

Gospodarenje plastičnim komunalnim otpadom u Republici Hrvatskoj do 2021. godine

Zubac, Nina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:861469>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-27**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij Geološko inženjerstvo

GOSPODARENJE PLASTIČNIM KOMUNALNIM OTPADOM U REPUBLICI
HRVATSKOJ DO 2021. GODINE

Diplomski rad

Nina Zubac

GI412

Zagreb, 2021.

Sveučilište u Zagrebu

Diplomski rad

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

GOSPODARENJE PLASTIČNIM KOMUNALNIM OTPADOM U REPUBLICI
HRVATSKOJ DO 2021. GODINE

Nina Zubac

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za rudarstvo i geotehniku

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U diplomskom radu analizira se postojeći sustav gospodarenja i količine plastičnog komunalnog otpada u gradu Zagrebu i Osijeku uz nekoliko pozitivnih primjera gospodarenja otpadom postignutih u Republici Hrvatskoj, u kojima je ostvaren definirani cilj od 50% odvojeno prikupljenog otpada. Također, opisuju se postupci uporabe plastičnog komunalnog otpada kao i mogućnosti materijalne uporabe plastičnog komunalnog otpada.

Ključne riječi: kružno gospodarenje otpadom, recikliranje, plastični komunalni otpad, grad Osijek, grad Zagreb, otok Krk, Donje Međimurje

Diplomski rad sadrži: 24 slike i 13 tablica

Jezik izvornika: hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr.sc. Želimir Veinović, izv. prof. RGNF

Komentorica: Dr.sc. Anamarija Grbeš, doc. RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc. Želimir Veinović, izv. prof. RGNF

Dr.sc. Anamarija Grbeš, doc. RGNF

Dr.sc. Ivan Sobota, doc. RGNF

Dr.sc. Dubravko Domitrović, doc. RGNF

Datum obrane: 12.11.2021., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

University of Zagreb

Master's Thesis

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

PLASTIC MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT IN THE REPUBLIC OF CROATIA
UNTIL 2021.

Nina Zubac

Thesis completed at: University of Zagreb

Faculty of mining, Geology and Petroleum Engineering

Department of Mining Engineering and Geotechnics

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Master's thesis analyzes the existing waste management system and the amount of plastic municipal waste in the cities of Zagreb and Osijek with several positive examples of developed waste management systems in Croatia in which the defined goal of 50% of separately collected waste was achieved. Also, the procedures of recovery of plastic municipal waste are described, as well as the possibilities of material recovery of plastic municipal waste.

Keywords: circular waste management, recycling, plastic municipal waste, City of Osijek, City of Zagreb, Island of Krk, Donje Međimurje

Thesis contains: 24 figures and 13 tables

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Želimir Veinović, assoc. prof. RGNF

Co-supervisor: PhD Anamarija Grbeš, asst. prof. RGNF

Reviewers: PhD Želimir Veinović, assoc. prof. RGNF
PhD Anamarija Grbeš, asst. prof. RGNF
PhD Ivan Sobota, asst. prof. RGNF
PhD Dubravko Domitrović, asst. prof. RGNF

Defence date: 12.11.2021., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. RECIKLIRANJE PLASTIČNOG OTPADA	3
2.1. Mehaničko recikliranje	4
2.1.1. Primjer mehaničkog recikliranja plastičnog otpada Pos-Plast d.o.o.	6
2.2. Kemijsko recikliranje	9
2.2.1. Hidroliza	10
2.2.2. Hidriranje	11
2.2.3. Piroliza	12
2.2.4. Rasplinjavanje	13
2.3. Energetska uporaba	14
3. SUSTAV GOSPODARENJA PLASTIČNIM KOMUNALNIM OTPADOM U GRADU OSIJEKU	16
3.1. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „Unikom d.o.o.“ Osijek	19
3.2. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „Folding d.o.o.“ Osijek.	24
3.3. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „Drava International d.o.o.“ Osijek	27
3.3.1. Uporaba PE folije u tvrtki „Drava International d.o.o.“ Osijek	29
3.3.2. Proizvodnja PE folije u tvrtki „Drava International d.o.o.“ Osijek	30
3.3.3. Uporaba PET ambalaže u tvrtki „Drava International d.o.o.“ Osijek	31
3.3.4. Proizvodnja PET folije u tvrtki „Drava International d.o.o.“ Osijek	33
4. SUSTAV GOSPODARENJA PLASTIČNIM KOMUNALNIM OTPADOM U GRADU ZAGREBU	34
4.1. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke Zagrebački holding d.o.o. Podružnica „Čistoća“	39

4.2. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „CE-ZA-R Centar za reciklažu d.o.o.“ Zagreb	44
4.3. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „REOMA Grupa d.o.o.“ Zagreb	46
5. PRIMJERI SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM NA PODRUČJU DONJEG MEĐIMURJA I OTOKA KRK	49
5.1. Sustav gospodarenja otpadom na području Donjeg Međimurja	49
5.2. Sustav gospodarenja otpadom na području otoka Krka	55
6. DISKUSIJA	61
7. ZAKLJUČAK	63
8. LITERATURA	65

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Red prvenstva postupaka gospodarenja otpadom (Reciklažno dvorište Perun, 2021)	3
Slika 2-2. HD-PE ekstruzija (Pos-plast, 2021)	7
Slika 2-3. PP ekstruzija (Pos-plast, 2021)	7
Slika 2-4. Stroj za granuliranje tvrtke Erema (Pos-plast, 2021)	8
Slika 2-5. Postrojenje tvrtke Pos-plast d.o.o.	9
Slika 2-6. Postupak degradacijskog ekstrudiranja prilikom pripreme plastičnog otpada za kemijsku oporabu (Hrnjak-Murčić, 2016)	10
Slika 2-7. Postupak hidriranja miješane otpadne plastike (Hrnjak-Murčić, 2016)	11
Slika 3-1. Prvi spremnici za papir i staklo u Osijeku (Škugor, 2016)	16
Slika 3-2. Nekadašnji reciklažni otok (Škugor, 2016)	17
Slika 3-3. Shema sustava primarne selekcije otpada u gradu Osijeku (Škugor, 2016)	18
Slika 3-4. Žuta kanta za prikupljanje plastičnog otpada u kućanstvima (Škugor, 2016)	20
Slika 3-5. Prikaz količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2012. do 2015. godine na području grada Osijeka (Unikom d.o.o., 2021b)	22
Slika 3-6. Prikaz količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2016. do 2019. godine na području grada Osijeka (Unikom d.o.o., 2021b)	23
Slika 3-7. Sortirnica neopasnog otpada tvrtke „Folding d.o.o.“ Osijek (Folding, 2021)	25
Slika 3-8. Sortirani i balirani plastični otpad (Folding, 2021)	26
Slika 3-9. Skladištenje, razvrstavanje i uporaba neopasnog otpada ključnog broja 15 01 02 - ambalaža od plastike (Anić Vučinić i sur., 2014)	29
Slika 3-10. Sortirnica u pogonu „Drava International d.o.o.“ Osijek (Ptiček Siročić i sur., 2016)	31
Slika 3-11. Pakiranje mljevenih prozirnih i šarenih PET listića u velike vreće (Ptiček Siročić i sur., 2016)	32

Slika 4-1. Spremnici volumena 1100 l za odvojeno sakupljanje plastičnog otpada dobiveni putem Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (Zagrebački holding d.o.o., 2021)..	37
Slika 4-2. Mobilno reciklažno dvorište u gradu Zagrebu (Zagrebački holding d.o.o., 2021)...	38
Slika 5-1. Sustav odvojenog prikupljanja otpada (Galović i Košak, 2015).....	50
Slika 5-2. Sortirnica korisnog otpada u sklopu reciklažnog dvorišta u Prelogu (GKP PRE-KOM d.o.o., 2021)	51
Slika 5-3. Centar za ponovnu uporabu Prelog (ŠPANIČEK KANOTI, 2017).....	53
Slika 5-4. Polupodzemni spremnici za odvojeno prikupljanje otpada (Grad Krk, 2021)	57

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Količina plastičnog otpada prikupljena u reciklažnom dvorištu 1997. godine (Škugor, 2016).....	20
Tablica 3-2. Količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2012. do 2015. godine na području grada Osijeka (Unikom d.o.o., 2021b)	22
Tablica 3-3. Projekcija količina plastičnog otpada prikupljenog. do 2020. godine na području grada Osijeka (Škugor, 2016).....	22
Tablica 3-4. Količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2016. do 2019. godine na području grada Osijeka (Unikom d.o.o., 2021b)	23
Tablica 3-5. Opis pojedinog procesa i kapaciteta procesa po postupcima (Fundurulja i sur., 2018)	27
Tablica 4-1. Količine odvojeno skupljenog plastičnog otpada provedbom pilot projekta u periodu od ožujka do kraja prosinca 2011. godine (Zagrebački holding d.o.o., 2021).....	35
Tablica 4-2. Količina odvojeno sakupljenog plastičnog otpada ključnog broja 15 01 02 (plastična ambalaža) po mjestu nastanka u 2018. godini (Zagrebački holding d.o.o., 2021b) .	42

Tablica 4-3. Količina odvojeno sakupljenog plastičnog otpada ključnog broja 15 01 02 (plastična ambalaža) po mjestu nastanka u 2019. godini (Zagrebački holding d.o.o., 2021b) .	42
Tablica 4-4. Količina odvojeno sakupljenog plastičnog otpada ključnog broja 15 01 02 (plastična ambalaža) po mjestu nastanka u 2020. godini (Zagrebački holding d.o.o., 2021b) .	43
Tablica 4-5. Opis pojedinog procesa i kapaciteta procesa po postupcima (Bukvić i sur., 2020)	45
Tablica 4-6. Opis pojedinog procesa i kapaciteta procesa po postupcima (Komadina i sur., 2018)	46
Tablica 5-1. Količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2015. do 2020. godine na području otoka Krka (ponikve.krak, 2021)	59

1. UVOD

Otpad je globalni rastući problem s kojim se susreću sve zemlje svijeta, međutim Republika Hrvatska još uvijek nema adekvatno razvijen sustav gospodarenja otpadom, posebice plastičnim otpadom. Definicija otpada prema Zakonu o gospodarenju otpadom (NN 84/2021) glasi *otpad je svaka tvar ili predmet koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti*. Također, valja istaknuti kako je u novom Zakonu o gospodarenju otpadom (NN 84/2021) poseban naglasak stavljen na problem tzv. nereciklirane ili nezbrinute plastike iz razloga jer je Europsko vijeće 21. srpnja 2020. u Brüsselsu donijelo odluku o naplaćivanju poreza na nerecikliranu plastiku od 1. siječnja 2021. u iznosu od 0,80 eura po kilogramu, koji će se u cijelosti uplaćivati u proračun Europske unije. Uz to, aktualni trendovi porasta potrošnje plastike iz godine u godinu dovode do povećanja količine plastičnog otpada. Ukoliko se nastavi dosadašnja praksa neodgovornog gospodarenja nerecikliranom plastičnom ambalažom, ista će uzrokovati godišnje izdatke u obliku poreza. Stoga je nužno otpadnu plastiku, prije svega, promatrati kao znatan potencijal u svim županijama. Osim neadekvatno razvijenog sustava gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj, jedan od problema je i nedovoljna educiranost i nezainteresiranost građanstva za uspostavom kružnog gospodarstva s inovativnim i održivim poslovnim modelima. Neupitno, najučinkovitiji način smanjenja otpada je sprječavanje odnosno izbjegavanje njegova stvaranja te Republika Hrvatska mora napredovati u poštivanju reda prvenstva postupaka gospodarenja otpadom.

Prema Zakonu o gospodarenju otpadom (NN 84/2021) definicija gospodarenja otpadom glasi *gospodarenje otpadom su djelatnosti sakupljanja, prijevoza, uporabe uključujući razvrstavanje i zbrinjavanje otpada, uključujući nadzor nad obavljanjem tih djelatnosti, nadzor i mjere koje se provode na lokacijama na kojima se zbrinjavao otpad, te radnje koje poduzimaju trgovac otpadom i posrednik u gospodarenju otpadom*. Gospodarenje otpadom nužno je provoditi na način kojim se ne ugrožava zdravlje ljudi i ne uzrokuju štetni utjecaji na okoliš, te je, kao i unazad nekoliko godina, ponovno postavljen cilj uspostave kružnog gospodarstva i osiguranja primjene reda prvenstva postupaka gospodarenja otpadom:

1. sprječavanje nastanka otpada,
2. priprema za ponovnu uporabu,
3. recikliranje,
4. ostali postupci uporabe npr. energetska uporaba i

5. zbrinjavanje.

Također, ovim Zakonom propisane su mjere u svrhu ostvarenja ciljeva Europskog zelenog plana (»The European Green Deal«), na temelju kojeg bi Republika Hrvatska i ostale države članice EU trebale postati pravednije i prosperitetno društvo s konkurentnim gospodarstvom "u kojem do 2050. godine neće biti neto emisija stakleničkih plinova i u kojem gospodarski rast nije povezan s upotrebom resursa" (Zakon o gospodarenju otpadom, NN 84/2021). Iako je prethodni citat pod navodnim znacima preuzet iz Zakona o gospodarenju otpadom (NN 84/2021), jasno je da ne postoji realni scenarij gospodarskog rasta u kojem se emisije plinova, stvaranje otpada i iskorištavanje resursa mogu u potpunosti izbjeći, međutim treba težiti maksimalnom smanjenju emisija i stvaranja otpada pod tehnički i ekonomski održivim uvjetima, kao i maksimalno racionalnom (održivom) korištenju resursa.

U Republici Hrvatskoj zauzet je stav prema kojemu se problem gospodarenja otpadom rješava na razini županija, zbog čega značajan problem predstavlja neuređeni sustav gospodarenja otpadom Grada Zagreba gdje, uz niz problema vezanih uz gospodarenje-otpadom, najveći problem predstavlja nemogućnost praćenja toka otpada u gradu Zagrebu i netransparentnost sustava.

U radu se analizira postojeći sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom u gradu Zagrebu i Osijeku te se prikazuje nekoliko pozitivnih primjera gospodarenja otpadom postignutih u Republici Hrvatskoj u kojima je ostvaren definirani cilj Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/2013) o 50% odvojeno prikupljenog otpada. Također, opisuju se postupci oporabe plastičnog otpada kao i mogućnosti materijalne oporabe plastičnog komunalnog otpada. Fokus rada stavljen je na plastični komunalni otpad jer upravo sveprisutnim korištenjem plastike, poglavito u sektoru ambalaže, korjenito se promijenio cijeli koncept nabave, plasmana i transporta hrane i pića, te povratnosti ambalaže.

2. RECIKLIRANJE PLASTIČNOG OTPADA

Prevenција, smanjenje količine otpada i ponovno korištenje, odnosno najviši stadiji reda prvenstva postupaka gospodarenja otpadom, kao što je vidljivo na slici 2-1., čine temelj kružnog gospodarstva jer se tim postupcima proizvodi i odbacuje manje otpada iz proizvodnje i prerade sirovina te kao takvi oni predstavljaju proaktivan pristup gospodarenju otpadom. Postupci uporabe (uključujući recikliranje) i odlaganje otpada na/u odlagališta predstavljaju metode postupanja s otpadnim materijalima stvorenim u procesu proizvodnje ili prilikom zahvata (npr. rudarskog ili geotehničkog).

Prema Zakonu o gospodarenju otpadom (NN 84/2021) definicija uporabe otpada glasi *uporaba otpada je svaki postupak čiji je glavni rezultat uporaba otpada u korisne svrhe kada otpad zamjenjuje druge materijale koje bi inače trebalo uporabiti za tu svrhu ili otpad koji se priprema kako bi ispunio tu svrhu, u postrojenju ili u širem gospodarskom smislu*. Vrlo često postoje nejasnoće između pojmova recikliranje i uporaba, ali kao što i sama definicija kaže, *recikliranje je svaki postupak uporabe, uključujući ponovnu preradu organskog materijala, kojim se otpadni materijali prerađuju u proizvode, materijale ili tvari za izvornu ili drugu svrhu osim uporabe otpada u energetske svrhe, odnosno prerade u materijal koji se koristi kao gorivo ili materijal za nasipavanje* (Zakon o gospodarenju otpadom, NN 84/2021).



Slika 2-1. Red prvenstva postupaka gospodarenja otpadom (Reciklažno dvorište Perun, 2021)

U svrhu smanjenja količine plastičnog otpada koji se odlaže na odlagalištima kao i količine plastike koja je nepropisno odbačena u okoliš potrebno je razviti adekvatan sustav gospodarenja otpadom kojim bi se iskorištena plastična ambalaža, ukoliko je moguće, ponovno upotrijebila ili reciklirala.

Recikliranje plastičnog otpada se može podijeliti u tri vrste:

1. mehaničko,
2. kemijsko i
3. energetska uporaba (spaljivanje sa svrhom proizvodnje energije).

2.1. Mehaničko recikliranje

Mehaničko recikliranje najpoznatiji je i najjednostavniji oblik recikliranja plastičnog otpada koji doprinosi smanjenju potrošnje prirodnih resursa, nastajanja otpada te zaštiti okoliša (Hrnjak-Murgić, 2016). Gotovo sva odvojeno sakupljena otpadna plastika u Hrvatskoj podvrgava se isključivo postupku mehaničke reciklaže. Mehaničko recikliranje predstavlja toplinsku preradu polimernih materijala nakon uporabnog vijeka, odnosno nakon korištenja proizvoda, ekstrudiranjem u kojem je krajnji produkt novi materijal ili proizvod iz polimernog otpada ili iz mješavine čistog i otpadnog polimera. Mehanička reciklaža, poznata i kao sekundarno recikliranje, je postupak recikliranja čvrstog plastičnog otpada za ponovnu uporabu prilikom proizvodnje plastičnih proizvoda mehaničkim putem (Al-Salem i sur., 2009).

