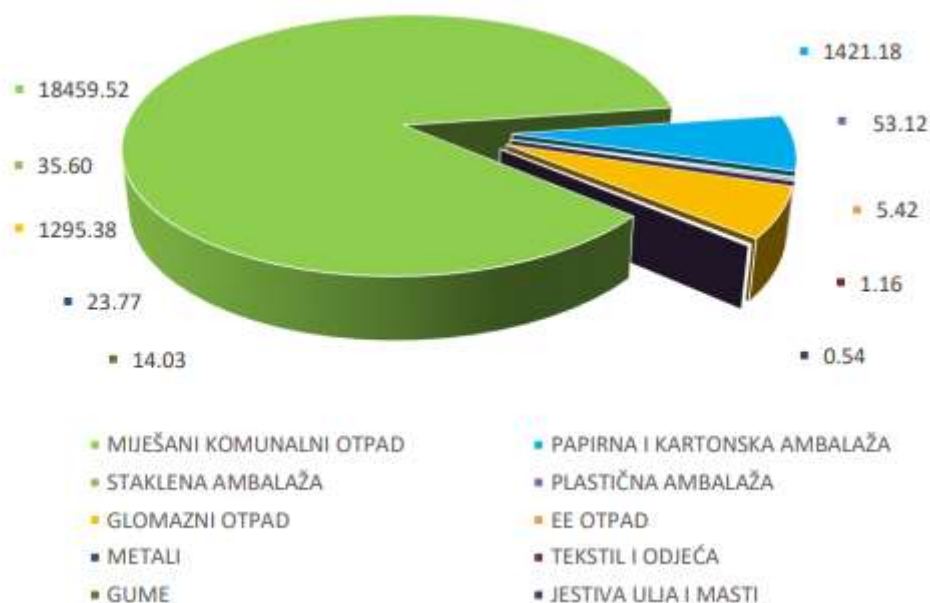
| Godina | Količina komunalnog otpada iz turizma (tona) | Udio u ukupnom komunalnom otpadu (%) | Ekvivalentno broju stanovnika |
|--------|--|--------------------------------------|-------------------------------|
| 2014. | 88 844 | 5,4 | 232 576 |
| 2015. | 98 960 | 6,0 | 256 374 |
| 2016. | 139 535 | 8,3 | 355 956 |
| 2017. | 155 958 | 9,1 | 374 899 |

2.1.6. Ukupna količina otpada na dubrovačkom području

Na odlagalištu komunalnog otpada Grabovica te u reciklažnom dvorištu i mobilnom reciklažnom dvorištu vodi se evidencija o količinama i sastavu otpada koji se sakuplja te doprema na odlagalište. U tablici 4 dan je prikaz sakupljenih količina otpada, po vrstama, na odlagalištu Grabovica i reciklažnim dvorištima u razdoblju od 2012. do 2017. godine. Udio pojedinih frakcija otpada izraženih u postotku prikazan je na slici 15.

Tablica 4. Količine otpada odvezene na odlagalište Grabovica, reciklažno dvorište i mobilno reciklažno dvorište

| Količina otpada (t) | ključni broj otpada | 2012. | 2013. | 2014. | 2015. | 2016. |
|---------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Miješani komunalni otpad | 20 03 01 | 28 203 00 | 19 900 00 | 19 195 00 | 18 020 42 | 25 438 70 |
| Papir i karton | 15 01 01 | 1 364 94 | 1 123 32 | 1 750 00 | 1 914 87 | 2 373 97 |
| Staklo | 15 01 07 | 27,07 | 19,94 | 85,00 | 22,14 | 59,46 |
| Plastika | 15 01 02 | 27,60 | 42,83 | 60,00 | 63,20 | 125,07 |
| Glomazni otpad | 20 03 07 | 2 685 00 | 1 179 20 | 1 106 00 | 1 110 00 | 1 079 09 |
| EE otpad | 20 01 36 | 0,97 | 0,60 | 1,00 | 0,70 | 29,27 |
| Metali | 20 01 40 | 20 42 | 21 62 | 10 00 | 8 20 | 82 39 |
| Tekstil i odjeća | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,74 |
| Gume | 16 01 30 | 6,20 | 6,20 | 30,00 | 30,00 | 17,98 |
| Jestiva ulja i masti | | - | - | - | - | 3,26 |
| Ukupno (t) | | 32 335 2 | 22 906 71 | 22 237 00 | 21 169 53 | 29 209,93 |



Slika 15. Postotni udjeli pojedinih vrsta otpada za razdoblje od 2012 do 2017. godine

- Miješani komunalni otpad

Miješani komunalni otpad je otpad iz kućanstava i otpad iz trgovina, industrije i iz ustanova koji je po svojstvima i sastavu sličan otpadu iz kućanstava, iz kojeg posebnim postupkom nisu izdvojeni pojedini materijali (kao što je papir, staklo i dr.) te je u Katalogu otpada označen kao 20 03 01. Podaci o količinama miješanog komunalnog otpada prikupljenog na području Grada Dubrovnika prikazani su tablicom 4. Prema podacima iznesenim u prethodnoj tablici vidljivo je smanjenje ukupne količine proizvedenog miješanog komunalnog otpada u razdoblju od 2012. do 2015. godine. Pretpostavlja se da je povećanje količine proizvedenog miješanog komunalnog otpada tijekom 2016. godine vezano uz povećan broj turista te unaprijeđen sustav gospodarenja miješanim komunalnim otpadom.

2.1.7. Oporaba otpada na području Grada Dubrovnika

Na području Grada Dubrovnika građevina za odlaganje otpada odlagalište Grabovica u naseljima Osojnik i Podbrežje sadrži sljedeće:¹

Tablica 5. Građevine za odlaganje otpada na području grada Dubrovnika

| Grad | Naselje | Lokalitet | Vrsta | Površina(ha) |
|-----------|---------|------------------------|--------------|--------------|
| Dubrovnik | Osojnik | Grabovica Grabovica | OK.OI GO* | 4,00 |

Od postojećih građevina za gospodarenje otpadom osim službenog odlagališta otpada Grabovice, mogu se izdvojiti reciklažno dvorište u Dubrovniku (Pod Dubom) na adresi Vladimira Nazora 2a i mobilno reciklažno dvorište u Mokošici na adresi Vinogradarska 2. Uz navedeno, na području Grada Dubrovnika određena je lokacija na kojoj se privremeno prikuplja glomazni otpad na području industrijske zone Podbrežje.

OK - odlagalište komunalnog otpada, OI - odlagalište inertnog otpada, GO* - građevina za obradu građevinskog otpada obuhvaća I reciklažno dvorište građevinskog otpada

Tablica 6. Podaci o postojećim i planiranim građevinama i uređajima za gospodarenje otpadom

| Naziv odlagališta | Opis | Status korištenja | Status aktivacije |
|----------------------------------|---|-------------------|---|
| Grabovica | Na odlagalištu se odlaže miješani komunalni otpad. Postojeći dio od 1,1 ha je saniran i zatvoren, a otpad se odlaže na proširenom dijelu od oko 2 ha. Donja zona istočnog dijela uvale prekrivena je HDPE folijom i zauzima površinu od oko 2 ha. Na njezinom donjem rubu izgrađena je zemljana brana iza koje se na zaravnjenom dnu uvale nalaze dva betonska bazena za sakupljanje procjednih voda iz odlagališta. Vrsta otpada : OK i OI. Na Grabovici se odvozi otpad preuzet iz RD-a (Reciklažno dvorište- RD) | Aktivno | U pripremi sanacija. Grabovicu je potrebno sanirati, što je osnovni preduvjet zatvaranja odlagališta. Budući da je Strategijom gospodarenja otpadom Republike Hrvatske i prostorno planskom dokumentacijom predviđena sanacija i zatvaranje odlagališta komunalnog otpada na lokaciji Grabovica, izvest će se prestanak odlaganja, sanacija odlagališta i konačno zatvaranje. |
| RD Pod Dubom | Nalazi se na adresi Vladimira Nazora 2a. U RD se prikupljaju sve vrste otpada u skladu sa dodatkom IV Pravilnika o gospodarenju otpadom. | Aktivno | |
| RD Mokošica | Mobilno RD smješteno na adresi Vinogradarska 2 u Mokošici. U RD se prikupljaju sve vrste otpada u skladu sa dodatkom IV Pravilnika o gospodarenju otpadom. | Aktivno | |
| GO, RD Pobrežje (Osojnik) | Na području grada Dubrovnika planira se izgradnja RD za građevni otpad na području Osojnika | Planirano | |

2.2. METODE

U ovom radu korišten je programski alat koji omogućava vizualizaciju podataka uporabe/zbrinjavanja komunalnog otpada. Kako bi se podaci strukturirali, korišten je prikaz podataka u grafičkom obliku, tj. korišten je ternarni (trokutni) dijagram. U nastavku je dan pregled povijesnog razvoja i primjene trokutnog dijagrama uz njegovo detaljno objašnjenje.

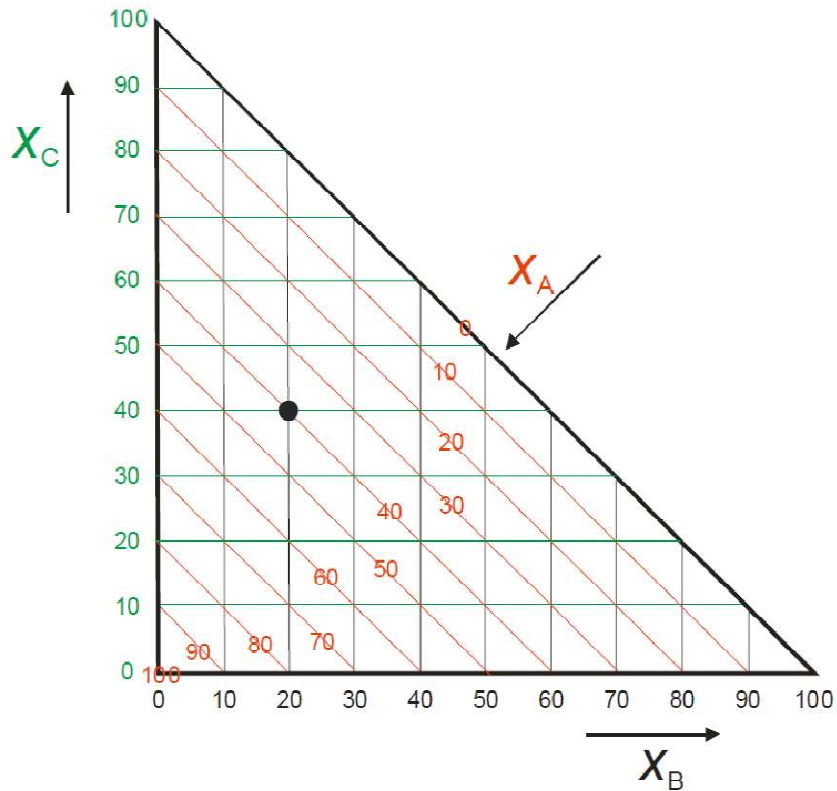
2.2.1. Povijest ternarnog (trokutnog) dijagrama