Prilikom reciklaže heterogenog i homogenog otpada, kvaliteta krajnjeg produkta ne ovisi samo o načinu reciklaže već i o proizvodnoj prošlosti polimera (Hrnjak-Murgić, 2016). Prilikom uporabe plastične ambalaže, ali i ostalih proizvoda izrađenih od polimera, isti su izloženi fotooksidaciji što rezultira razgradnjom i gubitkom određenih svojstava materijala. Osnovni problem prilikom reciklaže heterogenih polimernih materijala je nekompatibilnost polimera, PE, PVC i PET, zbog čega je nužno dodavati treći polimer u malim količinama kako bi se povezali nekompatibilni polimeri. Ukoliko je plastični otpad izgrađen od složenih polimera biti će ga teže mehanički preraditi. Odvajanje, pranje i priprema plastičnog otpada nužne su faze u proizvodnji visokokvalitetnih homogenih krajnjih produkata (Al-Salem i sur., 2009). S druge strane, reciklaža homogenog otpada podrazumijeva reciklažu samo jedne vrste otpada, među kojima su najznačajnija postrojenja za reciklažu PE filma i folije te postrojenja za reciklažu PET boca (Hrnjak-Murgić, 2016). Industrijski plastični otpad nastao u proizvodnji, preradi i

distribuciji plastičnih proizvoda osobito je prikladan za upotrebu kao sirovina za mehaničko recikliranje zbog jednostavne separacije različitih vrsta polimera, malog udjela nečistoća te dostupnosti u velikim količinama (Al-Salem i sur., 2009). Homogeni otpad najprije se pere i usitnjava čime se dobiva granulirani materijal iz kojeg se dalje, u uvjetima povišene temperature i uz dodatak čistog polimera i aditiva, procesima ekstruzije ili brizganja dobiva novi materijal. Ekstruderi namijenjeni reciklaži moraju najprije rastaliti polimerni materijal odnosno homogenizirati polimerni otpad različitih veličina te se zatim taljevina istiskuje iz ekstrudera uglavnom u obliku debelih niti koje se onda hlade i režu u granule (Šercer i sur., 2000). Postrojenja za mehaničko recikliranje homogenog plastičnog otpada generalno se sastoje od jedinice za mljevenje, jedne ili više jedinica za pranje i sušenje i ekstrudera.

Najopćenitija shema mehaničke reciklaže plastičnog otpada jest:

1. sitnjenje (drobljenje, rezanje, mljevenje - odvajanje čepova i eventualnih drugih vrsta materijala, usitnjavanje plastičnog otpada),
2. pranje (odvajanje nečistoća),
3. pluta – tone metoda tj. pliva - tone separacija (izdvajanje različitih vrsta plastike na temelju gustoća),
4. pranje i sušenje,
5. ekstruzija (dobivanje monopolimerske plastike) i
6. granuliranje.

Prema Scheirs (1998) sortiranje plastičnog otpada na temelju razlika gustoća provodi se metodom pluta-tone tj. pliva-tone separacijom u tankovima u "teškom" tekućem mediju (otopini). Tekući medij koji se pri tome koristi mora biti srednje gustoće u odnosu na plastični otpad koji se nastoji sortirati pri čemu će plastika manje gustoće plutati, a veće gustoće potonuti.

Gore opisana shema primjenjuje se prilikom mehaničke reciklaže PVC i PS folija dok u slučaju PET-a proces započinje mljevenjem, pranjem i separacijom, ali bez ekstruzije. Uslijed recikliranja PE filma postrojenja su vrlo slična kao i ranije opisana uz moguće razlike vezane uz fazu pranja PE filma ovisno o tome pere li se film koji se koristio za pakiranje ili poljoprivredna folija za pokrivanja komposta (Hrnjak-Murčić, 2016). Postrojenje za recikliranje PET boca razlikuje se od ostalih postrojenja jer se boce od PET-a moraju izdvojiti od boca koje su napravljene od drugih polimernih materijala te se moraju očistiti od naljepnica koje se nalaze na njima. Spomenuta metoda pluta-tone koristi se kako bi se PE koji je lakši od vode odvojio iz

ostatka nakon pranja te osušio i ponovno koristio. S druge strane, postrojenja za reciklažu heterogenog polimernog otpada nemaju faze ekstrudiranja i granuliranja jer su materijali koji se dobiju oporabom lošijih mehaničkih svojstava (Šercer i sur., 2000).

Bitno je napomenuti kada se reciklirani materijal pomiješa sa čistim polimerom, svojstva novog materijala ovisit će o udjelu i svojstvima recikliranog materijala stoga je vrlo bitno ograničiti udio recikliranog materijala ukoliko se žele očuvati svojstva originala.

S obzirom na ranije opisane primjere vidljivo je kako nije izvediv jedan univerzalan sustav postrojenja za reciklažu ili postupak već je potrebno sustav prilagoditi za svaki polimer i za svaki krajnji produkt ukoliko se želi postići maksimalna proizvodnja uz zadovoljavajuću kvalitetu te kasnije minimalne troškove reciklaže materijala.

2.1.1. Primjer mehaničkog recikliranja plastičnog otpada Pos-Plast d.o.o.

Tvrtka Pos-Plast d.o.o. u Vrbovcu započela je svoje poslovanje kao obiteljski obrt 1990. godine te im je tadašnja djelatnost bila brizganje proizvoda od plastike. Uslijed stjecanja iskustva prilikom rada sa različitim materijalima promijenili su djelatnost i pokrenuli reciklažu plastičnog otpada. Kontinuirani razvoj novih tehnologija omogućuje proizvodnju visokokvalitetnih granulata pogodnih za razne namjene plastičarske industrije koje plasiraju na europsko i svjetsko tržište.

Plastični otpad koji se preuzima u Pos-plast d.o.o. dolazi iz proizvođačke industrije, ali dijelom i od komunalnih poduzeća, CE-ZA-R Centar za reciklažu d.o.o. Zagreb i C.I.O.S. GRUPA d.o.o., uz uvjet da je otpad djelomično sortirani. Količina plastičnog otpada koju godišnje preuzmu iznosi otprilike 10 t po pojedinoj tvrtki. Ponajprije se kontrolira kvaliteta preuzetog plastičnog otpada, zatim se razvrstava prema vrsti i boji, te pere i ekstrudira u granulate HD-PE, LD-PE, PP, PS i PET koji su prikazani na slikama 2-2. i 2-3.

Godišnje se proizvode u prosjeku 2000 t recikliranog visokokvalitetnog granulata pogodnog za razne namjene plastičarske industrije uz određene gubitke u rasipanju od 5%, a u nekim slučajevima i više, do čega dolazi uslijed pucanja vreća. Međutim, trenutna proizvodnja recikliranog granulata čini tek 35% maksimalnih teorijskih kapaciteta. Također, zbog relativno male potražnje na tržištu proizvedeni granulat u postrojenju stoji u prosjeku godinu dana do dvije (Pos-Plast d.o.o., 2021b).



Slika 2-2. HD-PE ekstruzija (Pos-plast, 2021)



Slika 2-3. PP ekstruzija (Pos-plast, 2021)

Osim proizvodnje visokokvalitetnih granulata, tvrtka nudi i Zero plastic waste sustav gospodarenja plastičnim otpadom za srednja i velika poduzeća uz mogućnost izbora novog željenog proizvoda. Također, tvrtka posjeduje sve dozvole za gospodarenje neopasnim otpadom, što uključuje procese (Komadina i sur., 2018):

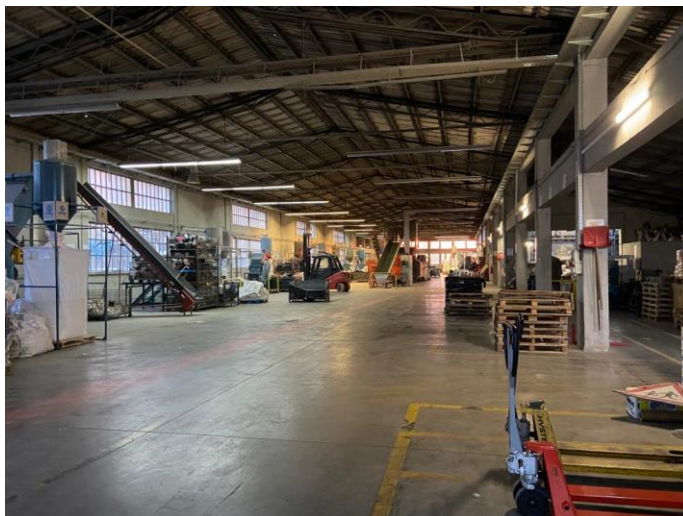
1. R3 (razvrstavanje, mljevenje, pranje, sušenje, granuliranje polietilena kao i razvrstavanje, mljevenje, sušenje i pranje polietilen-tereftalata i ostalog neopasnog otpada),
2. R12 (separacija i mljevenje čepova, odvajanje mljevenog polietilen-tereftalata iz etikete, odvajanje metala i nemetala iz flexa i iz polietilen-tereftalat boca) i
3. R13 (skladištenje otpada).

Svrha procesa R12 je mehanička obrada, odnosno odstranjivanje ambalaže tzv. deambalažiranje i sortiranje otpada, odstranjivanje neiskoristivih komponenti iz otpada kako bi se omogućila provedba naknadnih postupaka reciklaže, te smanjivanje volumena i pakiranje za transport procesima baliranja i prešanja. Nakon procesa R12, provodi se R3 čija svrha je mljevenje otpadne plastike u granulate pomoću radnih strojeva i dobivanje sirovine za proizvodnju plastičnih proizvoda. Sortirana i očišćena otpadna plastika se mehanički obrađuje radnim strojevima i opremom namijenjenoj mehaničkoj obradi (usitnjavanje, mljevenje, granuliranje). Usitnjena plastika nakon toga je podvrgnuta procesu čišćenja na ekstruderima (materijal se topi na temperaturi koja je određena za svaki polimer posebno), zatim prolazi kroz sita iz kojih izlazi krajnji produkt, granulat.

Tvrtka Pos-plast d.o.o. trenutno raspolaže sa 20 mlinova, 1 drobilicom, 3 preše i 2 stroja za granuliranje od kojih je jedan vidljiv na slici 2-4., dok je postrojenje vidljivo na slici 2-5.



Slika 2-4. Stroj za granuliranje tvrtke Erema (Pos-plast, 2021)



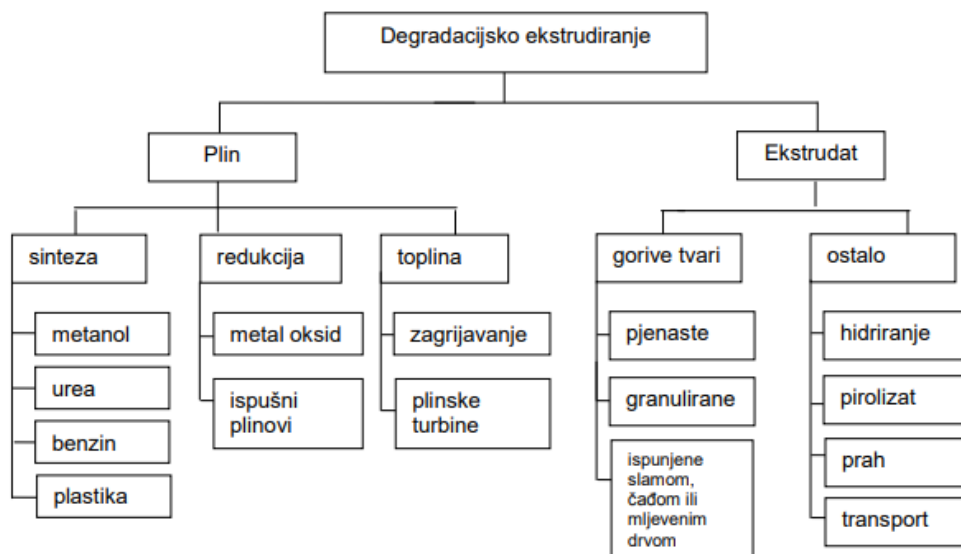
Slika 2-5. Postrojenje tvrtke Pos-plast d.o.o.

2.2. Kemijsko recikliranje

Kemijskim recikliranjem plastični otpad odnosno polimerni otpad se pretvara u originalnu sirovinu, monomer, koja se koristi za dobivanje drugih kemikalija ili sintetsko gorivo (plin, ulja). Uslijed kemijske reciklaže dolazi do izmjene molekulske strukture procesom depolimerizacije te izmjene oblika i funkcije primarnog proizvoda, a najvažniji postupci uporabe su (Hrnjak-Murčić, 2016):

1. hidroliza,
2. hidriranje,
3. rasplinjavanje plastičnog otpada i
4. piroliza.

Važno je napomenuti kako se plastični otpad prije kemijske reciklaže mora pripremiti što podrazumijeva čišćenje i sterilizaciju kako bi plastični otpad bio siguran za skladištenje ili daljnju uporabu. Također, plastični otpad mora biti oslobođen primjesa kako ne bi došlo do ometanja daljnjih procesa razgradnje. Prikladan postupak pripreme plastičnog otpada za kemijsko recikliranje je degradacijsko ekstrudiranje (Hrnjak-Murčić, 2016), vidljivo na slici 2-6., koje uključuje razgradnju plastičnog otpada u niskomolekulske plastomerne taljevine niske viskoznosti.



Slika 2-6. Postupak degradacijskog ekstrudiranja prilikom pripreme plastičnog otpada za kemijsku uporabu (Hrnjak-Murčić, 2016)

Treba naglasiti kako su ponekad troškovi kemijske reciklaže vrlo visoki te ukoliko se želi postići isplativost potreban je adekvatno organizirani sustav gospodarenja otpadom. Međutim, kemijska reciklaža privlači veliku pozornost kao metoda proizvodnje različitih frakcija goriva iz plastičnog otpada, jer su polimeri po svojoj građi pogodni za takvo tretiranje. Konkretno, polietilen (PE) je proučavan kao potencijalno sirovinsko sredstvo za proizvodnju benzina (Al-Salem i sur., 2009).

Prema Al-Salem i sur. (2009) glavna prednost kemijske reciklaže je mogućnost tretiranja heterogenih i onečišćenih polimera uz ograničeno provođenje predtretmana.

2.2.1. Hidroliza

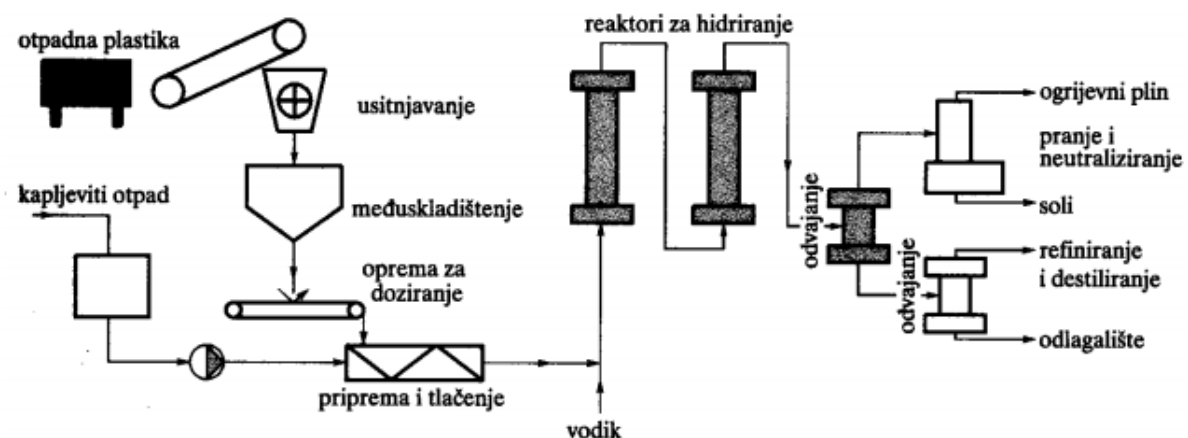
Prvi postupak kemijskog recikliranja koji će biti opisan u radu je hidroliza, kemijska reakcija vode pri čemu dolazi do cijepanja spoja hidrolizom i pucanja kemijskih veza, a nastaju dva ili više novih spojeva (Hrnjak-Murčić, 2016). Postupak hidrolize osobito je pogodan za kemijsku uporabu PET-a i PU pjene, a izvodi se u zagrijanoj okolini bez kisika što omogućuje razgradnju PU pjene i ostalog plastičnog otpada u plinove, ulja i krute tvari. Uporabom pregrijane pare (200 °C) PU pjena prelazi u dvofaznu tekućinu u samo 15 minuta (Al-Salem i sur., 2009). Također, postupak hidrolize PU pjene moguće je ubrzati dodavanjem vrlo male

količine litij-hidroksida. Međutim, najveći nedostatak je nedovoljna količina materijala za recikliranje zbog čega postupak nije gospodarski isplativ (Šercer i sur., 2000).

Ukoliko se postupak hidrolize koristi prilikom kemijske reciklaže PET-a, u uvjetima visoke temperature i tlaka uz natrijevu sol kao katalizator, dolazi do razgradnje na tereftalnu kiselinu (TPA) i etilen-glikol (EG). Glavni nedostaci hidrolize PET-a su veliki troškovi pročišćavanja tereftalne kiseline (TPA) i dugo trajanje postupka (Delva i sur., 2017). Tipovi hidrolize PET-a su lužnata, kisela i neutralna hidroliza.

2.2.2. Hidriranje

Postupkom hidriranja dolazi do kemijskog vezanja vodika na dvostruke $C = C$ veze. Degradacija miješane otpadne plastike u postupku hidriranja odvija se pri visokim tlakovima i temperaturi između 450 i 500 °C uz prisustvo vodika, a do cijepanja veza najprije dolazi na lako reaktivnim mjestima (npr. dvostruke veze) (Hrnjak-Murčić, 2016). Neki od mogućih krajnjih produkata hidriranja su benzin, dizelsko ulje, plin, koks i drugi petrokemijski proizvodi. Postupak hidriranja miješane otpadne plastike prikazan je na slici 2-7.



Slika 2-7. Postupak hidriranja miješane otpadne plastike (Hrnjak-Murčić, 2016)

Otpadna miješana plastika većinom se reciklira na način da se rabi pri izradi manje vrijednih proizvoda (zidovi za zaštitu od buke, signalni stupovi i ploče uz prometnice, učvršćivala tla i slično) što zapravo i nije stvarno recikliranje već se samo vremenski produljuje uporaba otpadne plastike. Stoga hidriranje nudi rješenje problema tako da se iz mješavine sintetiziranih organskih otpadnih tvari dobiju korisni petrokemijski proizvodi (Šercer i sur., 2000). Ulja i plinovi koji se dobivaju kao krajnji produkti hidriranja koriste se kao pogonska

goriva. Dobivena ulja su u pravilu znatno čistija od pirolitičkih ulja koja se dobivaju rafinacijom nafte. Vraćanje polimernih materijala u naftni oblik obećavajuće je polazno stajalište za ponovno dobivanje osnovnih tvari za proizvodnju visokovrijednih sirovina (Šercer i sur., 2000).