Razvoj i primjena ternarnog dijagrama može se pratiti sve od sredine 18. stoljeća. U to vrijeme primijenio ga je astronom, matematičar i kartograf Tobias Mayer, koji je svoje istraživanje utemeljio na eksperimentu Isaaca Newtona o miješanju triju boja. Naime, Mayer je koristio Newtonove eksperimente i grafički je prikazao tri boje u jednakostraničnom trokutu. Matematičku definiciju jedne točke u jednakostraničnom trokutu izveo je Georg Christoph Lichtenberg. Krajem 19. stoljeća prvi je put primijenjen ternarni dijagram u fizikalnoj kemiji. Pod nazivom *Gibbs Triangle* ternarni dijagram prvi put se primijenio za grafičko prikazivanje trokomponentnih sustava za što se koristi i danas. Ternarni dijagram primjenjuje se u kemiji, geologiji, mineralogiji, procesnom inženjerstvu itd. Prof. Raffaello Cossu je prva osoba koja je došla na ideju primjene metode ternarnog dijagrama za vizualizaciju podataka o gospodarenju otpadom te se u literaturi navodi kao „*Cossu's Diagramme*“.¹⁶

2.2.2. Trokutni dijagrami

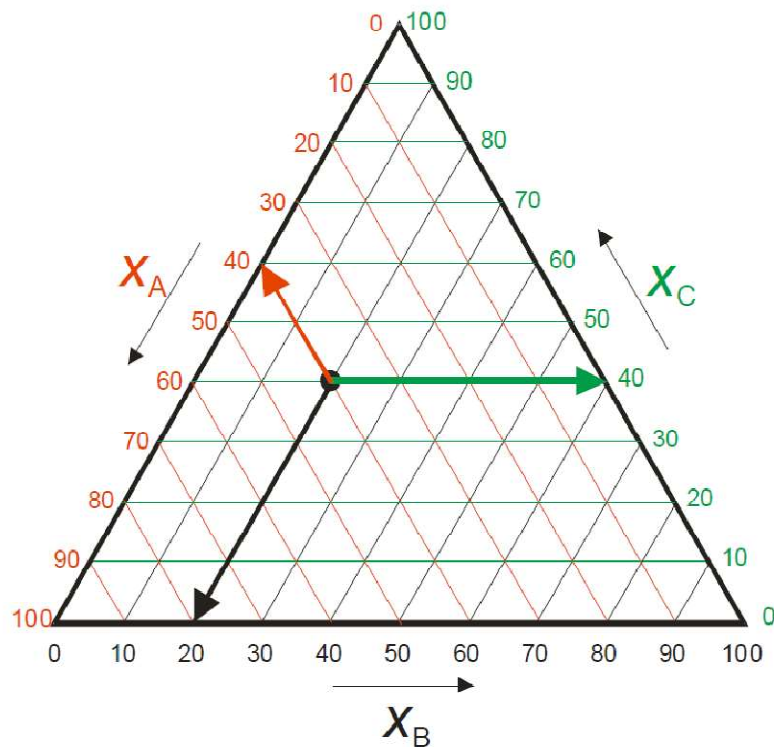
Kod trokomponentnih sustava uobičajeno se koriste trokutni dijagrami, u dva različita oblika, jednakostraničnog, odnosno jednakokračnog trokuta. Načela rada s obje vrste dijagrama su ista. Jednakokračni oblik trokutnog dijagrama prikladan je za unošenje sastava trokomponentnih otopina, ali ponekad može sugerirati da su komponente koje se nalaze na apscisi i ordinati na neki način „važnije“ od komponente s „kosom“ ljestvicom. Dojam podjednake „važnosti“ komponenata dobiva se na jednakostraničnom trokutnom dijagramu. Shematskim prikaz

jednakokrtačnog trokutnog dijagrama dan je na slici 16., a na slici 17. dan je prikaz jednakostraničnog trokutnog dijagrama.



Slika 16. Shematski prikaz jednakokrtačnog trokutnog dijagrama.¹⁶

Udjeli komponenata izraženi su u molarnim postocima. Udio komponente B odabire se na apscisi (crne linije), udio komponente C na ordinati (zelene linije). Zabranjeno je unošenje točaka iznad hipotenuze, jer je u tom području $x_B + x_C > 100\%$. Tako npr. crna točka označava sastav trokomponentne otopine u kojem je $x_B = 20\%$, $x_C = 40\%$. Udio treće komponente tada je $x_A = 40\%$. Točke svih mogućih sastava otopine s $x_A = 40\%$ leže na ucrtanoj crvenoj liniji paralelnoj s hipotenuzom. Tako se u dijagram može unijeti i treća ljestvica, označena crvenom bojom, na kojoj se izravno mogu očitati udjeli x_A .



Slika 17. Shematski prikaz jednakostraničnog trokutnog dijagrama.¹⁶

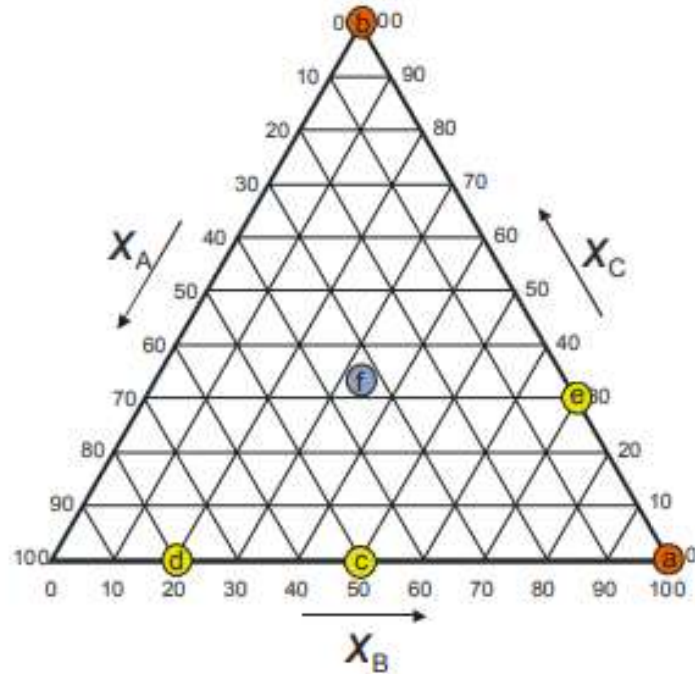
Jednakostranični trokutni dijagram je dobiven naginjanjem ordinata jednakokračnog dijagrama za 30° u smjeru kazaljke na satu. Udjeli komponenta izraženi su u molarnim postocima. Udio komponente B odabire se na bazi trokuta, udio komponente C na desnoj stranici (zelene linije), a udio komponente A na lijevoj stranici (crvene linije). Treba primijetiti selidbu ljestvica u odnosu na prethodnu sliku. Crna točka označava sastav trokomponentne otopine u kojem je $x_B = 20\%$, $x_C = 40\%$, $x_A = 40\%$, a deblje strelice način očitavanja na ljestvicama.

PRIMJER 1.

U jednakostraničnom trokutnom dijagramu su ucrtane točke trokomponentnih otopina sljedećih molarnih sastava:

- 100 % B (čista komponenta B)
- 100 % C (čista komponenta C)
- 50 % A i 50 % B (nema komponente C)
- 80 % A i 20% B (nema komponente C)
- 30 % C i 70 % A (nema komponente B)
- ekvimolarna trokomponentna smjesa.

Rješenje primjera 1. prikazano je na slici 18.

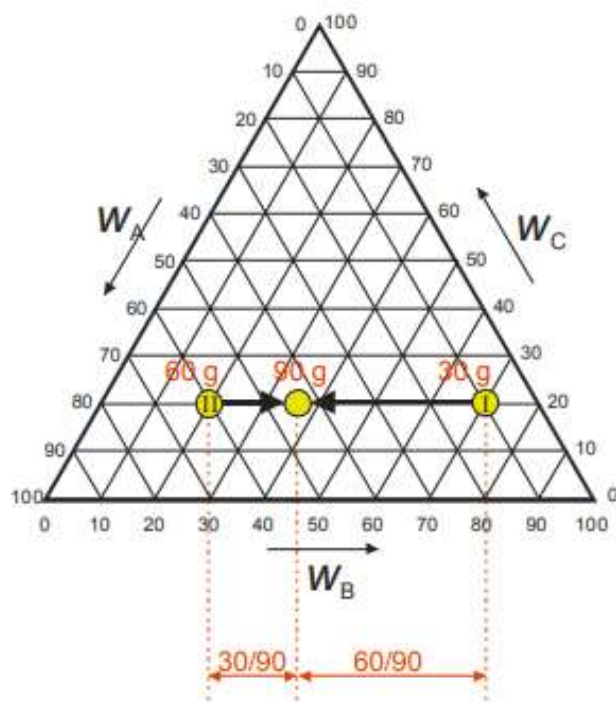


Slika 18. Rješenje primjera 1.

Treba primijetiti da se točke čistih komponenata (narančasto) nalaze u vrhovima trokuta, točke dvokomponentnih sustava (žuto) na bridovima, a točke trokomponentnih sustava (plava) u unutrašnjosti trokuta.¹⁶

PRIMJER 2.

Miješa se 30 g otopine I koja sadrži 10 mas. % A i 70 mas. % B, sa 60 g otopine II koja sadrži 60 mas. % A i 20 mas. % B. Treba izračunati sastav nastale otopine i prikazati proces miješanja u trokutnom dijagramu. Rješenje primjera 2. prikazano je na slici 19.



Slika 19. Rješenje primjera 2.

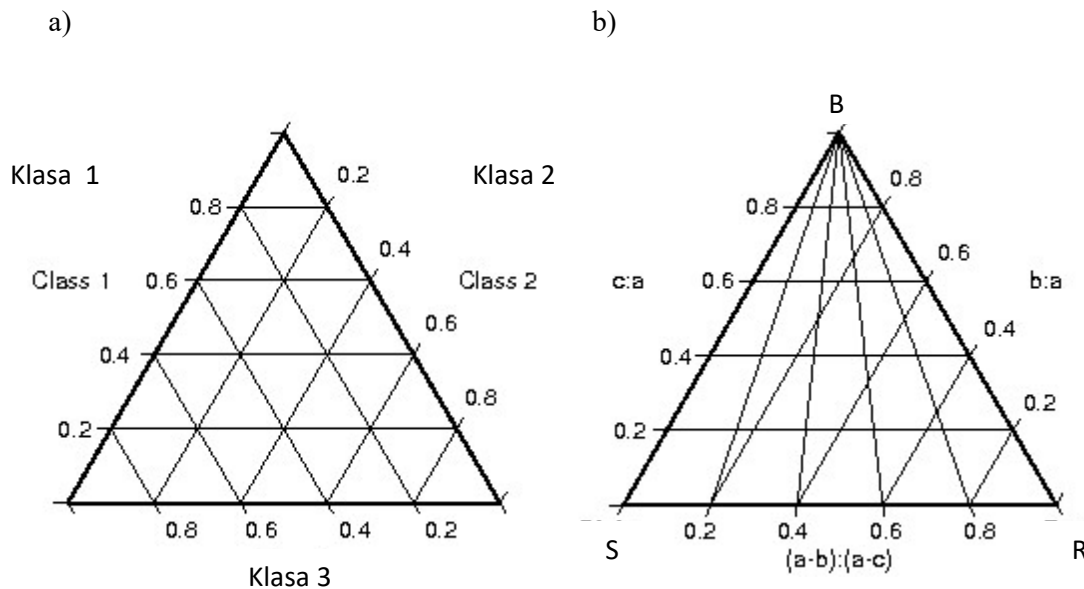
Žuto su označene točke prije, odnosno poslije miješanja. Proces miješanja opisuje se u trokutnom dijagramu spojnicom dviju točaka, što je prikazano crnim strelicama. Crvenom bojom označena je primjena pravila poluge u trokutnom dijagramu – omjer udaljenosti između točaka početnih otopina i konačne točke obrnuto je razmjerni omjeru udjela (masenom, molarnom) pojedinih otopina u smjesi.¹⁶