2.2.3. Piroliza

Piroliza je proces degradacije tj. raspadanja polimera pri temperaturama od 300 do 900°C u anaerobnim uvjetima odnosno bez prisustva kisika, osim kisika prisutnog u sirovini. Piroliza se općenito odvija na nižim temperaturama nego što je to slučaj kod rasplinjavanja (Đurđević i Jelavić, 2018). Proces započinje otpuštanjem lakih ugljikovodika, većinom metana (CH_4), zatim se otpušta kisik, vodik i ugljik iz slabijih veza dok pri višim temperaturama dolazi do otpuštanja i evaporacije složenijih ugljikovodika (Pigneri, 2014).

Piroliza se primjenjuje u slučaju plastičnog otpada koji se teško depolimerizira i koji se trenutno mehanički ne oporabljuje već spaljuje i/ili odlaže na odlagališta kao što su miješani PE, PP, PS, višeslojna ambalaža i poliuretanski građevinski otpad (Delva i sur., 2017). Plastična višeslojna ambalaža znatno je izazovnija za reciklažu u odnosu na nekadašnja metalna, staklena ili papirnata pakiranja koje je zamijenila.

U odnosu na mehaničko recikliranje, piroliza omogućuje reciklažu plastičnog otpada bez prethodnog pranja kao i heterogenog plastičnog otpada, što je ujedno i glavna prednost u odnosu na preostale metode recikliranja jer ekonomski održiva i zadovoljavajuća separacija je teško ostvariva.

Plastični otpad postupkom pirolize prelazi iz krutog u plinovito stanje, potom se hladi i kondenzira. Plin koji nastaje kao krajnji produkt uslijed pirolize otpada koji sadrži značajni udio sintetičkih materijala, kao što su guma i plastika, je visoke kalorijske vrijednosti. Nusprodukt pirolize je i pepeo koji sadrži ugljik i mineralni sadržaj izvorne sirovine te je istoga moguće zbrinuti "in situ" uz oslobađanje energetskog sadržaja ugljika ili ga je moguće iskoristavati u drugim termalnim procesima (Al-Salem i sur., 2009).

Uz gore navedene, piroliza pruža i niz drugih prednosti, kao što su operativne prednosti, prednosti za okoliš i ekonomske prednosti. Operativne prednosti odnose se na iskorištavanje preostalog pepela kao goriva ili sirovine za druge petrokemijske procese. Uzimajući u obzir ekološku prihvatljivost, piroliza pruža alternativno rješenje odlagalištima otpada i smanjuje emisiju stakleničkih plinova. Plin, koji nastaje kao krajnji produkt, visoke je kalorijske

vrijednosti te bi se mogao lako plasirati na tržište i koristiti u plinskim motorima za proizvodnju električne i toplinske energije što je ujedno i ekonomska prednost pirolize (Al-Salem i sur., 2009).

Međutim, postoje i određene prepreke i nedostaci vezani za pirolizu kao što je rukovanje pepelom koji nastaje kao nusprodukt te ekonomska isplativost iste samo u situacijama kada su kontinuirano dostupne velike količine plastičnog otpada.

2.2.4. Rasplinjavanje

Prema Delva i sur. (2017) postupkom rasplinjavanja sav otpad koji sadrži organski materijal razgrađuje se djelomičnom oksidacijom u plinovitu smjesu koja sadrži CO_2 , CO , H_2 , CH_4 i druge lake ugljikovodike. Proces je sličan pirolizi, ali kao produkt nastaje samo jedan zapaljivi plin te je sadržaj ugljika nizak, dok je u slučaju pirolize visok (Đurđević i Jelavić, 2018). Obično se kao sredstvo rasplinjavanja, odnosno oksidacijsko sredstvo, u postupku koriste kisik, zrak, dimni plin, vodena para i CO_2 , pojedinačno ili u kombinaciji (Hrnjak-Murčić, 2016). Međutim, korištenje zraka umjesto O_2 kao sredstva rasplinjavanja, ima nekoliko prednosti, ali i nedostatka kao što je veća brzina protoka plina koja rezultira manjom propusnošću i težom separacijom što negativno utječe na ukupne troškove te prisutnost inertnog N_2 što uzrokuje smanjenje kalorijske vrijednosti nastalog goriva (Al-Salem i sur., 2009). S druge strane, glavna prednost korištenja zraka je pojednostavljenje procesa i niži troškovi.

Plastični otpad podvrgnut procesu rasplinjavanja prolazi kroz nekoliko reakcija koje su i endotermne i egzotermne, međutim cjelokupni proces je endoterman (Delva i sur., 2017). Rasplinjavanje je proces parcijalne termičke degradacije tvari s nedovoljnom količinom kisika da bi gorivo u potpunosti oksidiralo tj. proces se odvija u podstehiometrijskim uvjetima. Bitno je napomenuti kako prilikom nepotpunog izgaranja omjer atoma kisika i ugljika mora biti veći od 1 kako bi se smanjila količina pepela koja nastaje.

Glavni produkt rasplinjavanja je plin koji sadrži CO , H_2 , CH_4 i ugljikovodike u tragovima poput etana i etena, zatim vodu, dušik i različite onečišćujuće tvari poput malih čestica ugljena, pepela, katrana i ulja. Sintezni plin koji nastaje rasplinjavanjem plastičnog otpada može se koristiti kao gorivo ili sirovina za proizvodnju vodika, metanola, amonijaka ili octene kiseline. Proces se odvija u rasplinjaču pod visokom temperaturom od 750 do 850 °C i tlakom u kojem se kisik ili zrak koriste kao sredstva rasplinjavanja. U rasplinjaču se odvija niz

kemijskih reakcija koje pretvaraju plastični otpad u sintezni plin i pepeo/šljaku (mineralne ostatke). Dobiveni sintezni plin nužno je očistiti od primjesa poput pepela, čađe, teških metala i kiselih plinova. Proces čišćenja je potreban kako bi se uklonili spojevi štetni za okoliš koji bi mogli čak dovesti i do korozije.

Prema Delva i sur. (2017) primjena postupka rasplinjavanja u industrijskim razmjerima za oporabu plastičnog otpada zahtijeva daljnje eksperimentalne radove kako bi se poboljšao dizajn opreme i optimizacija proizvoda. Jedna od problema je i značajna količina pepela koja nastaje kao nusprodukt postupka rasplinjavanja te zahtijeva daljnju obradu i/ili spaljivanje (Al-Salem i sur., 2009). Idealno postrojenje za kemijsku oporabu plastičnog otpada postupkom rasplinjavanja trebalo bi proizvoditi plin visoke kalorijske vrijednosti uz potpuno izgaranje pepela bez potrebe za dodatnim instalacijama za smanjenje zagađenja vode ili zraka.

2.3. Energetska uporaba

Prema Al-Salem i sur. (2009) energetska uporaba podrazumijeva spaljivanje otpada za proizvodnju energije u obliku topline, pare i električne energije. Energetska uporaba plastičnog otpada sa štetnim sastojcima omogućuje sigurno uklanjanje istog iz ekološkog kružnog toka uz očuvanje prostora za nužna odlaganja (Šercer i sur., 2000). Plastični otpad posjeduje vrlo visoku kalorijsku vrijednost, posebno ako se uzme u obzir da je isti deriviran iz sirove nafte te se upravo iz tog razloga spaljivanje smatra jednim od vrlo perspektivnih načina uporabe plastičnog otpada. Također, energetsom uporabom plastičnog otpada sprječava se stvaranje dušikovih oksida koji inače nastaju u termoelektranama na ugljen (Hrnjak-Murčić, 2016). Iako se spaljivanje plastičnog otpada čini privlačnom metodom recikliranja, brojni ekološki problemi su povezani sa istim. Uglavnom je riječ o potencijalnom onečišćenju okoliša uslijed emisije CO₂ i SO_x (Al-Salem i sur., 2009). Također, poznato je da se izgaranjem plastičnog otpada stvaraju hlapljivi organski spojevi, teški metali vezani u česticama, policiklički aromatski ugljikovodici, klorfurani i dioksini. Uslijed izgaranja plastičnog otpada, kao na primjer PVC, postoji mogućnost nastanka dioksina i furana zbog klora koji se nalazi u otpadu, međutim ukoliko se spaljivanje provodi u kontroliranim uvjetima i pri vrlo visokim temperaturama, znatno se smanjuje mogućnost nastanka istih.

U industriji se susreću tehnološki procesi koji održavaju vrijednosti emisija onečišćujućih tvari uslijed spaljivanja plastičnog otpada ispod dozvoljenih (propisanih)

graničnih vrijednosti emisija (GVE) tj. ispuštaju vrlo niske koncentracije štetnih tvari u okoliš. Zbog sve većih problema s otpadom, očito je da će se morati uzeti u razmatranje razvoj energetske uporabe otpada, a neke od prednosti takve uporabe su (Šercer i sur., 2000):

1. spaljivanjem se otpad sterilizira, dok se na odlagalištima odvija nekontrolirana emisija štetnih tvari,
2. gotovo sav sadržaj ugljika prelazi u CO₂ u odnosu na odlagališta gdje se pod normalnim uvjetima stvara i emitira metan CH₄ te
3. spalionice otpada se mogu promatrati kao elektrane koje koriste pretežno obnovljive organske izvore (kućni otpad, mnoge vrste tekstila i papir) čime je povećan fotosintetski porast apsorpcije CO₂ iz atmosfere, što pridonosi smanjenju efekta staklenika.

3. SUSTAV GOSPODARENJA PLASTIČNIM KOMUNALNIM OTPADOM U GRADU OSIJEKU

Primarna selekcija i odvojeno prikupljanje korisnih sirovina iz otpada nastalog u kućanstvima, ali i iz uslužnih djelatnosti, u gradu Osijeku započinje tijekom 1994. godine. Osim spremnika za odvojeno prikupljanje papira i stakla, vidljivih na slici 3-1., u užem centru grada organizirano je prikupljanje ambalažnog papira u svežnjevima, koje su trgovci i obrtnici ostavljali ispred svojih radnji (Škugor, 2016).



Slika 3-1. Prvi spremnici za papir i staklo u Osijeku (Škugor, 2016)

Prvo reciklažno dvorište u gradu Osijeku izgrađeno je krajem 1996. godine te su građani mogli odložiti određene vrste otpada nastale u kućanstvu:

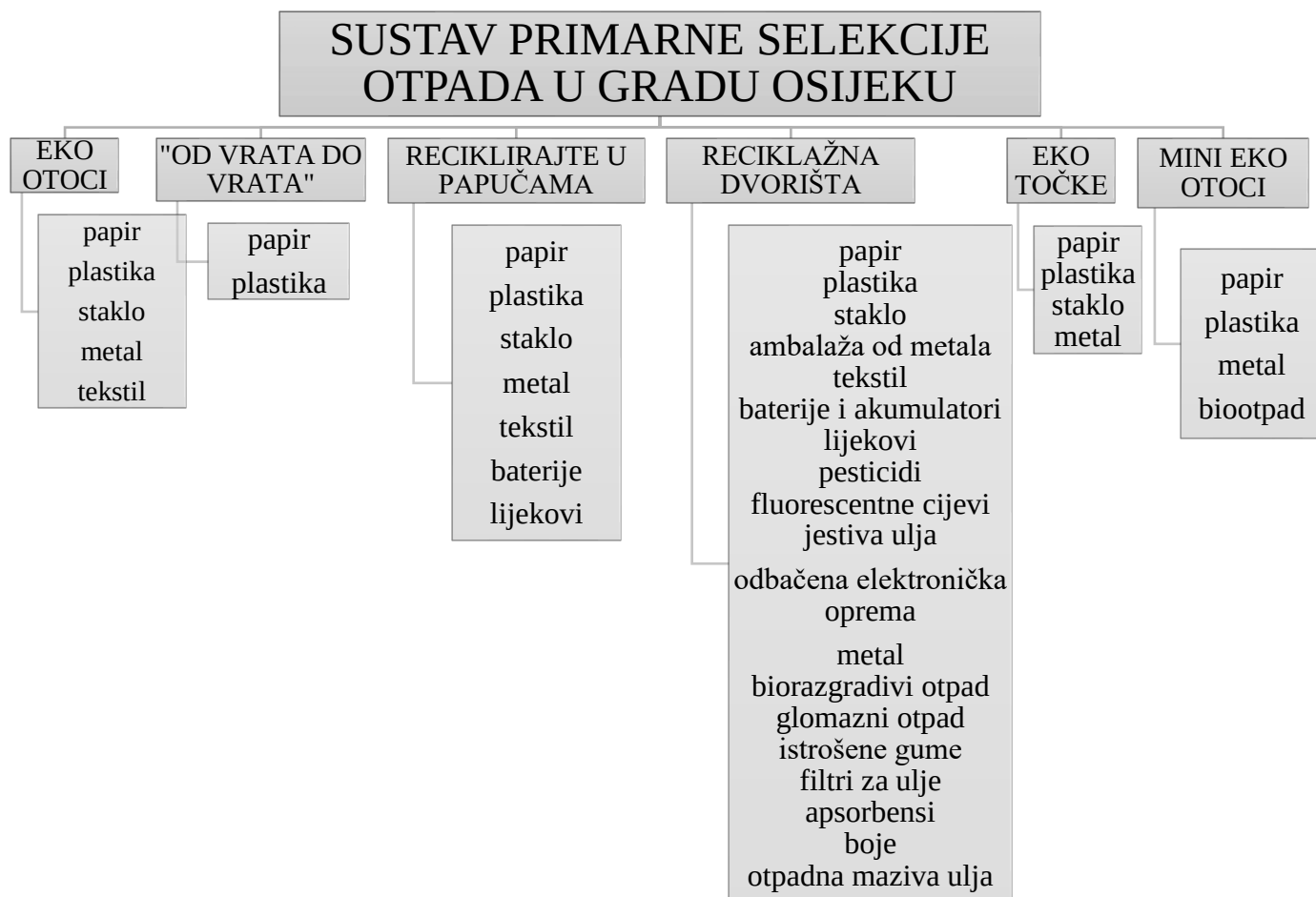
1. otpadni papir i karton,
2. otpadno staklo,
3. PET ambalaža,
4. PE folije,
5. metalne limenke,
6. glomazni otpad te
7. akumulatore i staro otpadno ulje.

Do 2005. godine u gradu Osijeku povećan je broj spremnika za odvojeno prikupljanje otpadnog papira, stakla, metalne i PET ambalaže. Plavi spremnici za prikupljanje otpadnog papira postavljeni su u paru sa zelenim spremnicima za prikupljanje otpadnog ambalažnog stakla, dok su za prikupljanje metalne i PET ambalaže postavljeni mrežasti spremnici u kojima se nalaze PE-vreće koje se nakon punjenja zajedno sa ambalažom iz spremnika odvoze u privremeno skladište (Škugor, 2016). Također, na slici 3-2. vidljivi su reciklažni otoci u sklopu kojih su postavljeni spremnici za otpadni papir, otpadno ambalažno staklo, PET i metalnu ambalažu na nekoliko lokacija u gradu.



Slika 3-2. Nekadašnji reciklažni otok (Škugor, 2016)

Daljnji razvoj primarne selekcije otpada omogućen je uspostavom reciklažnih dvorišta, u kojima je moguće odlaganje dvadesetak vrsta različitog odvojenog otpada, i novih elemenata sustava kao što su eko točke i mini eko otoci. Međutim, najznačajniji napredak postignut je razvojem sustava prikupljanja otpada metodom „od vrata do vrata“ kojom se prikupljaju stari papir i plastika, dok se metal, staklo i tekstil prikupljaju putem eko otoka, eko točki ili mini eko otoka. Ukoliko se stambena zgrada sastoji od 100 i više stanova, organizirano se prikupljaju papir, metal, plastika, staklo, tekstil, baterije, lijekovi i biootpad.



Slika 3-3. Shema sustava primarne selekcije otpada u gradu Osijeku (Škugor, 2016)

Stare baterije i akumulatori, stari lijekovi, otpadne gume, EE otpad, fluorescentne cijevi kao i glomazni otpad mogu se odložiti na reciklažnim dvorištima, a građanima u gradu Osijeku trenutno su na raspolaganju tri reciklažna dvorišta. Shema cjelokupnog sustava primarne selekcije komunalnog otpada u gradu Osijeku prikazana je na slici 3-3.

U provedbi analize sustava gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom korišteni su ustupljeni podaci tvrtke „Unikom“, „Folding“ te „Drava International“ kao i podaci iz projekata u području odvojenog sakupljanja i materijalne oporabe plastičnog komunalnog otpada.

3.1. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „Unikom d.o.o.“ Osijek

Komunalno poduzeće „Unikom d.o.o.“ Osijek ima osnovnu zadaću brinuti o čistoći, urednosti i ljepoti gradskih ulica, parkova i drugih javnih i zelenih površina (Unikom, 2014). Pored sakupljanja i odvoza komunalnog otpada, usluge koje poduzeće pruža su održavanje čistoće javno prometnih površina na području grada Osijeka, javnih zelenih površina i fontana, zimsko održavanje nerazvrstanih cesta i javnih pješačkih površina te sanacija divljih deponija.

Ciljani dio istraživanja je analiza sustava gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom kojeg u gradu Osijeku provodi komunalno poduzeće „Unikom d.o.o.“, kao i analiza količina istoga prije i nakon uvođenja sustava prikupljanja otpada metodom „od vrata do vrata“. Sustav prikupljanja plastičnog komunalnog otpada metodom „od vrata do vrata“ u gradu Osijeku započeo je 2013. godine, dok je do tada odvojeno prikupljanje plastike bilo organizirano putem eko otoka. Građanima su podijeljene žute kante u koje se mogu odložiti: boce bezalkoholnih pića i napitaka, omekšivača, šampona, prehrambenih proizvoda, odnosno sva ambalaža koja na sebi ima jednu od oznaka da se može reciklirati dok se PET ambalaža prikuplja kroz otkup uz povratnu naknadu.

U žute posude (slika 3-4.) zabranjeno je odlagati plastičnu ambalažu motornih ulja, zaštitnih sredstava (pesticida, herbicida, insekticida, itd.), drugih otrova i slično (Škugor, 2016).



Slika 3-4. Žuta kanta za prikupljanje plastičnog otpada u kućanstvima (Škugor, 2016)

Tablica 3-1. Količina plastičnog otpada prikupljena u reciklažnom dvorištu 1997. godine (Škugor, 2016)

Vrsta otpada	Količina (t)
Plastične boce	1,4
Različiti predmeti od plastike	4,4

Kada je krajem 1996. godine u Osijeku izgrađeno prvo reciklažno dvorište, građanima je omogućeno da otpad nastao u kućanstvu, pa tako i PET ambalažu i PE foliju, dovezu i odlože u odgovarajuće spremnike i posude. Ostvarene količine odvojeno prikupljenog plastičnog otpada godinu dana nakon što je izgrađeno prvo reciklažno dvorište vidljive su u tablici 3-1.