2.2.3. Tri-plot

Tri-plot naziv je programske podrške za izradu trokutnog dijagrama u Microsoft® Excel programu. Navedeni program izvorno je razvijen za prikaz podataka o obliku čestica sedimenta u obliku trokutnog dijagrama.

Konvencionalni trokutni dijagrami (slika 20a) koriste se za prikazivanje podataka s tri varijable u kojima tri varijable predstavljaju udjeleu cjelini. U prirodnim znanostima, koriti se za prikaz npr. udjela pijeska, mulja i gline u uzorku.

Alternativni tip trokutnog dijagrama predložili su Sneedi Folk (1958) za prikaz oblika čestica (slika 20b). Ovakav prikaz trokutastog dijagrama također može se koristiti za prikaz oblika sedimentnih tekstura (Benn 1994), a može se koristiti za prikaz odnosa između tri nezavisne varijable.



Slika 20. a) Konvencionalni trokutni dijagrami i b) Sneed i Folk trokutasti dijagram.¹⁶

Tri-plot pruža jednostavan način izrade i prikaza kako konvencionalnih tako i SneediFolk trokutnih dijagrama.¹⁶ U ovom radu za vizualizacije gospodarenja komunalnim otpadom korištena je verzija *Tri-plot v1.4.2.* koja je besplatno dostupna na mrežnim stranicama LaughbouroughUniversitya, a sva prava pridržavaju autori David Graham i Nicholas Midgley.¹⁷

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. UPOTREBA TROKUTNOG DIJAGRAMA ZA PRIKAZ ZBRINJAVANJA KOMUNALNOG OTPADA U RH

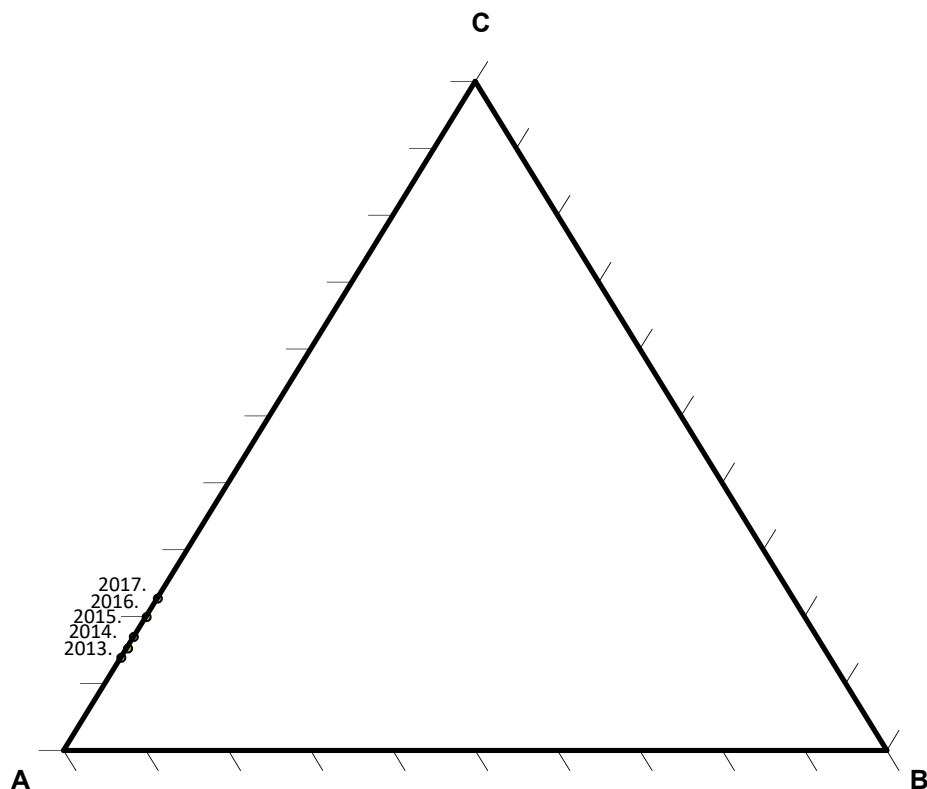
Predmet interesa ovog završnog rada bio je analizirati dostupne podatke o količini obrađenog komunalnog otpada i to postupcima energetske uporabe i recikliranja, kao i količine komunalnog otpada koje su neobrađene odložene na odlagališta. Analizirani su podaci za razdoblje od 2013. do 2017. godine te su prikazani u tablici 7. Oznaka „A“ predstavlja komunalni otpad upućen na odlagališta, oznaka „B“ predstavlja komunalni otpad koji je energetski oporavljen, a oznaka „C“ predstavlja komunalni otpad koji je upućen na materijalnu uporabu (recikliranje i kompostiranje).

Tablica 7. Zbrinjavanje komunalnog otpada u RH od 2013. do 2017. godine

| GODINA | A | B | C |
|---------------|------------|----------|-----------|
| 2013. | 1 413 113t | 1000 t | 228 000 t |
| 2014. | 1 308 112t | 3000 t | 236 000 t |
| 2015. | 1 318 741t | 0 t | 270 000 t |
| 2016. | 1 288 377t | 1000 t | 322 000 t |
| 2017. | 1 242 892t | 1000 t | 366 000 t |

Iz tablice 7. je vidljivo da se u Republici Hrvatskoj u periodu od 2013. do 2017. godine količina otpada koja je upućena na odlagališta postepeno smanjuje, dok se količina otpada koja je materijalno oporavljena iz godine u godinu povećava.

Udio postupaka uporabe/zbrinjavanja komunalnog otpada od 2013. do 2017. godine na području Republike Hrvatske prikazan je pomoću trokutnog dijagrama na slici 21.



Slika 21. Udio postupaka oporabe/zbrinjavanja komunalnog otpada u RH od 2013. do 2017. godine.

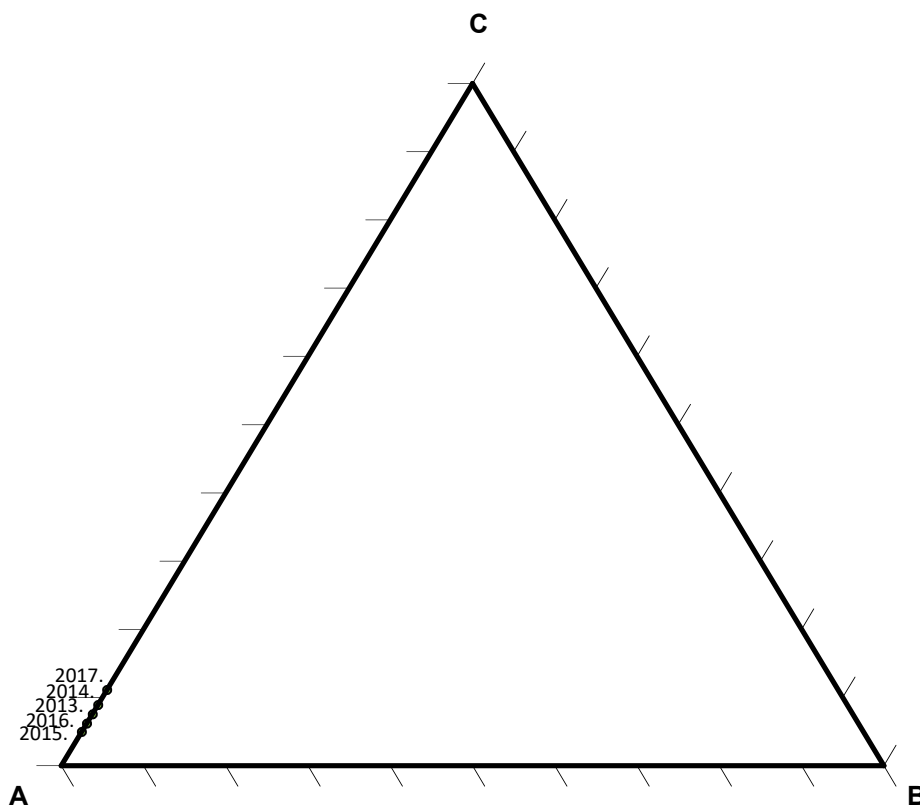
3.2. UPOTREBA TROKUTNOG DIJAGRAMA ZA PRIKAZ ZBRINJAVANJA KOMUNALNOG OTPADA NA PODRUČJU DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE

Analizirani podaci o količini obrađenog komunalnog otpada i to postupcima energetske oporabe i recikliranja, kao i količine komunalnog otpada koje su neobrađene odložene na odlagališta za razdoblje od 2013. do 2017. godine na području Dubrovačko-neretvanske županije prikazani u tablici 8. Značenje oznaka „A“, „B“ i „C“ u tablici 8. isto je kao i u tablici 7.

Tablica 8. Zbrinjavanje komunalnog otpada na području Dubrovačko-neretvanske županije od 2013. do 2017. godine

| GODINA | A | B | C |
|---------------|------------|----------|-----------|
| 2013. | 59 986 18t | 0 | 4 917 82t |
| 2014. | 56 351 90t | 0 | 5 518 67t |
| 2015. | 54 706 93t | 0 | 2 865 73t |
| 2016. | 46 320 81t | 0 | 3 060 04t |
| 2017. | 45 281 53t | 0 | 5 657 93t |

Iz podataka navedenih u tablici vidljivo je da se količina komunalnog otpada koja je upućena na odlagalište smanjuje iz godine u godinu, međutim količina komunalnog otpada koja je materijalno oporabljena 2013. i 2014. godine je veća, nego 2015. i 2016. godine. Najveća količina komunalnog otpada je materijalno oporabljena 2017. godine (5 657 93t).^{18,19} Udio postupaka oporabe/zbrinjavanja komunalnog otpada od 2013. do 2017. godine na dubrovačkom području prikazan je pomoću trokutnog dijagrama na slici 22.



Slika 22.. Udio postupaka oporabe/zbrinjavanja komunalnog otpada na području Dubrovačko-neretvanske županije od 2013. do 2017. godine.