Prema tadašnjim planovima, sakupljena PE folija se sortirala na bijelu i šarenu, balirala i slala na preradu. Do 2005. godine PET ambalaža se prikupljala u mrežastim spremnicima u kojima su se nalazile PE-vreće koje su se nakon punjenja vadile zajedno s ambalažom iz spremnika i odvozile u privremeno skladište. Spremnici su u pravilu bili postavljeni ispred većih stambenih objekata, trgovačkih objekata, škola i sportsko rekreacijskih centara. U sklopu reciklažnih otoka, koji su bili postavljeni na nekoliko lokacija u gradu, postavljeni su spremnici

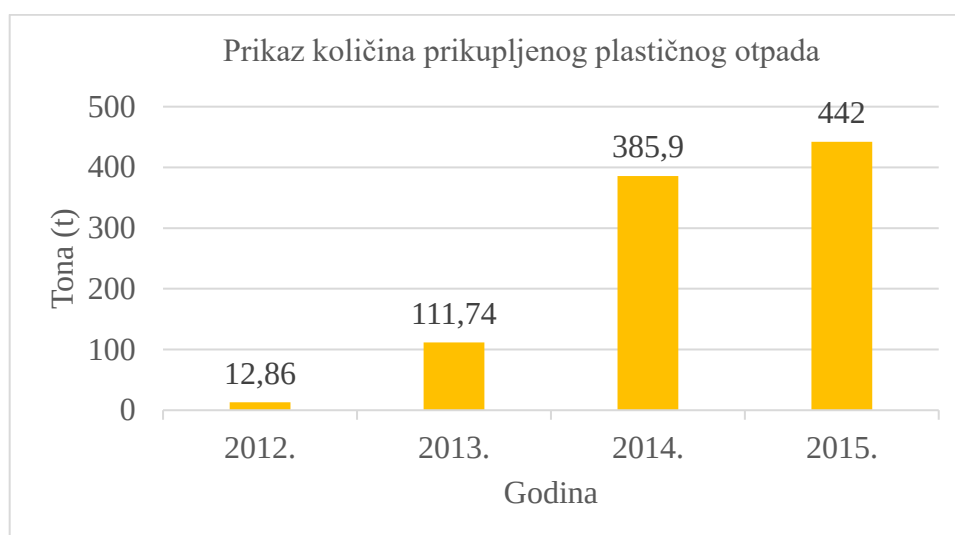
za odvojeno prikupljanje otpada, između ostalog i PET ambalaže. Primjena adekvatno razvijenog sustava primarne selekcije otpada u gradu Osijeku započinje 2010. godine sa sanacijom postojećih reciklažnih otoka, nakon čega se u travnju 2013. godine odvojeno prikupljanje korisnog otpada od građana metodom „od vrata do vrata“ proširilo i na plastiku. Iako su građanima prvotno podijeljene žute PVC vrećice od 80 l i 120 l za odvojeno prikupljanje plastike, 2014. godine u sklopu projekta “The Case for Zero Waste – Creating preconditions for zero waste society in cross border region“ sve zgrade u gradu Osijeku dobile su žute kante za odvojeno prikupljanje plastike (Škugor, 2016).

Najveći napredak u količinama prikupljenog plastičnog otpada na području grada Osijeka postignut je uvođenjem odvojenog sakupljanja otpada metodom „od vrata do vrata“ kao što je vidljivo u tablici 3-2. i na slici 3-5. Ukoliko usporedimo prikupljene količine u 2013. godini s količinama iz 2012. godine uočiti ćemo porast za više od 700% što vremenski upravo odgovara uvođenju odvojenog sakupljanja otpada metodom „od vrata do vrata“. Također, znatan porast u količinama odvojeno prikupljenog plastičnog otpada vidljiv je u 2014. godini kada su svim stambenim zgradama u Osijeku dodijeljene žute kante. Kontinuirani porast odvojeno sakupljenog plastičnog otpada, prvenstveno PET ambalaže, vidljiv je iz godine u godinu što se može pripisati implementaciji razvijenog sustava primarne selekcije u gradu Osijeku.

Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom u kojem je bio definiran cilj povećanja recikliranja na minimalno 50% do 2020. godine te na temelju dosadašnjih postignutih rezultata primarne selekcije otpada, u gradu Osijeku je bila izrađena projekcija količina odvojeno prikupljenog otpada do 2020. godine koje su vidljive u tablici 3-3. Projekcija količina odvojeno prikupljenog otpada do 2020. godine izrađena je na temelju količine ukupno sakupljenog otpada u gradu Osijeku 2014. godine koji je iznosio 25 602, 34 t.

Tablica 3-2. Količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2012. do 2015. godine na području grada Osijeka (Unikom d.o.o., 2021b)

Godina	Količina prikupljenog plastičnog otpada (t)
2012.	12,86
2013.	111,74
2014.	385,9
2015.	442



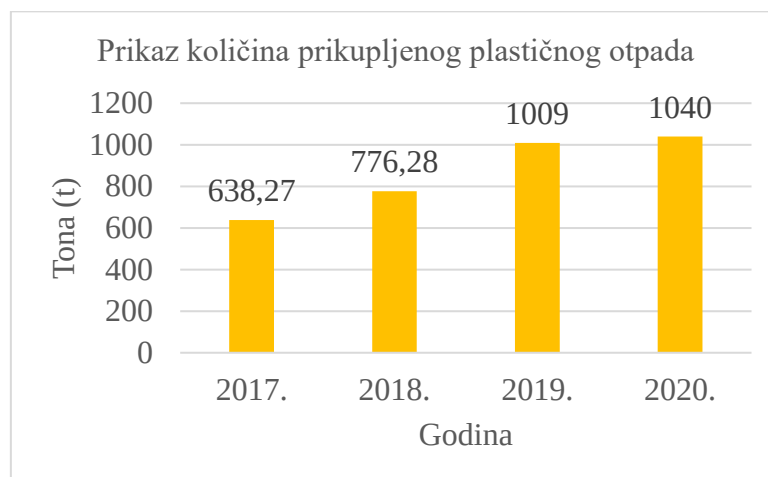
Slika 3-5. Prikaz količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2012. do 2015. godine na području grada Osijeka(Unikom d.o.o., 2021b)

Tablica 3-3. Projekcija količina plastičnog otpada prikupljenog. do 2020. godine na području grada Osijeka (Škugor, 2016)

Vrsta otpada	Godina				
	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.
Plastika	500,00	600,00	800,00	1000,00	1200,00
% odvojeno prikupljenog otpada	17,50	24,10	32,34	41,83	50,00

Tablica 3-4. Količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2016. do 2019. godine na području grada Osijeka (Unikom d.o.o., 2021b)

Godina	Količina prikupljenog plastičnog otpada (t)
2016.	454,39
2017.	638,27
2018.	776,28
2019.	1009
2020.	1040



Slika 3-6. Prikaz količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2016. do 2019. godine na području grada Osijeka (Unikom d.o.o., 2021b)

Iako je gore navedenom projekcijom planirano ostvarenje definiranog cilja u cijelosti, odnosno povećanje recikliranja na minimalno 50% do 2020. godine kao smanjenje količina ostatnog miješanog komunalnog otpada, isti u pojedinim godinama nije bio postignut, kao što je vidljivo u tablici 3-4. i na slici 3-6. Uspoređujući projiciranu količinu plastičnog otpada za 2016. godinu, koja iznosi 500,00 t, sa stvarnim količinama prikupljenog plastičnog otpada za istu godinu uočiti ćemo kako definirani cilj nije ostvaren te je prikupljeno 454,39 t. Također, niti u 2018. godini definirani cilj nije postignut, međutim u 2017. godini te 2019. godini prikupljeno je više tona plastičnog otpada u odnosu na projicirane količine. Porast količina odvojeno

prikupljenog plastičnog otpada nastavio se i u 2020. godini, međutim nedovoljno da se ostvari definirani cilj.

Zahvaljujući naporima koji se ulažu u razvoj sustava gospodarenja otpadom, grad Osijek je uvršten od strane međunarodne mreže „Zero Waste Europe“ među 302 grada i 6.971.424 građana koji su prihvatili „Zero Waste“ koncept u Europskoj Uniji (Škugor, 2016).

Otpad iz kućanstva koji prikupi komunalno poduzeće „Unikom d.o.o.“ predaje se ovlaštenom sakupljaču tvrtki „Folding“ na daljnje postupke oporabe i zbrinjavanja.

3.2. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „Folding d.o.o.“ Osijek

Tvrtka Folding d.o.o. osnovana je 1996. godine u Osijeku, te je 2012. godine podijeljena u dva segmenta poslovanja, transportne usluge i gospodarenje neopasnim otpadom. Usluge koje nude su sakupljanje, sortiranje, baliranje i skladištenje nekoliko vrsta neopasnog otpada. Osim za gospodarenje plastičnim ambalažnim otpadom (PET, PP, HDPE bočice te LDPE folije), tvrtka je certificirana i za gospodarenje svim vrstama papirnatog otpada (ambalažni, tiskarski, arhiva i sl.). Pogon sa suvremenom sortirnicom kapaciteta preko 800 t mjesečno sa sortirnom trakom s deset radnih jedinica omogućuje prihvrat različitih vrsta otpada. U sklopu pogona nalazi se i potpuno automatizirana 60 tonska preša te i sva ostala potrebna mehanizacija za manipulaciju navedenog otpada (Folding, 2021.).

Nakon što komunalno poduzeće „Unikom“ prikupi primarno selektirani otpada, pa tako i miješanu komunalnu plastiku, vozilima se otpad u rasutom stanju dovozi u tvrtku „Folding“ na adresi Osječka 215, Josipovac.



Slika 3-7. Sortirnica neopasnog otpada tvrtke „Folding d.o.o.“ Osijek (Folding, 2021)

Miješana komunalna plastika se potom važe i skladišti, nakon čega slijedi sortiranje u sortirnici neopasnog otpada, vidljivoj na slici 3-7., na nekoliko tržišno isplativih frakcija. Tržišno isplative frakcije predstavljaju materijale za koje postoji potražnja na tržištu reciklažera. Inače sva otpadna plastika, kao i papir i druge sirovine, su burzovna roba i njihova vrijednost ovisi o tržišnim kretanjima, ponudi i potražnji.

Tržišno isplative frakcije koje se sortiraju u „Folding d.o.o.“ Osijek ((Folding d.o.o., 2021b):

1. LD-PE 98/2 (folija natur- prozirna),
2. LD-PE 50/50 (folija miješana - različitih boja),
3. PET natur (pet bočice bezbojne transparentne),
4. PET mix (pet bočice obojene transparentne),
5. PET opaque (pet od mlijeka - s dodatnim slojem),
6. HD-PE bočice (deterdženti, kanistri i sl.),
7. PP bočice (različita ambalažna pakiranja) i
8. ostali materijali ovisno o tržišnoj potražnji (npr. stiropor).

Nakon sortiranja tržišno isplativih frakcija na sortirnoj liniji, isti se baliraju automatiziranim prešama velikog pritiska koje kompromiraju materijal u bale standardnih veličina 120 × 100 cm i težine cca 250 kg te potom skladište. Baliranje svake vrste plastike

provodi se zasebno kao što je vidljivo na slici 3-8. Materijal se isporučuje na uporabu u reciklažne tvornice nakon prikupljanja dovoljnih količina (cca 12 t) po materijalu. Količina sortiranih frakcija iznosi 250 t na godišnjoj razini (Folding d.o.o., 2021b).

Udio pojedinih tržišno isplativih frakcija u ukupnoj količini sortiranih frakcija iznosi:

- 40% ambalažna folija – LD-PE različitih boja,
- 35% PET bočice različitih boja (natur + mix) te
- 25% HD-PE i PP bočice mix.



Slika 3-8. Sortirani i balirani plastični otpad (Folding, 2021)

S obzirom da se ovdje radi o post komunalnoj plastici, ista se isporučuje u tvornice koje imaju sustav pranja kroz koji sirovina mora proći. Nakon toga se vrši mljevenje, a potom granuliranje, odnosno proces mehaničkog recikliranja plastičnog otpada koji je opisan ranije u

poglavlju 2.1. Granulat je finalna sirovina iz koje se postupkom brizganja ili puhanja stvara novi ambalažni proizvod po želji proizvođača.

Važno je napomenuti kako se na tržištu nalazi jako puno vrsta plastike i dosta nerekiclabilnih materijala ili ponekad samo tržišno neisplativih frakcija. Sveprisutni problem zadnjih nekoliko godina je i velika količina ambalaže s oznakom 7 (other), što označava mješavinu materijala i mogućnost recikliranja gotovo da i ne postoji. Također, Republika Hrvatska još uvijek nije razvila adekvatno i dugoročno rješenje vezano uz problematiku ostatka od sortiranja komunalnog plastičnog otpada koji je u postotku velik (Folding d.o.o., 2021b).

U tvrtki „Folding“ ističu kako je kvalitetna spalionica rješenje gomilanju otpada na deponijima, te jedan oblik spaljivanja materijala čak i postoji u Našicama u sklopu cementare, međutim nisu svi materijali pogodni za spaljivanje, a prepreka je prisustvo klorida koje je poprilično u miješanoj komunalnoj plastici. Uz kvalitetnu spalionicu neophodno je i reguliranje ambalaže koje proizvođači stavljaju na tržište što je moguće zakonski urediti na način da se dopuste samo reciklabilni materijali te oni tržišno isplativi.

Dio komunalnog plastičnog otpada, nakon sortiranja tržišno isplativih frakcija i baliranja, tvrtka „Folding“ dostavlja na daljnju uporabu tvrtki „Drava International“, dok HD-PE i PP plasiraju na europsko tržište.

3.3. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „Drava International d.o.o.“ Osijek

Tvrtka „Drava International d.o.o.“ Osijek ovlaštena je za obavljanje djelatnosti sakupljanja, uporabe i druge obrade postupcima S, PP, R12, R13 i R3 za neopasni otpad (Fundurulja i sur., 2018) koji su detaljnije opisani u tablici 3-5.

Tablica 3-5. Opis pojedinog procesa i kapaciteta procesa po postupcima (Fundurulja i sur., 2018)

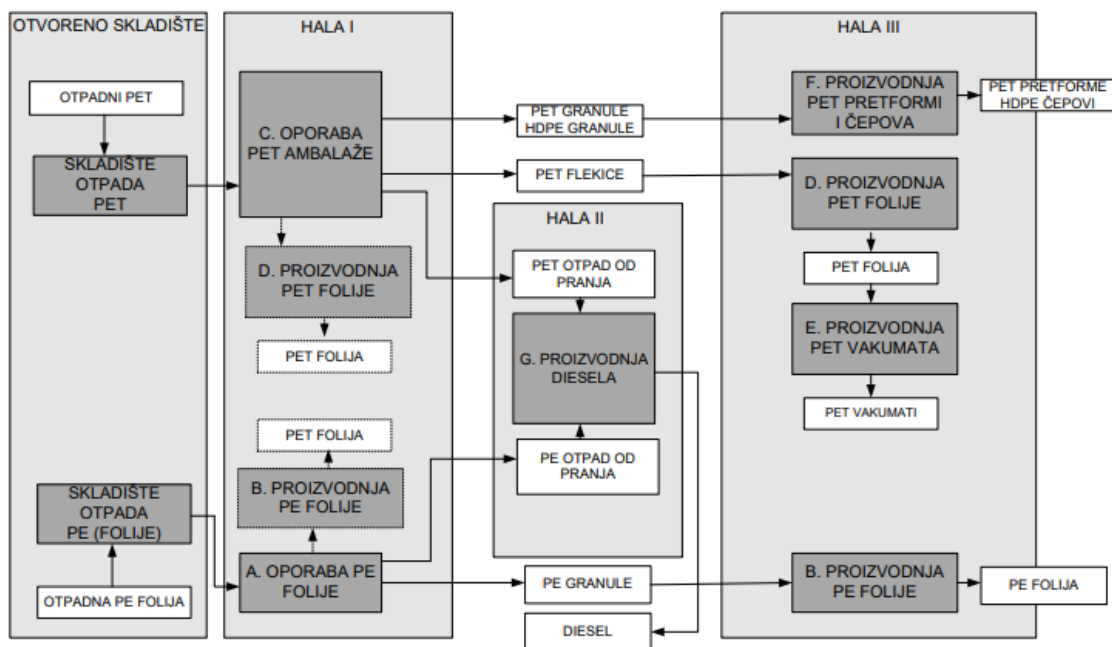
Postupak	Oznaka procesa	Naziv tehnološkog procesa	Kapacitet procesa
S	S 1	Prikupljanje otpada	∞
	S 2	Prihvat otpada	260 000 t/god
PP	P 1	Razvrstavanje otpada	260 000 t/god

R3	A-1	Razvrstavanje, mljevenje, pranje, sušenje i granuliranje PE	100 000 t/god
		Razvrstavanje, mljevenje, pranje i sušenje PET i ostalog neopasnog otpada	160 000 t/god
R12	B 1	Separacija i mljevenje čepova	6000 t/god
	B 2	Odvajanje mljevenog PET-a iz etiketa	6000 t/god
	B 3	Odvajanje metala i nemetala iz flexa i PET boca	6000 t/god
R13	C 1	Skladištenje otpada	187 500 m ³

Tvrtka „Drava International“ primarno se bavi oporabom otpadne folije kao i otpadne PE folije te otpadne PET ambalaže, odnosno sakupljanjem, skladištenjem, razvrstavanjem i oporabom otpada ključnog broja 15 01 02 – ambalaža od plastike (Anić Vučinić i sur., 2014). Tvrtka trenutno oporabljuje otprilike 32 400 t/god otpadne ambalaže od plastike, međutim maksimalni kapacitet postrojenja iznosi otprilike 124 560 t/god (Anić Vučinić i sur., 2014).

Oporaba ambalaže od plastike odvija se kroz niz povezanih tehnoloških procesa koji su prikazani na slici 3-9., a možemo ih podijeliti na sljedeće podjedinice:

- A. oporaba PE folije,
- B. proizvodnja PE folije,
- C. oporaba PET ambalaže,
- D. proizvodnja PET folije,
- E. proizvodnja PET vakumata,
- F. proizvodnja PET pretformi i čepova te
- G. proizvodnja diesela.