3.3. USPOREDBA UČINKOVITOSTI OBRADE KOMUNALNOG OTPADA NA PODRUČJU RH I NA PODRUČJU DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE

U promatranom petogodišnjem periodu i u Republici Hrvatskoj i u Dubrovačko-neretvanskoj županiji najveće količine komunalnog otpada zbrinjavale su se postupkom odlaganja. Ti podaci prikazani su u trokutnom dijagramu točkama koje se nalaze lijevo i što je točka više lijevo to je veća vrijednost odlaganja. Kako je prikazano na slikama 21. i 22. udio odlaganja krutog komunalnog otpada u analiziranom petogodišnjem razdoblju u Republici Hrvatskoj i na području Dubrovačko-neretvanske županije iznosio je između 75 i 100 %, a udio recikliranja i kompostiranja bio je od 7 do 25 %. U razmatranom periodu najmanja je bila stopa energetske oporabe i iznosila je manje od 0,2 % u RH, dok se na području Dubrovačko-neretvanske županije ovaj postupak nije koristio za oporabu otpada. Kada je riječ o uspješnosti gospodarenja krutim komunalnim otpadom u promatranom periodu RH se prema Pombergu i suradnicima¹⁴ klasificira u skupinu „država odlagatelja“. Naime, navedeni autori zemlje članice EU s obzirom na uspješnost obrade otpada u pojedinim zemljama članicama EU svrstavaju u tri skupine, i to: „države oporabitelji“, „države u prijelazu“ i „države odlagatelji“. Udjeli postupaka oporabe/zbrinjavanje komunalnog otpada prema navedenoj klasifikaciji prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Klasifikacija zemalja članica s obzirom na uspješnost gospodarenja krutim komunalnim otpadom¹⁵

| Naziv grupe | Udio recikliranja i kompostiranja | Udio odlaganja |
|---------------------|-----------------------------------|----------------|
| Države oporabitelji | > 80 % | < 20 % |
| Države u prijelazu | 40 - 80 % | 20 - 60 % |
| Države odlagatelji | < 40 % | 60 - 100 % |

Kako bi RH iz grupe „država odlagatelja“ postepeno prešla u grupu „država oporabitelja“, potrebno je povećati stopu oporabe i recikliranja te smanjiti stopu odlaganja komunalnog otpada što je ujedno i cilj PGO RH. U trokutnom dijagramu povećanjem udjela energetske oporabe veća vrijednost bila bi prikazana točkom više na desnoj strani. S druge strane povećanjem stope recikliranja i kompostiranja točka bi se pomicala prema sredini trokuta i to što je veća vrijednost točka bi se nalazila više unutar trokuta. Korišteni programski alat za vizualizaciju podataka o postupcima oporabe/zbrinjavanja otpada omogućio je brzo razumijevanje informacija, identificiranje uzoraka i odnosa, identificiranje trendova u nastajanju te informiranje okoline. Također, vizualizacija podataka olakšala bi donošenje informiranih odluka, planiranje poslovanja i usmjeravanje gospodarenja otpadom na strateškoj razini prema kružnom gospodarstvu.

4. ZAKLJUČAK

U Republici Hrvatskoj i u Dubrovačko-neretvanskoj županije najveće se količine komunalnog otpada bez prethodne obrade zbrinjavaju postupkom odlaganja. Kako bi se postigli ciljevi propisani PGO RH potrebno je na nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini uspostaviti takav sustav gospodarenja otpadom koji daje naglasak na ponovno korištenje, popravak, obnavljanje i recikliranje postojećih materijala i proizvoda. Ovakav sustav gospodarenja otpadom pridonio bi racionalnom korištenju i očuvanju prirodnih resursa, smanjenju ukupne mase otpada koja se odlaže na odlagališta, smanjenju emisija onečišćujućih tvari u okoliš te smanjenju opasnosti za zdravlje ljudi i okoliš.

Na temelju analize postojećeg stanja gospodarenja otpadom na području Dubrovačko-neretvanske županije i Grada Dubrovnika, može se reći da postojeći sustav zadovoljava trenutne potrebe te da se kontinuirano radi na unaprjeđenju postojećeg sustava.

Postojeći sustav gospodarenja otpadom na području Grada Dubrovnika može se ocijeniti dobrim budući da je svim građanima omogućeno da sav otpad mogu zbrinuti na zakonom predviđen način.

Realizacija i kvalitetno funkcioniranje cjelokupnog sustava gospodarenja otpadom, zasnovano je na uključenosti i velikoj suradnji građana, gospodarskih subjekata te JLS i tvrtke Čistoća d.o.o. Dubrovnik u provedbi planiranih mjera te osiguranju potrebnih financijskih sredstava u proračunu. Na području Grada Dubrovnika postupanje s otpadom uklapa se u cjelovitu sliku postupanja s otpadom na nivou RH. Od obaveza koje su propisane ZOGO-om Grad Dubrovnik već je ispunio veći dio obaveza ili je pokrenuo aktivnosti ka njihovom ispunjenju. Manji dio obaveza Grad Dubrovnik ispunit će u narednom šestogodišnjem periodu, od kojih bi prioritet trebala bitisanacija i konačno zatvaranje odlagališta Grabovica.

Kvalitetnom i jednostavnom vizualizacijom podataka korištenjem trokutnog dijagrama o postupcima oporabe/zbrinjavanja otpada omogućava se lako i brzo razumijevanje informacija kako bi se olakšalo donošenje informiranih odluka, planiranje poslovanja i usmjeravanje gospodarenja otpadom na strateškoj razini prema kružnom gospodarstvu.