Slika 3-9. Skladištenje, razvrstavanje i uporaba neopasnog otpada ključnog broja 15 01 02 - ambalaža od plastike (Anić Vučinić i sur., 2014)

Oporabom sortirane otpadne ambalaže dobiva se granulirani materijal koji se u daljnjem postupku proizvodnje iskorištava za dobivanje novih gotovih proizvoda ovisno o potrebama tržišta. Tijekom postupka recikliranja otpada odnosno proizvodnje novih proizvoda nastali ostaci (čepovi, etikete i sitno mljeveni PET) koriste se kao sirovina za proizvodnju sintetičkog diesela postupkom katalitičke depolimerizacije, te tako dobiveni diesel udovoljava svim karakteristikama eurodiesela na benzinskim crpkama, bez sumpora i drugih štetnih primjesa. Također, voda korištena u tehnološkim procesima proizvodnje vraća se u postrojenje za obradu otpadnih voda, obrađuje te se kao pročišćena voda ponovna vraća na početak procesa, a mali dio pročišćene vode odlazi u sustav javne odvodnje. Za proizvodnju dijela gotovih proizvoda koriste se aditivi i bojila te originalne PET granule (Anić Vučinić i sur., 2014).

3.3.1. Oporaba PE folije u tvrtki „Drava International d.o.o.“ Osijek

Selekcija i sortiranje PE folije provodi se po boji i vrsti materijala, te se zatim sortirana otpadna PE folija dalje transportira na trgač koji foliju kida u komadiće veličine 150-300 mm kako bi mogla transportnim trakama doći do uređaja za pretpranje. Uređaj na osnovu metode pluta-tone omogućuje razdvajanje krutih tvari od PE folije koje tonu u taložni tank. Eventualne

etikete i bilo što zalijepljeno ili na bilo koji drugi način u čvršćoj vezi s PE komadima folije odvaja se centrifugom nakon čega slijedi transport u mlin koji PE komade folije melje na veličinu 30-60 mm. Zatim slijedi sušenje materijala i dodatno čišćenje od mehaničkih nečistoća dok se završno pranje i ispiranje mehaničkim vitlima odvija u kadi za pranje. Mehaničke nečistoće, odnosno sav otpadni PE, iskorištavaju se dalje u procesu proizvodnje diesela. Hidraulična preša materijal priprema za završno usitnjavanje na listiće veličine 15-25 mm te konačno sušenje u termo jedinicama. Osušeni listići PE ulaze u ekstruder gdje se tale i pomoću vakuuma oslobađaju zaostale vlage te se na izlazu iz ekstrudera odvija konačno filtriranje materijala granulacije 40 - 60 μm . Uređaj se u cijelosti nalazi pod vodom što omogućuje dobivanje izrezanih ili formiranih granula koje se dalje transportiraju kroz selektor za veličinu do silosa za punjene velikih vreća, nakon čega kreće postupak ukidanja statusa otpada za napravljene granule i flekice. Maksimalni mjesečni kapacitet linije za oporabu PE folije iznosi 1400 t (Anić Vučinić i sur., 2014).

3.3.2. Proizvodnja PE folije u tvrtki „Drava International d.o.o.“ Osijek

Granulirani PE transportira se do sustava za kontinuirano doziranje ekstrudera gdje se grije na određenu temperaturu te zatim dalje transportira do sustava za filtriranje kojim se odstranjuju sve mehaničke nečistoće iz otopljenog materijala. Sustav za doziranje dodatno je opremljen uređajima za dodavanje aditiva i bojila. Ekstruderom, uz pomoć unutarnjeg zraka i vanjskog hlađenja te ovisno o brzini izvlačenja materijala, dobiva se folija određene širine i debljine (Anić Vučinić i sur., 2014). Folija se dalje transportira do uređaja koji ju priprema za tisak ukoliko je ista predviđena za tisak, nakon čega odlazi do odjela za konfekcioniranje gdje se formiraju vreće i vrećice različitih veličina i oblika ovisno o zahtjevima kupca. Maksimalni kapacitet tehnološke linije za proizvodnju PE folije iznosi 1200 t/mjesečno (Anić Vučinić i sur., 2014).

3.3.3. Oporaba PET ambalaže u tvrtki „Drava International d.o.o.“ Osijek

Tehnološki proces oporabe otpadne PET ambalaže započinje sortiranjem rasute ambalaže u optičkoj sortirnici, vidljivoj na slici 3-10., koja detektira različite boje otpadne PET ambalaže i propuhivanjem sortira ambalažne boce po boji (Anić Vučinić i sur., 2014). Učinkovitost sortiranja putem optičke sortirnice iznosi oko 98% što je dovoljno za finu selekciju u narednim etapama proizvodnog procesa (Fundurulja i sur., 2018). Također, optička sortirnica ima i senzore koji izbacuju PVC, PS te traku za odvajanje etiketa.



Slika 3-10. Sortirnica u pogonu „Drava International d.o.o.“ Osijek (Ptiček Siročić i sur., 2016)

PET ambalaža se melje na frakcije dimenzije 8-12 mm u mlinu pod vodom nakon čega se transportira u centrifugu na cijedenje, sušenje te se mehanički odvajaju komadići etiketa, a očišćeni PET listići idu u daljnju obradu. Daljnji proces obrade odvija se na način da se PET listići razdvajaju po specifičnoj težini na materijale lakše od vode (čepovi i druge plastične primjese) i PET koji tone. Zagrijavanjem PET listića na 78 °C uz stalno centrifugiranje u potpunosti se izdvaja ljepilo i ostale nečistoće, a PET flekice idu na daljnje ispiranje. Završno čišćenje PET listića odvija se kroz (Anić Vučinić i sur., 2014):

1. vertikalni zračni selektor,
2. vibracijsku stanicu,

3. magnetni detektor i
4. infracrveni odjeljivač.

Vertikalni zračni selektor služi za izbacivanje nečistoća tankih stijenki, dok se u vibracijskoj stanici odvajaju PET listići koji odstupaju od veličine 8-12 mm. Magnetni detektor odvaja čestice metala, a infracrveni odjeljivač PET listiće neželjene boje. Zadnji korak mehaničke oporabe otpadne PET ambalaže je pakiranje mljevenih prozirnih i šarenih PET listića u velike vreće što je vidljivo na slici 3-11.

Maksimalni kapacitet tehnološke linije za uporabu PET ambalaže iznosi 3600 t/mjesečno, dio PET flekica koristi se za proizvodnju PET folije, dok se manji dio PET flekica zajedno s HD-PE granulama koristi dalje za proizvodnju PET pretformi i čepova koji se dobivaju postupkom brizganja. Brizganjem se dobije određena pretforma iz koje se daljnjim zagrijavanjem i puhanjem dobiva određeni oblik i volumen boce (Anić Vučinić i sur., 2014).



Slika 3-11. Pakiranje mljevenih prozirnih i šarenih PET listića u velike vreće (Ptiček Siročić i sur., 2016)

3.3.4. Proizvodnja PET folije u tvrtki „Drava International d.o.o.“ Osijek

Ovisno za koji će se tip proizvoda koristiti predmetna folija, sirovina za proizvodnju iste je reciklirana PET ambalaža ili originalni granulat, jer ukoliko se radi o proizvodima za držanje hrane i svim ostalim proizvodima koji dolaze u direktni kontakt s hranom neophodno je koristiti originalni granulat. PET folija proizvedena iz reciklirane PET ambalaže koristit se za proizvodnju vreća za smeće ili građevinske folije.

PET flekice ili originalni granulat iz velikih vreća se transportiraju u ekstruder opremljen grijačima i sustavom za održavanje konstantne zadane temperature što omogućava omekšavanje PET-a i uklanjanje zaostale vlage. Eventualne zaostale mehaničke nečistoće uklanjaju se uz pomoć filtera te se putem pritiska PET transportira dalje gdje se materijal s gornje i donje strane oblaže novim materijalom te se naknadno određuje debljina i širina folije. Potreba debljina folije postiže se uz pomoć pritiska, dok se hlađenjem postiže određena prozirnost folije. Proces proizvodnje PET folije završava namotavanjem iste na kartonske tuljke nakon čega slijedi transport do kupca ili daljnja obrada u pogonu za proizvodnju vakumata. Prema Anić Vučinić i sur. (2014) vakumiranjem se iz ravne folije postiže željeni oblik, a najčešće se radi o posudicama za pakiranje prehrambenih proizvoda. Međutim kako bi se PET folija mogla formirati u željeni oblik najprije ju je potrebno zagrijati na određenu temperaturu koja ovisi o debljini i vrsti folije. 87% dobivenih posudica za pakiranje prehrambenih proizvoda se izvozi van granica Republike Hrvatske.

Maksimalni kapacitet tehnološke linije za proizvodnju PET folije iznosi 1900 t/mjesečno, dok za proizvodnju PET vakumata iznosi 800 t/mjesečno (Anić Vučinić i sur., 2014).

4. SUSTAV GOSPODARENJA PLASTIČNIM KOMUNALNIM OTPADOM U GRADU ZAGREBU

Recikliranje na mjestu nastanka i primarna selekcija otpada nastalog u kućanstvima uvodi se kao Pilot projekt 1988. godine u općini Trešnjevka (Zagreb), dok se sustav odvojenog prikupljanja korisnih sirovina iz otpada značajnije razvija osnivanjem tvrtke ZGO, gospodarenje otpadom i zaštita okoliša 1991. godine (Fundurulja, 2009). Osnivanje tvrtke rezultiralo je najboljim rezultatima do tada s izdvajanjem oko 15% otpada, međutim tvrtka je prekinula s radom 2000. godine što dovodi do bitnog pada reciklaže. Na temelju 19 studija i elaborata koji su bili izrađeni u periodu od 1992. do 1998. godine u svibnju 1999. godine, izrađeno je Izvješće o stanju okoliša u gradu Zagrebu kao i dio programa zaštite okoliša.

Krajem devedesetih godina započelo se sa sanacijom ondašnjeg najvećeg problema u ovom dijelu Europe odnosno odlagališta grada Zagreba – Jakuševac koje je zauzimalo površinu od oko 80 ha i volumen od oko 5 000 000 m³ neadekvatno odloženog otpada, a koja je završena do 2005. godine. Prema izvješću o Zbrinjavanju otpada u Republici Hrvatskoj – postojeće stanje iz 2006. godine (Kučar Dragičević i sur., 2006) postignut je najveći stupanj tehničke opremljenosti zahvaljujući sanaciji zagrebačkog odlagališta Prudinec u Jakuševcu na koje se odnosi čak 20% ukupno odloženog otpada u Republici Hrvatskoj. Na odlagalištu Prudinec u Jakuševcu danas je moguće provoditi sortiranje i predobradu komunalnog otpada, glomaznog otpada, građevnog otpada, sortiranje odvojeno prikupljenih komponenti otpada te biološku obradu otpada u postojećoj kompostani.

U Zagrebu se u ožujku 2006. godine planirala izgradnja spalionice komunalnog otpada na lokaciji u blizini pročištača otpadnih voda u kojoj bi se ujedno spaljivao i mulj iz pročištača. Prema potpisanom ugovoru zagađivač tj. koncesionar nema obvezu zbrinjavanja otpadnog mulja što se kosi s načelom „onečišćivač plaća“ te se isti mora zbrinuti na teret gradskog proračuna, odnosno građana Zagreba. Uslijed prosvjeda koje je organizirala Zelena akcija, Europska banka za obnovu i razvoj te Europska investicijska banka povukle su se kao potencijalni ulagači za izgradnju spalionice (Runko Luttenberger, 2011).

U skladu s odredbama Zakona o trgovačkim društvima, 2006. godine osnovan je Zagrebački holding d.o.o. objedinivši znanje i iskustvo trgovačkih društava u vlasništvu grada Zagreba s ciljem pružanja još bolje usluge građanima (Zagrebački holding d.o.o., 2021.).

Zagrebački holding je danas zajednica 14 podružnica koje obavljaju djelatnosti nekadašnjih gradskih poduzeća, a vlasnik je i 8 trgovačkih društava te jedne ustanove. Rješenjem Trgovačkog suda u Zagrebu od 2007. godine Čistoća, osnovana 1947. godine, posluje u sklopu Zagrebačkog holdinga d.o.o. kao njegova podružnica. Podružnica Čistoća u periodu od ožujka 2011. do kraja veljače 2012. godine provela je pilot projekt odvojenog sakupljanja otpada na uzorku od 8000 domaćinstava na području Zapruđa, Kajzerice, dijela Dubrave, u Voćarskoj ulici te zgradi na Zelenom trgu i Mamutici u ulici Božidara Magovca (Zagrebački holding d.o.o., 2021.). Odvojenim sakupljanjem korisnog otpada (papir, staklo i plastika) na mjestu nastanka tzv. metodom „od vrata do vrata“ te njegovim recikliranjem nastojala se smanjiti količina otpada koja se odlaže na odlagalištu Jakuševac – Prudinec. Na navedenim područjima plastika se odvojeno sakupljala putem sivih spremnika sa žutim poklopcem, a odvoz se vršio jednom u mjesecu svakog četvrtog petka ili subote. Odvojeno sakupljena količina plastičnog otpada na lokacijama obuhvaćenim pilot projektom vidljiva je u tablici 4-1.

Tablica 4-1. Količine odvojeno skupljenog plastičnog otpada provedbom pilot projekta u periodu od ožujka do kraja prosinca 2011. godine (Zagrebački holding d.o.o., 2021)

Područje provođenja pilot projekta	Broj domaćinstava	Količina odvojeno sakupljenog plastičnog otpada (t)
Dubrava	1221	4,34
Zapruđe	3355	9,26
Kajzerica	1804	1,96
Voćarska	1389	4,8
Mamutica	1687	7,67

U cilju uspostave sustava održivog gospodarenja otpadom potrebno je osigurati izgradnju građevina za obradu miješanog komunalnog otpada, zbog čega je 2014. godine osnovan Zagrebački centar za gospodarenje otpadom d.o.o. (ZCGO). Prema Planu gospodarenja otpadom grada Zagreba izrađenog za razdoblje 2018. - 2023. godine komunalni otpad u gradu Zagrebu organizirano se sakuplja u 17 gradskih četvrti te u Mičevcu i Markuševcu Turopoljskom putem vrećica i plastičnih spremnika volumena 80, 120, 240 i 1100 litara te

metalnih spremnika volumena 1100 litara. Naredbom o odvozu komunalnog otpada od 15.7.2016., u najvećem dijelu grada miješani komunalni otpad se sakuplja dva puta tjedno dok se u najužem centru grada otpad odvozi tri puta tjedno, a u pojedinim rubnim dijelovima grada jednom tjedno. S obzirom da je naredbom o odvozu komunalnog otpad smanjen broj odvoza, ali je smanjena i naplata usluge odvoza, istu se razmatra kao svojevrsni poticaj građanima za odvojeno sakupljanje korisnih sirovina iz otpada u odgovarajuće spremnike na zelenim otocima, reciklažnim dvorištima i mobilnim reciklažnim dvorištima. Prema Odluci o načinu pružanja javne usluge prikupljanja miješanog komunalnog otpada u gradu Zagrebu od 8. veljače 2018. godine otpadna plastika i otpadna metalna ambalaža prikupljaju se metodom „od vrata do vrata“ putem standardiziranih vreća za otpadnu plastiku i otpadnu metalnu ambalažu tzv. žute vreće. Preuzimanje i prijevoz korisnih sirovina odvojenih iz komunalnog otpada izvodi se na način koji ne dovodi do miješanja odvojeno sakupljenog otpada s drugom vrstom otpada ili s otpadom koji ima drugačija svojstva. Uz prikupljanje komunalnog otpada prema ranije navedenoj Odluci i dalje će biti moguće odvojeno sakupljeni otpad odložiti na zelenim otocima, u reciklažnim dvorištima i mobilnim reciklažnim dvorištima. U veljači 2020. godine započela je isporuka spremnika za odvojeno sakupljanje otpada, vidljivih na slici 4-1., dobivenih putem Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost s ciljem smanjenja količine miješanog komunalnog otpada i povećanja količine reciklabilnog otpada, međutim isporuka za određene spremnike još uvijek traje (Zagrebački holding d.o.o., 2021.). Danas se u ukupno 6658 spremnika postavljenih na javnim površinama odvojeno sakupljaju papir, staklo, plastična i metalna ambalaža i tekstil, a u deset reciklažnih i devet mobilnih reciklažnih dvorišta (slika 4-2.) sakuplja se tridesetak vrsta otpada iz kućanstava.



Slika 4-1. Spremnici volumena 1100 l za odvojeno sakupljanje plastičnog otpada dobiveni putem Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (Zagrebački holding d.o.o., 2021)

Popis reciklažnih dvorišta:

1. RD DUBRAVA,
2. RD JAKUŠEVEC,
3. RD KAJZERICA,
4. RD KLARA,
5. RD PRILESJE,
6. RD SESVETE,
7. RD SESVETE JELKOVEC,
8. RD ŠPANSKO,
9. RD TREŠNJEVKA SJEVER i
10. RD ŽITNJAK.

Popis mobilnih reciklažnih dvorišta:

1. MRD BREZOVICA
2. MRD BREZOVICA
3. MRD GORNJA DUBRAVA
4. MRD GORNJI GRAD - MEDVEŠČAK
5. MRD PODSLJEME
6. MRD PODSLJEME

7. MRD PODSUSED-VRAPČE
8. MRD PODSUSED-VRAPČE
9. MRD TREŠNJEVKA – JUG
10. MRD TRNJE



Slika 4-2. Mobilno reciklažno dvorište u gradu Zagrebu (Zagrebački holding d.o.o., 2021)

Na reciklažna dvorišta građani mogu odložiti određene vrste otpada nastale u kućanstvu: papir, karton, plastika, metalna ambalaža, stiropor, stare baterije, stakleni ambalažni otpad, ravno staklo, PET – boce, PE – folija, limenke, stari lijekovi, otpadne gume bez naplatka (do 4 komada), metalni glomazni otpad, elektronički otpad, glomazni otpad, drveni otpad, tekstil, odjeća, akumulatore, fluorescentne cijevi te zeleni otpad. Pravnim osobama nije dozvoljeno odlaganje otpada na reciklažna dvorišta već su ista namijenjena isključivo građanima. Obrada sakupljenog otpada ne obavlja se na reciklažnim dvorištima već se sve odvojeno sakupljene vrste otpada predaju na daljnju obradu ovlaštenim oporabiteljima. Ovlašteni oporabitelji za ambalažnu plastiku ključnog broja 15 01 02 (Pravilnik o katalogu otpada, NN 90/2015) su CE-ZA-R Centar za reciklažu d.o.o. Zagreb i REOMA Grupa d.o.o., dok je za tvrdi plastiku ključnog broja 20 01 39 (Pravilnik o katalogu otpada, NN 90/2015) oporabitelj tvrtka EKO-FLOR PLUS d.o.o.

Prema Planu gospodarenja otpadom grada Zagreba izrađenog za razdoblje 2018. - 2023. godine u svrhu uspostave cjelovitog sustava gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu određene su sljedeće lokacije:

1. šire područje nekadašnje tvornice cementa u Podsusedu kao lokacija za reciklažu i odlaganje neopasnog građevnog otpada i zemljanog iskopa u funkciji sanacije klizišta Kostanjek,
2. Resnik - Ostrovci kao lokacija za reciklažu i odlaganje zemljanog iskopa i neopasnog građevnog otpada,
3. kompostana u svrhu biološke obrade biorazgradivog otpada na lokaciji u Markuševcu te
4. Obrešćica kao lokacija za potrebe izgradnje nove kompostane.
5. Istražuje se lokacija Savica – Šanci, uz postojeću termoelektranu-toplanu, kao rezervna lokacija u istraživanju za postrojenje za termičku obradu otpada.

4.1. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke Zagrebački holding d.o.o. Podružnica „Čistoća“

Podružnica Čistoća obavlja javnu uslugu sakupljanja miješanog i biorazgradivog komunalnog otpada u gradu Zagrebu kao i usluge odvojenog sakupljanja komunalnog otpada putem reciklažnih dvorišta, mobilnih reciklažnih dvorišta, spremnika na javnim površinama i kod korisnika usluga te odvojenog sakupljanja krupnog (glomaznog) otpada (Zagrebački holding d.o.o., 2021.). Osim ranije navedenog, podružnica Čistoća obavlja usluge uklanjanja otpada s „divljih odlagališta" i usluge čišćenja javnih prometnih površina (kolnici, pločnici, trgovi, pothodnici, stube i prolazi), postavlja i održava košarice za otpatke te urbanu opremu u pješačkoj zoni (Plan gospodarenja otpadom grada Zagreba za razdoblje 2018. - 2023. godine). Poslovi gospodarenja otpadom koje obavlja podružnica Čistoća na području grada Zagreba uključuju (Zagrebački holding d.o.o., 2021):

1. sakupljanje, prijevoz, uporaba i druge djelatnosti u svezi postupanja s otpadom,
2. komunalno redarstvo (interventno sakupljanje otpada s „divljih odlagališta otpada"),
3. čišćenje i pranje javno prometnih površina (kolnika, pločnika, trgova, pothodnika, javnih stuba i prolaza) te pražnjenje košarica za otpatke u pješačkoj zoni,
4. održavanje javnih stuba, pješačkih hodnika i invalidskih prilaza u zimskom razdoblju te
5. komunikacija s javnosti i provođenje edukativno informativnih aktivnosti iz područja gospodarenja otpadom.

S obzirom na usluge koje pruža, podružnica Čistoća ključni je faktor u ostvarenju ciljeva Plana gospodarenja otpadom grada Zagreba izrađenog za razdoblje 2018. - 2023. godine te doprinosi unaprjeđenju sustava gospodarenja otpadom uz kontinuirano provođenje edukativno informativnih aktivnosti kojima se podiže svijest Zagrepčana o važnosti smanjenja količina otpada koju proizvode. Smanjenje količina plastičnog otpada odloženog na odlagalištu Prudinec u Jakuševcu postiže se, u najvećoj mjeri, odvojenim sakupljanjem putem posebnih vrećica metodom „od vrata do vrata“, međutim kućanstva na području grada Zagreba mogu plastični otpad odložiti na reciklažnim i mobilnim reciklažnim dvorištima.

U ovom poglavlju bit će provedena analiza sustava gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom kojeg u gradu Zagrebu provodi Zagrebački holding d.o.o. Podružnica Čistoća, kao i analiza količina istoga. Analiza količina odvojeno sakupljenog plastičnog komunalnog otpada bit će provedena usporedbom količina ustupljenih od strane podružnice Čistoća za 2018., 2019. i 2020. godinu.

S ciljem zaustavljanja trenda rasta količina komunalnog otpada u 2018. godini provedene su aktivnosti usmjerene na povećanje stupnja odvojenog sakupljanja korisnih sirovina iz otpada uz istovremeno povećanje recikliranja iskoristivog otpada (Zagrebački holding d.o.o., 2021). Navedenim aktivnostima nastojao se potaknuti prelazak s linearne na kružnu ekonomiju gdje otpad predstavlja sirovinu za neki drugi tehnološki proces. U svrhu ispunjenja ciljeva gospodarenja otpadom, podružnica Čistoća u 2018. godini nabavila je nove komplete podzemnih spremnika s hidrauličkom platformom za odvojeno prikupljanje otpada (Zagrebački holding d.o.o., 2021).

Tijekom 2018. godine u dva navrata došlo je do zastoja u odvozu plastičnog otpada s javnih površina koji su sanirani organizacijom učestalijeg odvoza reciklabilnog otpada.

Prema Nefinancijskom izvješću Grupe Zagrebački holding d.o.o. za 2019. godinu, u svrhu unaprjeđenja infrastrukture za gospodarenje otpadom primarno su provedene aktivnosti implementacije sustava odvojenog prikupljanja biorazgradivog otpada i otpadne plastične i metalne ambalaže na obračunskom mjestu korisnika. Tijekom prve faze proširenja usluge odvojenog sakupljanja plastične i metalne ambalaže na kućnom pragu vrećice za odlaganje dodijeljene su isključivo građanima koji žive u obiteljskim kućama, a zatim i građanima u stambenim zgradama. Volumen vrećice za odlaganje plastične i metalne ambalaže iznosi 60 litara, te se u njih treba odlagati:

1. polietilenske vrećice,
2. folije,
3. filmove,
4. mjehurastu ambalažu koja na sebi može imati oznake HD-PE, LD-PE, PP i PET,
5. boce od jestivog ulja, destilirane vode, sredstva za pranje i čišćenje, kozmetike, lijekova (osim citostatika), prehrambenih proizvoda i sl.,
6. čaše i posude od jogurta, sir i sl.,
7. ambalažu od raznih proizvoda od pjenastog polistirena,
8. tetrapak,
9. plastične tanjure i pribor za jelo,
10. čepove,
11. konzerve od hrane i
12. limenke od pića.

Usporedimo li količine odvojeno sakupljenog plastičnog otpada iz kućanstva u 2019. godini, vidljive u tablici 4-3., u odnosu na količine odvojeno sakupljenog plastičnog otpada iz kućanstva u 2018. godini, vidljive u tablici 4-2., očigledan je znatan porast koji možemo pripisati uvođenju sustava sakupljanja korisnih sirovina iz otpada metodom „od vrata do vrata“.

Tablica 4-2. Količina odvojeno sakupljenog plastičnog otpada ključnog broja 15 01 02 (plastična ambalaža) po mjestu nastanka u 2018. godini (Zagrebački holding d.o.o., 2021b)

Vrsta otpada	RD/MR D(kg)	Kućanstva (žute vreće) (kg)	Tvrtke (kg)	Ukupno (kg)
15 01 02 ambalaža od plastike PE folija	/	/	11 960	11 960
15 01 02 ambalaža od plastike razna ambalaža	99 638	3 316 818	74 961	3 491 417
15 01 02 ambalaža od plastike stiropor	/		260	260

RD/MRD reciklažna dvorišta/mobilna reciklažna dvorišta

Tablica 4-3. Količina odvojeno sakupljenog plastičnog otpada ključnog broja 15 01 02 (plastična ambalaža) po mjestu nastanka u 2019. godini (Zagrebački holding d.o.o., 2021b)

Vrsta otpada	RD/MRD (kg)	Kućanstva (žute vreće) (kg)	Tvrtke (kg)	Ukupno (kg)
15 01 02 ambalaža od plastike PE folija	/	/	11 960	11 960
15 01 02 ambalaža od plastike razna ambalaža	99 030	5 976 915	105 585	6 181 530
15 01 02 ambalaža od plastike stiropor	/		1520	1520

Tablica 4-4. Količina odvojeno sakupljenog plastičnog otpada ključnog broja 15 01 02 (plastična ambalaža) po mjestu nastanka u 2020. godini (Zagrebački holding d.o.o., 2021b)

Vrsta otpada	RD/MRD (kg)	Kućanstva (žute vreće) (kg)	Tvrtke (kg)	Ukupno (kg)
15 01 02 ambalaža od plastike PE folija	4230	/	15 110	19 340
15 01 02 ambalaža od plastike razna ambalaža	33 570	11 790 163	161 097	11 984 830
15 01 02 ambalaža od plastike stiropor	78 520		3260	81 780

RD/MRD reciklažna dvorišta/mobilna reciklažna dvorišta

Tijekom 2020. godine daljnjim kontinuiranim ulaganjima u unaprjeđenje infrastrukture, ali i u provođenje edukativno informativnih aktivnosti iz područja gospodarenja otpadom, nastavljen je trend rasta odvojeno sakupljenog plastičnog komunalnog otpada. Zamjetan rast količina odvojeno sakupljene plastične ambalaže u 2020. godini, vidljiv u tablici 4-4., može se pripisati, između ostaloga, i izvanrednim okolnostima uslijed pandemije bolesti COVID-19 zbog čega je došlo do zabrane kulturnih događanja i javnih okupljanja, smanjenja korištenja javnih objekata, sportskih i trgovačkih centara te pada broja turista u gradu Zagrebu u 2020. godini. Prema Izvješću o održivosti Grupe Zagrebački holding d.o.o. tijekom 2020. godine sakupljeno je 97,26% više plastičnog otpada nego u 2019. godini.

Sav odvojeno prikupljeni otpad, pa tako i plastični komunalni otpad, ne obrađuje se u reciklažnim dvorištima već se predaje na daljnju obradu ovlaštenim oporabiteljima. Ovlašteni oporabitelji za ambalažnu plastiku ključnog broja 15 01 02 su CE-ZA-R Centar za reciklažu d.o.o. Zagreb i REOMA Grupa d.o.o., dok je za tvrdi plastiku ključnog broja 20 01 39 oporabitelj tvrtka EKO-FLOR PLUS d.o.o.

4.2. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „CE-ZA-R Centar za reciklažu d.o.o.“ Zagreb

Iako je glavna djelatnost CE-ZA-R-a Centra za reciklažu d.o.o. Zagreb sakupljanje, uporaba i trgovanje metalnim i ostalim otpadnim materijalima s pretežitom metalnom komponentnom, tvrtka je ujedno i vodeći sakupljač otpadnih materijala od brojnih partnera u jedinicama lokalne samouprave i građanstva (C.I.O.S. GRUPA d.o.o., 2021). Kroz 17 suvremeno opremljenih radnih jedinica/reciklažnih centara, uz posjedovanje svih potrebnih dozvola za gospodarenje otpadom, osigurano je sakupljanje dovoljnih količina otpada za njihovu uporabu te daljnji plasman kako na europske tržište tako i izvan granica Europe. Između ostalog, CE-ZA-R nudi poslovnim partnerima i građanstvu savjetodavne usluge vezane uz uspostavu cjelovitog sustava gospodarenja posebnim kategorijama otpada, pruža usluge demontaže industrijskih pogona i strojeva te reciklaže proizvodnog i tvorničkog otpada (C.I.O.S. GRUPA d.o.o., 2021).

U Varaždinu djeluje podružnica CE-ZA-R MBO u sklopu koje se nalazi postrojenje za mehaničko-biološku obradu neopasnog otpada maksimalnog kapaciteta 95 000 tona što čini jednu trećinu ukupnih hrvatskih kapaciteta. Produkt mehaničko-biološke obrade neopasnog otpada je gorivo iz otpada (GIO) koje svojim karakteristikama i kvalitetom predstavlja alternativu fosilnim gorivima te se iskorištava u vodećim postrojenjima u cementnoj industriji Republike Hrvatske (C.I.O.S. GRUPA d.o.o., 2021.). Tvrtka CE-ZA-R Centar za reciklažu d.o.o. Zagreb godišnje sakupi i obradi oko 400 000 t različitih vrsta metalnog otpada te oko 70 000 t nemetala.

Ambalažna plastika ključnog broja 15 01 02 preuzeta od podružnice Čistoća, prema Elaboratu gospodarenja otpadom izrađenom u svrhu ishođenja dozvole za gospodarenje otpadom za tvrtku CE-ZA-R d.o.o (Bukvić i sur., 2020), obrađuje se postupcima S, IS, PU, R3, R12, R13 i D15 koji su detaljnije opisani u tablici 4-5.

Tablica 4-5. Opis pojedinog procesa i kapaciteta procesa po postupcima (Bukvić i sur., 2020)

Postupak	Oznaka procesa	Naziv tehnološkog procesa	Kapacitet procesa
S	P1	Prikupljanje (sakupljanje i interventno sakupljanje)	∞
IS	P2	Prihvat	∞
PU	P3	Priprema za ponovno uporabu	1000 t/god
R3	P4	Usitnjavanje otpadnih organskih tvari	7000 t/god
	P5	Prešanje otpadnih organskih tvari	7000 t/god
R12	P10	Prethodno razvrstavanje	500 t
R13 D15	P11	Skladištenje	500 t

Prema navedenom Elaboratu gospodarenja otpadom (Bukvić i sur., 2020) dopuštena količina otpada ključnog broja 15 01 02 (plastična ambalaža) koja se može nalaziti na lokaciji postrojenja iznosi 500 t. Otpad preuzet od podružnice Čistoća prevozi se ili na privremeno skladištenje ili direktno u pogone ovlaštenih tvrtki na oporabu/zbrinjavanje. Skladištenje se provodi prema vrsti odnosno ključnom broju otpada, izuzev otpada koji se zbog sličnih svojstava može miješati i time odmah biti spreman za odvoz. Nažalost daljnji tok otpada nije moguće pratiti kao ni analizirati stvarne količine plastičnog komunalnog otpada zbog nedostupnosti informacija od strane CE-ZA-R Centra za reciklažu d.o.o. Prema riječima nadležne osobe u tvrtki, jednostavno nema vremena za pripremu i dostavu traženih podataka.

4.3. Sustav gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom tvrtke „REOMA Grupa d.o.o.“ Zagreb

REOMA Grupa d.o.o. Zagreb bavi se djelatnostima prijevoza, sakupljanja, skladištenja i obrade/zbrinjavanja neopasnog otpada kako za tržište Republike Hrvatske tako i za inozemno tržište (REOMA Grupa d.o.o.,2021). Između ostaloga nude i usluge:

1. odvoza i zbrinjavanja glomaznog otpada,
2. odvoza i zbrinjavanja građevinskog otpada,
3. odvoza i zbrinjavanja plastike,
4. odvoza i zbrinjavanja otpisane i oštećene robe,
5. odvoza i zbrinjavanja ambalažnog otpada,
6. odvoza i zbrinjavanja ostaloga neopasnog otpada,
7. otkupa papira, kartona, folije i metala i
8. uništenje arhive.

Prema Elaboratu gospodarenja otpadom izrađenom u svrhu ishođenja dozvole za gospodarenje otpadom za tvrtku REOMA Grupa d.o.o. (Komadina i sur., 2018) otpad ključnog broja 15 01 02 (plastična ambalaža) obrađuje se postupcima S-1, IS, PU, R3, R12, R13, D13, D15 koji su detaljnije opisani u tablici 4-6.

Tablica 4-6. Opis pojedinog procesa i kapaciteta procesa po postupcima (Komadina i sur., 2018)

Postupak	Oznaka procesa	Naziv tehnološkog procesa	Kapacitet procesa
S-1	P1	Prikupljanje (sakupljanje i interventno sakupljanje)	∞
IS	P2	Prihvat otpada	100 000 t/god
PU	P3	Priprema za ponovno uporabu	10 000 t/god
R3	P4	Oporaba (recikliranje/obnavljanje otpadnih organskih tvari koje se koriste kao otapala) – Otpadne gume	37 500 t/god

	P5	Oporaba (recikliranje/obnavljanje otpadnih organskih tvari koje se koriste kao otapala) – Otpadna ambalažna plastika i ostali otpad od plastike	37 500 t/god
	P6	Oporaba (recikliranje/obnavljanje otpadnih organskih tvari koje se koriste kao otapala) – Otpadna papirna i kartonska ambalaža i ostali otpad od papira i kartona	70 000 t/god
	P7	Oporaba (recikliranje/obnavljanje otpadnih organskih tvari koje se koriste kao otapala) – Otpadna drvena ambalaža i ostali drveni otpad	37 500 t/god
R12	P8	Oporaba (razmjena otpada radi primjene bilo kojeg od postupka uporabe navedenim pod R1 – R11)	100 000 t/god
D13	P9	Spajanje ili miješanje otpada prije podvrgavanja bilo kojem postupku D1 – D12	10 000t/god
R13, D15	P10	Skladištenje	16 950 m ³

Proces uporabe polimera započinje sortiranjem prilikom čega se odvajaju plastične komponente iz ostalih materijala koje se potom izdvajaju prema tipovima i podtipovima polimera i boji. Nakon toga se sortirani otpad čisti od eventualnih nečistoća i drugih materijala te se potom zasebno skladišti. Polipropilen se odvaja homopolimer od kopolimera te se izdvajaju gajbice, čepovi boca, velike vreće, folija i ostalo. Ovisno o primarnom preradnom procesu izdvaja se još ekstruzijski, brizgani i puhani polipropilen (Komadina i sur., 2018). Sortirani polimeri se skladište u velikim vrećama ili baliraju nakon čega se transportiraju daljnjim kupcima. Polietilenski otpad se razdvaja na HD-PE (polietilen visoke gustoće - čvrstu plastiku) i LD-PE (polietilen niske gustoće) nakon čega se ovisno o primarnom preradnom procesu ostvaruje daljnje razdvajanje na ekstruzijski, brizgani i puhani polietilen. Posebnu pažnju zahtijeva polivinil klorid jer se on strogo izdvaja od ostalog polimernog otpada te se melje isključivo u istoj polimernoj kategoriji i u istoj boji.

Također, kao i u slučaju s CE-ZA-R Centrom za reciklažu d.o.o, daljnji tok otpada nije moguće pratiti, kao ni analizirati stvarne količine plastičnog komunalnog otpada, zbog

nedostupnosti informacija uz obrazloženje nadležne osobe u tvrtki kako zbog zaštite osobnih podataka, kako partnera tako i njihovih, nisu u mogućnosti ustupiti tražene podatke.