5. LITERATURA

1. URL : <http://struna.ihjj.hr/naziv/okolis/35030/> (24. 8. 2019.)
2. URL : <https://www.cistoca.hr/gospodarenje-otpadom-8/edukacija-1513/pojmovnik-1534/1534> (1 .6. 2019.)
3. URL : <https://www.zakon.hr/z/657/Zakon-o-odrzivom-gospodarenju-otpadom> (1. 6. 2019.)
4. URL : https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_04_50_963.html (1. 6. 2019.)
5. URL : <https://www.cistoca.hr/gospodarenje-otpadom-8/edukacija-1513/pojmovnik-1534/1534> (1 .6. 2019.)
6. *J. Margeta*, Upravljanje krutim komunalnim otpadom, Split, 2017, str. 1-67
7. URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html (3. 6. 2019.)
8. URL:http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescakomunalni/OTP_Izvje%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu_2017.pdf (19. 7. 2019.)
9. URL : https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2017_01_3_120.html (5. 6. 2019.)
10. URL : <https://www.dubrovnik.hr/> (11. 6. 2019.)
11. URL : <http://www.zavoddbk.org/> (15. 6. 2019.)
12. URL:http://dokumenti.azo.hr/Dokumenti/PGO_Grada_Dubrovnika_2018_2023.pdf (6.8.2019.)
13. URL : www.cistocadubrovnik.hr (6. 8 .2019.)
14. URL : <http://www.zavoddbk.org/> (7. 8. 2019.)
15. *R. Pomberg, R. Sarc, K.E. Lorber*, Dynamic Visualisation od municipalwastemanagmentperformanceinthe EU usingTernaryDiagrammethod, Waste Managment **61** (2017) 558-571
16. *M. Rogošić*, Kemijsko-Inženjerska termodinamika, Zagreb, 2013, str. 348-350
17. URL : <https://www.lboro.ac.uk/microsites/research/phys-geog/tri-plot/index.html> (19. 6. 2019.)
18. URL : www.cistocadubrovnik.hr (6. 8 .2019.)
19. URL :<http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-i-registri-oneciscavanja/gospodarenje-otpadom/izvjesca> (21. 7. 2019.)

6. PRILOZI

Prilog 1.

POSTUPCI OPORABE (R) I ZBRINJAVANJA (D) OTPADA

Člankom 4. i 5. Pravilnika o gospodarenju otpadom (NN 23/07) određuju se postupci zbrinjavanja (D^{*}) i oporabe (R^{**}) otpada:

| Oznaka postupka | Naziv postupka |
|-----------------|---|
| D1 | Odlaganje otpada u ili na tlo (na primjer odlagalište itd.) |
| D2 | Obrada otpada u tlu (na primjer biološka razgradnja tekućeg ili muljevitog otpada u tlu itd.) |
| D3 | Duboko utiskivanje otpada (na primjer utiskivanje otpada crpkama (u bušotine, iscrpljena ležišta soli, prirodne šupljine itd.) |
| D4 | Odlaganje otpada u površinske bazene (na primjer odlaganje tekućeg ili muljevitog otpada u jame, bazene, lagune itd.) |
| D5 | Odlaganje otpada na posebno pripremljeno odlagalište (na primjer odlaganje u povezane komore koje su poklopljene i izolirane jedna od druge kao i od okoliša itd.) |
| D6 | Ispuštanje otpada u kopnene vode isključujući mora/oceane |
| D7 | Ispuštanje u mora/oceane uključujući i ukapanje u morsko dno |
| D8 | Biološka obrada koja nije specificirana drugdje u ovim postupcima, a koja za posljedicu ima konačne sastojke i mješavine koje se zbrinjavaju bilo kojim postupkom D1 do D12 |
| D9 | Fizikalno-kemijska obrada otpada koja nije specificirana drugdje u ovim postupcima, a koja za posljedicu ima konačne sastojke i mješavine koje se zbrinjavaju bilo kojim postupkom D1 do D12 (na primjer isparivanje, sušenje, kalciniranje itd.) |
| D10 | Spaljivanje otpada na kopnu |
| D11 | Spaljivanje otpada na moru |
| D12 | Trajno skladištenje otpada (na primer smještaj spremnika u rudnike itd.) |
| D13 | Spajanje ili miješanje otpada prije podvrgavanja bilo kojem postupku D1 do D12 |
| D14 | Ponovno pakiranje otpada prije podvrgavanja bilo kojem od postupaka D1 do d 13 |
| D15 | Skladištenje otpada prije primjene bilo kojeg od postupaka zbrinjavanja D1 do d 14 (osim privremenog skladištenja otpada na mjestu nastanka, prije skupljanja) |
| R1 | Korištenje otpada uglavnom kao goriva ili drugog načina dobivanja energije |

| | |
|-----|---|
| R2 | Obnavljanje/ regeneracija otpadnog otapala |
| R3 | Recikliranje/obnavljanje otpadnih organskih tvari koje se ne koriste kao otapala (uključujući kompostiranje i druge procese biološke pretvorbe) |
| R4 | Recikliranje/obnavljanje otpadnih metala i spojeva metala |
| R5 | Recikliranje/obnavljanje drugih otpadnih anorganskih materijala |
| R6 | Regeneracija otpadnih kiselina ili lužina |
| R7 | Oporaba otpadnih sastojaka koji se koriste za smanjivanje onečišćenja |
| R8 | Oporaba otpadnih sastojaka iz katalizatora |
| R9 | Ponovna prerada otpadnih ulja ili drugi načini ponovne uporabe otpadnih ulja |
| R10 | Tretiranje tla otpadom u svrhu poljoprivrednog ili ekološkog poboljšanja |
| R11 | Korištenje otpada nastalog bilo kojim postupkom R1 do R10 |
| R12 | Mijenjanje otpada radi primjene bilo kojeg od postupaka uporabe R1 do R11 |
| R13 | Skladištenje otpada prije bilo kojeg od postupaka uporabe R1 do R12 (osim privremenog skladištenja na mjestu nastanka, prije skupljanja) |

* Od engleske riječi „*disposal*“

** Od engleske riječi „*recovery*“