5. PRIMJERI SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM NA PODRUČJU DONJEG MEĐIMURJA I OTOKA KRK

Uvođenjem adekvatnog sustava i organizacije prikupljanja otpada, uz preporuke Zelene akcije, na području Donjeg Međimurja, koje obuhvaća sedam jedinica lokalne samouprave, i otoku Krku, također sa sedam jedinica lokalne samouprave, zadovoljeni su standardi i ciljevi Europske unije za 2020. godinu. S obzirom na kratak vremenski period unutar kojeg su postignuti europski ciljevi i ostvaren kvalitetan sustav gospodarenja otpadom u pitanje je dovedena potreba za izgradnjom centara za gospodarenje otpadom. Koncept smanjenja, ponovne uporabe, odvajanja i recikliranja otpada moguć je i provediv te donosi mnogobrojne koristi kako gradovima i općinama tako i samim građanima, što potvrđuju Donje Međimurje i otok Krk. Unatoč fluktuacijama količina otpada uslijed izražene turističke sezonalnosti otoka Krka, isti već godinama spada u sam vrh u pogledu odvojenog prikupljanja i održivog zbrinjavanja otpada u Hrvatskoj (Škugor, 2016).

Prema preporukama Zelene akcije sustav je potrebno i dalje unaprjeđivati provedbom mjera poput uvođenja naplate prema količini, izrade analize sastava otpada, povećanja uključenosti kućanstava i financijske stimulacije i nagrade građanima (Zelena akcija, 2021).

5.1. Sustav gospodarenja otpadom na području Donjeg Međimurja

Donje Međimurje obuhvaća sedam jedinica lokalne samouprave u istočnom dijelu Međimurske županije:

1. Grad Prelog,
2. općina Goričan,
3. općina Donji Kraljevec,
4. općina Sveta Marija,
5. općina Donji Vidovec,
6. općina Donja Dubrava i
7. općina Kotoriba.

Komunalno poduzeće PRE-KOM d.o.o. iz Preloga vrši uslugu prikupljanja otpada za Grad Prelog i preostalih šest općina te isti odlaže na odlagalište Totovec, a početkom rada regionalnog centra za gospodarenje otpadom Piškornica mješani komunalni otpad obrađivati će

se u RCGO Piškornica. Organizirano se prikuplja komunalni otpad putem crnih kanti i biorazgradivi otpad putem smeđih kanti (kao što je vidljivo na slici 5-1.), glomazni otpad se prikuplja na poziv korisnika, a putem besplatnih vrećica prikuplja se metodom „od vrata do vrata“ papir staklo, tetrapak, PET/plastika i metalna ambalaža (Zelena akcija, 2021). Odvojeno prikupljeni otpad odlaže se na reciklažno dvorište u Gospodarskoj zoni Sjever u Prelogu u sklopu kojega se nalazi jednostavna sortirnica, vidljiva na slici 5-2. Na dvije odvojene linije s kapacitetom do 1 tone otpada po danu vrši se sortiranje i pročišćavanje nakon čega slijedi pakiranje postupkom baliranja i pripremanje za odvoz na daljnju uporabu. Sredinom 2015. godine Upravni odbor Fonda za zaštitu okoliša donio je Odluku o izgradnji nove sortirnice u sklopu postojećeg reciklažnog dvorišta te je ista dovršena krajem kolovoza 2015. godine (Galović i Košak, 2015).

U sklopu reciklažnog dvorišta uređen je i prostor za skladištenje obrađenog otpada u balama na cca 800 m², te je opremljeno i jedno mobilno reciklažno dvorište.



Slika 5-1. Sustav odvojenog prikupljanja otpada (Galović i Košak, 2015)



Slika 5-2. Sortirnica korisnog otpada u sklopu reciklažnog dvorišta u Prelogu (GKP PRE-KOM d.o.o., 2021)

Prema studiji pod nazivom „Analiza sustava gospodarenja otpadom Donjeg Međimurja“ koju je Zelena akcija izradila za komunalno poduzeće PRE-KOM d.o.o. 2015. godine, Grad Prelog je u prva četiri mjeseca postigao povećanje udjela odvojeno prikupljenog otpada s 22% na 60% što je dobar put prema uspostavi održivog gospodarenja otpadom. Uz preporuke Zelene akcije preostale jedinice lokalne samouprave u 2015. godini odvojeno su sakupile i samostalno obradile 50% otpada čime se svrstavaju u sam vrh u pogledu odvojenog prikupljanja i obrade otpada u Hrvatskoj (Zelena akcija, 2021). Pridruživanjem međunarodnoj strategiji „Zero Waste

2020“ svih sedam jedinica lokalne samouprave 2016. godine obvezale su se dosegnuti cilj od 70% odvojeno prikupljenog otpada. U cilju ispunjenja obveza predviđenih međunarodnom strategijom osnovan je Savjet za gospodarenje otpadom Donjeg Međimurja kojeg čine predstavnici jedinica lokalne samouprave, GKP PRE-KOM d.o.o. i Zelene akcije, a napredak jedinica lokalne samouprave nadzirati će i pomagati u realizaciji predloženih mjera „Zero Waste Europe“ mreža.

Sustav odvojenog prikupljanja papira, stakla, tetrapaka, PET i metalne ambalaže putem besplatnih vreća unaprijeđen je žutim kantama za plastiku te plavim kantama za papir i tetrapak koje su dodijeljene kućanstvima. Kao nagrada građanima za odvojeno prikupljanje biootpada podijeljene su besplatne vreće komposta. Krajem 2016. godine još dvije jedinice lokalne samouprave, Belica i Dekanovec, pridružile su se PRE-KOM-u, čime je sada usluga dostupna za više od 27 000 stanovnika, te potpisale međunarodnu strategiju „Zero Waste 2020“ kojom prihvaćaju ambiciozne ciljeve odvajanja, recikliranja i kompostiranja otpada. Zahvaljujući uspješnom razvoju sustava gospodarenja otpadom prema preporukama Zelene akcije, domaćinstva su 2016. godine smanjila odlaganje otpada s 98,8 kg na 89,95 kg po stanovniku godišnje. Odvojeno je prikupljeno 56,27% ukupnih količina otpada što je više nego 2015. godine (49,58%) te iznad prosjeka Hrvatske (17%), ali i europskog prosjeka (44%) (Zelena akcija, 2021).

S ciljem upotpunjavanja lanca cjelovitog gospodarenja otpadom, 2017. godine u Prelogu je otvoren prvi hrvatski Centar za ponovnu uporabu, vidljiv na slici 5-3., gdje se dobra čiste i/ili popravljaju prije nego se ponovno prodaju uz plaćanje samo troškova popravka. Glomazni otpad za ponovnu uporabu dijelom se prikuplja na kućnom pragu, dok otpad koji se može prevesti autom je potrebno dostaviti u Centar koji se nalazi u sklopu reciklažnog dvorišta. Također, u sklopu Centra za ponovnu uporabu smještene su socijalna poduzeća i zadruge koje se bave obradom otpada kao što je tvrtka Naš Izvor koja se bavi obradom otpadne kože i Humana Nova koja se bavi obradom otpadnog tekstila. Sakupljeni tekstil se sortira na:

1. upotrebljivi, koji se ili prodaje u second-hand dućanu ili koristi za reciklirane proizvode poput torbi, papuča, pregača, ruksaka, pernica i dr. i
2. neupotrebljivi koji se reciklira u suradnji s Regeneracijom Zabok ili se izdvaja pamuk koji se reže u krpe i plasira na tržište za industrijski sektor.

Otvaranjem Centra za ponovnu uporabu postignute su još veće količine odvojeno prikupljenog korisnog otpada, čime su ranije navedene jedinice lokalne samouprave učvrstile svoj status među najboljim europski praksama.



Slika 5-3. Centar za ponovnu uporabu Prelog (ŠPANIČEK KANOTI, 2017)

Početkom 2019. godine u Prelogu su još tri jedinice lokalne samouprave, općine Domašinec, Martijanec i Podturen, potpisale međunarodnu strategiju „Zero Waste“ i time postale članice Zero Waste Europe gradova i općina s najboljim praksama u Europi (Zelena akcija, 2021). Usluga PRE-KOM-a time je proširena na 12 jedinica lokalne samouprave koje

već nekoliko godina za redom postižu najbolje rezultate u smanjenju, odvojenom prikupljanju, recikliranju i kompostiranju otpada u Hrvatskoj. Jedinice lokalne samouprave s više od 38 000 stanovnika u kratkom su roku postigle porast sa 10-20% odvojeno prikupljenog otpada na 50-60% te nastavljaju ka 70% što je cilj koji Hrvatska treba postići do 2030. godine. Usluga zbrinjavanja komunalnog otpada dodatno je unaprijeđena uvođenjem kontrole putem žutih i crvenih kartona te odvojenim prikupljanjem otpadnog jestivog ulja.

Grad Prelog te Općine Kotoriba, Donja Dubrava, Donji Vidovec, Sveta Marija, Goričan, Donji Kraljevec, Belica, Dekanovec, Domašinec, Martijanec i Podturen početkom 2021. godine obvezali su se ispuniti ciljeve propisane međunarodnom strategijom „Zero waste 2025.“ koji uključuju (GKP PRE-KOM d.o.o., 2021):

1. odvojeno prikupljanje 75% korisnog otpada koji će se obraditi i oporabiti (recikliranje, kompostiranje, anaerobna obrada, ili neki drugi prihvatljiv način oporabe korisnog otpada),
2. smanjenje količina odloženog miješanog komunalnog otpada na 60 kg godišnje po stanovniku do 2025. godine (70 kg po stanovniku 2020. godine),
3. izgradnju reciklažnog dvorišta za prihvata i obradu građevinskog otpada početkom 2022. godine,
4. poštivanje reda prvenstva postupaka gospodarenja otpadom u najvećoj mogućoj mjeri i
5. analiziranje nekorisnog otpada s ciljem definiranja operativne strategije i kampanje za postizanje dodatnih poboljšanja na području gospodarenja otpadom.

Nakon što se odvojeno prikupljeni plastični komunalni otpad odloži na reciklažno dvorište u Gospodarskoj zoni Sjever u Prelogu isti se sortira pomoću jednostavne sortirnice na dvije odvojene linije s kapacitetom do 1 tone otpada po danu. Miješani plastični komunalni otpad se sortira na nekoliko tržišno isplativih frakcija (PP, PS, PET, HD-PE i LD-PE) za koje postoji potražnja na tržištu reciklažera. Zatim slijedi pročišćavanje plastičnog komunalnog otpada i pakiranje postupkom baliranja te pripremanje za odvoz na daljnju uporabu tvrtki LUGplast d.o.o. Tvrtka LUGplast d.o.o. od 2015. godine bavi se gospodarenjem neopasnim otpadom te mjesečno obrađuje preko 400 tona miješanog plastičnog otpada (LUGplast d.o.o., 2021). Osim zbrinjavanja odvojeno prikupljene plastike iz kućanstava, tvrtka LUGplast d.o.o. nudi i usluge sakupljanja otpada na području cijele Republike Hrvatske, ručnog sortiranja miješane otpadne plastike te mehaničke obrade određene vrste plastike postupkom R3

(obnavljanje/recikliranje otpada). Tvrtka LUGplast d.o.o. izdvaja iz otpada oko 15 frakcija iskoristivih tvari koje nakon procesa reciklaže postaju novi proizvodi čime se isti vraćaju u ponovnu upotrebu te se izbjegava njihovo deponiranje (LUGplast d.o.o., 2021). Preuzeti sortirani i balirani plastični komunalni otpad od strane GKP PRE-KOM d.o.o., tvrtka LUGplast d.o.o. predaje ovlaštenim sakupljačima u inozemstvu, a dio se prerađuje u pogonu za prerađu plastičnih materijala.

5.2. Sustav gospodarenja otpadom na području otoka Krka

Otok Krk, koji obuhvaća sedam jedinica lokalne samouprave, Grad Krk te općine Omišalj, Vrbnik, Baška, Dobrinj, Punat i Malinska - Dubašnica, već dugi niz godina spadaju u sam vrh u pogledu odvojenog prikupljanja i održivog zbrinjavanja otpada u Hrvatskoj, unatoč velikoj razlici u broju stanovnika u vrijeme turističke sezone i izvan nje (Zelena akcija, 2021). Prikupljanje, odvoz i zbrinjavanje komunalnog otpada koji nastaje u kućanstvima i poslovnim prostorima na području grada Krka obavlja tvrtka Ponikve eko otok Krk d.o.o. (Miler, 2021). Sustav prikupljanja komunalnog otpada dijeli se na sustav odvojenog prikupljanja komunalnog otpada iz kućanstva po modelu „od vrata do vrata“, sustav prikupljanja komunalnog otpada putem zelenih otoka, sustav prikupljanja putem reciklažnog dvorišta (POSAM) i sustav prikupljanja krupnog (glomaznog) otpada. Zahvaljujući razvoju adekvatne strategije s dugoročnim ciljevima, tvrtka Ponikve je već 2016. godine ostvarila ciljeve određene Planom gospodarenja otpadom Republike Hrvatske. Tvrtka Ponikve nastala je 1986. godine udruživanjem poduzeća Komunalac s poduzećem Ponikve te godišnje prikupi oko 20.000 tona otpada, od čega je 70% za vrijeme ljetnih mjeseci kada se broj stanovnika s 19 500 podigne na 120 000 (Škugor, 2016).

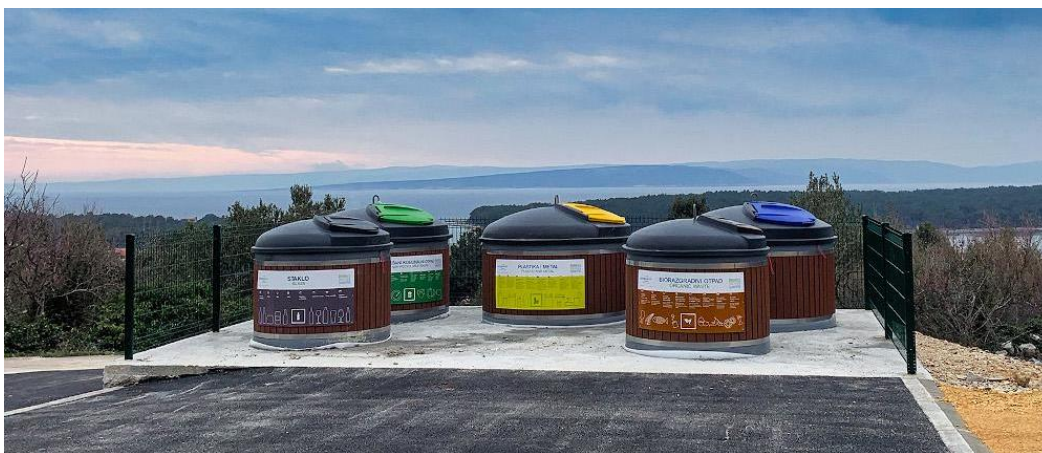
Otok Krk je sa implementacijom sustava primarne selekcije otpada započeo usvajanjem studije "Ekološki zasnovan sustav zbrinjavanja komunalnog otpada otoka Krka". Tvrtka Ponikve eko otok Krk d.o.o. je građanima su omogućila odvojeno prikupljanje otpada, te izgradila vlastitu sortirnicu, kompostanu i ukupno 7 malih reciklažnih dvorišta na kojima se prikuplja glomazni i problematični otpad. Prema Planu gospodarenja otpadom grada Krka za razdoblje od 2017. do 2022. godine (2018), u reciklažnim dvorištima od građana se otkupljuje ambalaža za koju im se isplaćuje naknada od 0,50 kn po komadu (PET, staklo, aluminij). S obzirom da je nemoguće u kućanstvu odvojiti otpad toliko dobro da je odmah spreman za

plasman na tržište, sortirnica je nužna kako bi se otpad mogao dodatno sortirati te zatim balirati. Na temelju potreba tržišta trenutno se na sortirnici izdvaja karton, papir, višeslojna ambalaža, folije, PET ambalaža i ostala plastika.

Otpad se do 2005. godine odlagao na organizirano odlagalište Treskavac, na putu prema Baški, međutim 2005. godine pokrenute su aktivnosti oko dovršetka sanacije odlagališta. Radi boljeg učinka 2011. godine na frekventnijim pozicijama, postavljeni su veći spremnici za bio otpad, te za karton i papir (ponikve.krk, 2021). Početkom 2012. godine u svim centrima sedam jedinica lokalne samouprave postavljen je kontejner za prikupljanje otpadnog tekstila što je rezultiralo sa 15 tona ove vrste otpada do kraja godine. U usporedbi s 2011. godinom, kada je odvojeno prikupljeno 35,3% otpada, taj postotak se 2012. godine povećao na 39,4%, pri čemu najveći rast bilježi bio otpad i zeleni otpad uslijed postavljanja smeđih kontejnera od 1100 litara. Porast udjela odvojeno prikupljenog otpada nastavio se i u 2013. godini, kada je iznosio 43,7%. U 2014. godini na području naselja Krk, Vrh i Punat započelo se s projektom *Eko otok Krk 0% otpada* kojim je uvedeno odvojeno prikupljanje korisnih sirovina iz otpada metodom „od vrata do vrata“ s ciljem povećanja postotka odvojeno prikupljenog otpada.

Tijekom 2015. godine realizirana je rekonstrukcija sortirne linije čime je povećan kapacitet sortirnice te su u funkciju stavljene istovremeno dvije preše za baliranje otpada (ponikve.krk, 2021). Odvojeno prikupljanje korisnih sirovina iz otpada metodom „od vrata do vrata“ tijekom 2016. godine proširilo se na područje cijelog otoka, osim Stare Baške te je 2017. godine odvojeno prikupljeno 54% otpada. Svim korisnicima tijekom 2018. godine, uspostavom druge faze sustava „od vrata do vrata“, podijeljene su žute i plave kante. Prikupljanje otpada metodom „od vrata do vrata“ provodi se na način da se postepeno povlače zajednički kontejneri sa javnih površina, a svako domaćinstvo dobiva svoj set posuda za odvojeno prikupljanje otpada. Oko 20-ak zelenih otoka, od prijašnjih 400, aktivno je i dalje na frekventnim točkama i u centru naselja Krk gdje se mogu zbrinjavati papir, plastika i metal, staklo, biorazgradivi otpad te nerazvrstani (miješani) komunalni otpad. Nakon uspostave druge faze sustava „od vrata do vrata“ 2019. godine postavljeno je na 25 lokacija pet setova polupodzemnih spremnika za odvojeno prikupljanje otpada, vidljivih na slici 5-4., unutar stare gradske jezgre grada Krka, u centrima naselja i nepristupačnim zonama. Osnovna prednost polupodzemnog sustava spremnika je kapacitet zapremine i do 5 m³, dok istovremeno zauzima jednaku površinu kao i 1100 l spremnik. Onečišćenje uslijed neugodnih mirisa eliminirano je jer spremnik koristi

temperaturu zemlje koja hladi pohranjenu masu, dok je gravitacija dodatno sabija uz oslobađanje 30% prostora (DLS D.O.O., 2018). Sustav je 100% zatvoren i stoga ne predstavlja opasnost za podzemne vode tj. okolinu u koju je implementiran. Pražnjenje polupodzemnih spremnika izvodi se samo kada su spremnici 100% puni, što je moguće nadzirati i putem interneta. Sustav je u cijelosti napravljen od materijala koji se recikliraju te su oplata izmjenjive zbog čega ih je moguće uklopiti u cjelinu u kojoj su postavljene. Spremnici se ugrađuju u jamu dubine 1,5 m ili na plutajući ponton, pa samim tim postaju lako dostupni i na rijekama, jezerima i moru (DLS D.O.O., 2018).



Slika 5-4. Polupodzemni spremnici za odvojeno prikupljanje otpada (Grad Krk, 2021)

Osim izgradnje reciklažnog dvorišta u Baški, tijekom 2019. godine započeo je rad županijskog regionalnog centra Marišćina. Sva komunalna poduzeća Primorsko-goranske županije dužna su svoj miješani komunalni otpad zbrinjavati u ŽCGO Marišćina, a cijena prihvata iznosi trenutno 470 kn/t, međutim ista će s vremenom rasti što predstavlja dodatan motiv za ostvarivanje daljnjeg rasta odvojeno prikupljenog otpada. Odvoz miješanog komunalnog otpada u ŽCGO Marišćina provodi se samo djelomično zbog nedovoljnih kapaciteta prihvata i zbrinjavanja u dijelu godine kada se generiraju veće količine otpada. Tijekom 2020. godine odvezeno je 596 t miješanog komunalnog otpada međutim očekuje se povećanje kapaciteta ŽCGO Marišćina što će omogućiti prihvrat i zbrinjavanje miješanog komunalnog otpada s područja otoka Krka (Galović i Košak, 2021).

Komunalno društvo Ponikve eko otok Krk d.o.o. u suradnji sa Zelenom akcijom 2021. godine usvojilo je Odluku o implementaciji “zero waste” strategije s ciljem maksimalnog smanjenja količine odloženog otpada te povećanja ponovne uporabe, recikliranja i

kompostiranja (Zelena akcija, 2021). S obzirom da otok Krk već godinama spada u sam vrh odvojenog prikupljanja i održivog zbrinjavanja otpada u Hrvatskoj pridruživanje međunarodnoj strategiji „zero waste“ bio je logičan potez. Cijevi definirani Odlukom su:

1. 70 % odvojeno prikupljenog otpada i
2. smanjenje količine odloženog otpada sa 235 kg na 150 kg po stanovniku (uključujući turiste).

U svrhu ostvarenja navedenih ciljeva potrebno je da otok Krk, grad Krk i sedam jedinica lokalne samouprave, u predstojećem planskom razdoblju, uz pomoć preporuka Zelene akcije, nastavi aktivnosti unaprjeđenja sustava prikupljanja otpadnog papira, stakla, plastike, metala i krupnog (glomaznog otpada). Također, ključan je i daljnji razvoj infrastrukture i nabava suvremene opreme te provedba izobrazno - informativnih aktivnosti.

Već duži niz godina na području otoka Krka kontinuirano se provode mjere iz Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske čija se implementacija direktno ili indirektno odnosi na jedinice lokalne samouprave.

U tablici 5-1. navedeni su podaci o količinama plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2015. do 2020. godine na području otoka Krka iz kojih je vidljiv kontinuiran porast količina prikupljenog otpada sve do 2020. godine (slika 5-5.). Pad količina odvojeno prikupljenog plastičnog komunalnog otpada u 2020. godini posljedica je pandemije bolesti COVID-19 zbog čega je došlo do pada broja turista na otoku Krku u 2020. godini uslijed zabrane kulturnih događanja, ograničenja rada javnih objekata i otežanih okolnosti ulaska i boravka u Republici Hrvatskoj. U narednim godinama očekuje se da će se udio odvojeno prikupljenog otpada kontinuirano povećavati za 2 do 3% godišnje (Miler, 2021).

Tablica 5-1. Količina plastičnog otpada prikupljenog u periodu od 2015. do 2020. godine na području otoka Krka (ponikve.krk, 2021)

Godina	Količina prikupljenog plastičnog otpada (t)
2015.	726,70
2016.	870,72
2017.	961,01
2018.	994,66
2019.	1024,82
2020.	898,04

Planirane aktivnosti u svrhu povećanja udjela odvojeno prikupljenog otpada uključuju uvođenje naplate prema količini uz naglasak na prevenciji nastanka otpada. Projekt uvođenja naplate prema količini predstavlja izazov mnogim komunalnim društvima, no njegovom primjenom moguće je dodatno pozitivno utjecati na ponašanje građana i postići dodatna smanjenja količina odloženog miješanog komunalnog otpada (Galović i Košak, 2021). U svrhu pravednije naplate potrebno je uvesti i razne pogodnosti poput socijalnog popusta za starije osobe i obitelji s bebama (zbog korištenja higijenskih pelena), bonova za nabavku višekratnih pelena i višekratnih menstrualnih proizvoda, financijske stimulacije i nagrađivanja građana. Također, značajnu ulogu u efikasnom provođenju sustava naplate prema količini ima i komunalno redarstvo te će biti nužno uložiti dodatna sredstva. Uvođenje sustava naplate prema količini, osim povećanja udjela odvojeno prikupljenog otpada, rezultirati će i naglim padom količina odloženog otpada u iznosu od 5% do 15% (Galović i Košak, 2021). U svrhu prevencije nastanka otpada predlaže se otvaranje Centra za ponovnu uporabu, kao onog u Prelogu, i njegova integracija u sustav gospodarenja glomaznim otpadom. Nužno je integrirati i druge inicijative kako bi se ostvarili ciljevi “zero waste” strategije, poput smanjenja jednokratne plastike u javnim ustanovama, poticanja nabave automata za prodaju proizvoda bez ambalaže i slično (Galović i Košak, 2021).

Na lokaciji Treskavac, u sklopu centralnog reciklažnog dvorišta sa sortirnicom i kompostanom, odvojeno prikupljeni otpad se obrađuje i priprema za daljnju upotrebu. Odvojeno prikupljeni otpad manualno se dodatno sortira na razne frakcije te se onda preša, balira i priprema za otpremu (ponikve.krk, 2021). Plastični komunalni otpad sortirani na frakcije LD-

PE, HD-PE, PET, PVC i PP balira se i plasira zainteresiranim oporabiteljima, u najvećem postotku C.I.O.S. grupaciji. Povećani troškovi koji su nastali uvođenjem ovog sustava uspjeli su se umanjiti kroz prihode od prodaje sekundarnih sirovina.

6. DISKUSIJA

Gospodarenje otpadom nužno je provoditi na način da otpad koji se zbrinjava odlaganjem ne predstavlja opasnost za buduće generacije. Sukladno Eurospkoj uniji i nacionalnom zakonodavstvu, Republika Hrvatska do 2022. godine mora postići propisane osnovne ciljeve gospodarenja otpadom. Iako su Donje Međimurje i otok Krk već unaprijedili sustav gospodarenja komunalnim otpadom čime je postignut cilj od 60 % mase odvojeno prikupljenog proizvedenog komunalnog otpada (ponajprije papira, stakla, plastike, metala i biootpada) mnogi gradovi u Republici Hrvatskoj zaostaju za istim. S obzirom na utvrđeno postojeće stanje u gradu Zagrebu prije svega je potrebno uspostaviti transparentnost toka otpada kako bi se motiviralo građane na aktivno sudjelovanje u provođenju adekvatnog sustava gospodarenja otpadom. Prilikom zamolbe pristupa potrebnim podacima za izradu diplomskog rada pojavilo se niz problema kao što su odbijanje suradnje i dostave zatraženih informacija što samo po sebi ostavlja brojna otvorena i nerazjašnjena pitanja. Također, prilikom analiza količina plastičnog komunalnog otpada navednih u Izvješću o održivosti Grupe Zagrebački holding d.o.o. za 2019. godinu i u Izvješću o komunalnom otpadu Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja za istu godinu, ustanovljene su brojne nelogičnosti koje je gotovo nemoguće razjasniti jer se ne može ustanoviti pod koje ključne brojeve otpada Ministarstvo ubraja odvojeno sakupljeni plastični otpad. Prema informacijama iz Zagrebačkog holdinga d.o.o. Podružnica Čistoća, odvojeno sakupljeni plastični komunalni otpad svrstan je isključivo pod ključni broj 15 01 02 ambalaža od plastike - razna ambalaža, međutim kada usporedimo navedene količine dostupne u tablici 4-3. iste se ne poklapaju s količinama plastičnog komunalnog otpada u Izvješću Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja.

Neophodno je provesti i niz promjena u postojećem sustavu gospodarenja otpadom s obzirom da isti nije moguće jednako provoditi diljem grada već je potrebno uspostaviti adekvatan sustav gospodarenja otpadom u pojedinim dijelovima grada i stambenim objektima. U okviru napora za postizanje propisanih osnovnih ciljeva, posebnu pozornost je potrebno posvetiti edukaciji i podizanju svijesti prvenstveno na području reciklaže, smanjenja upotrebe plastike, pitanja bacanja otpada u okoliš i nesvjesnog bacanja hrane.

Također, osim problema u provedbi adekvatnog sustava gospodarenja otpadom, nužno je skrenuti pozornost na problem pravilne nomenklature pojedinih pojmova iz područja recikliranja plastičnog otpada i općenito gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj. Prema

Hrnjak-Murđić (2021b) problem neadekvatne nomenklature nastaje prilikom prijevoda stranih pojmova i suradnje s jezikoslovcima pri čemu se vrlo često prednost daje stilski prikladnijem pojmu. Na primjer, u potpoglavlju 2.2.4. eng. pojam *syngas*, odnosno produkt rasplinjavanja plastičnog otpada koji se može koristiti kao gorivo ili sirovina za proizvodnju vodika, metanola, amonijaka ili octene kiseline, u hrvatskoj nomenklaturi prevodi se kao sintetički plin, sintetski plin i sintezni plin.

7. ZAKLJUČAK

U svrhu ostvarenja ciljeva propisanih od strane Europske unije i uspostave adekvatnog sustava gospodarena otpadom u Republici Hrvatskoj potrebno je osigurati sredstva dovoljna za provedbu prikupljanja, odvoza, obrade i odlaganja otpada. Osim financijskih sredstava i opreme, nužno je provesti reviziju planova gospodarenja otpadom i ponuditi konkretna rješenja koja bi u što kraćem roku polučila prijeko potrebne rezultate. Važno je naglasiti da će u skorije vrijeme Republika Hrvatska započeti s plaćanjem dnevnih penala definiranih od strane Europske komisije zbog neispunjenja ciljeva propisanih do 2020. godine što bi potencijalno moglo utjecati i na račune građana. Izmjena cijene naplate usluge nedvojbeno je najveća motivacija građanima za proaktivna pristup gospodarenju otpadom. U Republici Hrvatskoj zauzet je stav prema kojemu se problem gospodarenja otpadom rješava na razini županija, zbog čega značajan problem predstavlja neuređeni sustav gospodarenja otpadom Grada Zagreba gdje, osim niza problema vezanih uz gospodarenje i zbrinjavanje otpada, najveći problem predstavlja nemogućnost praćenja toka otpada u gradu Zagrebu i netransparentnost sustava. Primarni cilj je uspostaviti transparentnost toka otpada u gradu Zagrebu kako bi se dodatno motiviralo građane na aktivno sudjelovanje uz adekvatno provođenje gospodarenja otpadom s obzirom na stambeno pitanje, a ne samo s obzirom na dio grada u kojemu se nalazi stambeni objekt.

Grad Osijek je zahvaljujući naporima koji se ulažu u razvoj sustava gospodarenja otpadom uvršten među 302 grada i 6.971.424 građana koji su prihvatili „Zero Waste“ koncept u Europskoj Uniji, međutim iako je porast količina odvojeno prikupljenog plastičnog otpada konstantan, 2020. godine nije postignut definirani cilj povećanja recikliranja na minimalno 50%. U korist ostvarenju definiranog cilja ne ide ni činjenica kako se na tržištu nalazi znatna količina nereciklabilnih materijala ili ponekad samo tržišno neisplativih frakcija s oznakom 7 (other), što označava mješavinu materijala te mogućnost recikliranja gotovo da i ne postoji. Iako bi problem mogao biti riješen intervencijom Vlade Republike Hrvatske i nadležnih institucija, čini se kako ćemo na razvoj adekvatnog i dugoročnog rješenja ipak morati pričekati.

Otok Krk kontinuirano prvođi aktivnosti u svrhu povećanja odvojeno prikupljenog otpada, te u nadolazećem periodu komunalno društvo Ponikve eko otok Krk d.o.o. planira uvođenje naplate prema količini uz naglasak na prevenciji nastanka otpada. Projekt uvođenja naplate prema količini naočigled se čini najadekvatniji sustav naplate međutim osim što predstavlja izazov mnogim komunalnim društvima, kako u financijskom tako i u kadrovskom

smislu, posebno zahtijevno ga je provoditi zbog iznimne turističke sezonalnosti. Golemi financijski izdaci u svrhu uspostave sustava neupitno će se odraziti na cijenu naplate usluge što bi moglo rezultirati neispunjenjem očekivanja građana o iznosu smanjenja cijene naplate usluge te u konačnici djelovati demotivirajuće na građane.

Iako se ulaganja u razvoj adekvatnog sustava gospodarenja otpadom i naponi potrebni za provedbu istoga mogu činiti nelogičnim i prezahtijevnim u usporedbi s odlaganjem otpada na deponijama, nužno je svijest ljudi i odgovornih pojedinaca usmjeriti na dugoročne ciljeve. Neosporiv je doprinos plastičnog komunalnog otpada klimatskim promjenama i neprekidan utjecaj istoga na mora, vodotokove i krajolik, međutim onečišćenjem plastikom se može i mora upravljati. Živimo u svijetu koji se izrazito oslanja na plastiku, zbog čega problem gospodarenja plastičnim komunalnim otpadom treba promatrati globalno i implementirati već neke postojeće uspješne sustave.

8. LITERATURA

ANIĆ VUČINIĆ, A., VUJEVIĆ, D., PTIČEK SIROČIĆ, A., BEDE, Z., ŠPOLJARIĆ, E., MELNJAK, I., 2014. Mogućnosti materijalne uporabe ambalaže od plastike. U: XIII. međunarodni simpozij gospodarenje otpadom: zbornik radova, Zagreb, Hrvatska, 6.–7.11.2014. Zagreb: Geotehnički fakultet, str. 181-195.

AL-SALEM, S.M., LETTIERI, P., BAEYENS, J. 2009. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management*, vol. 29, 10, 2625-2643.

BUKVIĆ, D., KRIŠKOVIĆ, D., ŠARAVANJA BELAMARIĆ, M., KRAJINA, D., 2020. Elaborat gospodarenja otpadom, CE-ZA-R d.o.o. za obavljanje djelatnosti sakupljanja postupcima S i IS, uporabe postupcima PU, R3, R4, R5, R12, R13 i i zbrinjavanja postupkom D15 za neopasni otpad, Rijeka.

C.I.O.S. GRUPA d.o.o., 2021. CE-ZA-R Centar za reciklažu d.o.o. Zagreb. URL: <https://www.ciosgrupa.com/clanice/ce-za-r-centar-za-reciklazu-d-o-o> (pristupljeno: 17.9.2021.).

C.I.O.S. GRUPA d.o.o., 2021. CE-ZA-R Centar za reciklažu d.o.o. URL: <https://www.bisnode.hr/globalassets/hrvatska/bisnode4excellence/cezar.pdf> (pristupljeno: 17.9.2021.).

DELVA, L., VAN GEEM, K., RAGAERT, K. 2017. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, 69, pp. 24-58.

DLS D.O.O., 2018. Plan gospodarenja otpadom Grada Krka za razdoblje od 2017. do 2022. godine, Rijeka.

ĐURĐEVIĆ, D., JELAVIĆ, B., 2018. Otpad kao izvor energije i utjecaj energetske uporabe otpada na okoliš. U: Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije - HO CIRED: 6. (12.) savjetovanje, Opatija, Hrvatska, 13. - 16. svibnja 2018. Zagreb: Energetski institut Hrvoje Požar.

FOLDING D.O.O., 2021. Gospodarenje neopasnim otpadom. URL: <http://folding.hr/index.php/home-gospodarenje-otpadom> (pristupljeno: 20.8.2021.).

FOLDING D.O.O., 2021b. Pisani i usmeni podaci dobiveni od strane zaposlenika tvrtke Folding d.o.o.

FUNDURULJA, D., ANIĆ VUČINIĆ, A., KRIŠTO, L., 2018. Elaborat gospodarenja otpadom, Drava International d.o.o. Osijek za obavljanje djelatnosti sakupljanja, oporabe i druge obrade postupcima S, PP, R12, R13 i R3 za NEOPASNI otpad, Zagreb.

FUNDURULJA, D., 2009. Spoj tradicije i zanimljivih rješenja. FONDEKO svijet-Naučno popularna revija o prirodi, čovjeku i ekologiji, 29, str. 23-25.

GALOVIĆ, M., KOŠAK, M., 2015. Analiza sustava gospodarenja otpadom Donjeg Međimurja, naručitelj: GKP PRE-KOM d.o.o., Prelog.

GALOVIĆ, M., KOŠAK, M. 2021. Analiza sustava gospodarenja otpadom na otoku Krku s preporukama za ispunjenje kriterija za status 'kandidat za Zero Waste grad/općinu' te za status 'Zero Waste grad/općina', Zagreb.

GKP PRE-KOM d.o.o., 2021. Ciljevi Zero Waste JLS-ova do 2025. URL: <https://www.pre-kom.hr/zero-waste-2025.html>. (pristupljeno: 27.9.2021.).

GKP PRE-KOM d.o.o., 2021. Sortirnica. URL: <https://www.pre-kom.hr/sortirnica.html> (24.9.2021.).

Grad Krk, 2021. Nabava četiri seta polupodzemnih spremnika za odvojeno prikupljanje otpada. URL: <https://www.grad-krk.hr/nabava-cetiri-seta-polupodzemnih-spremnika-za-odvojeno-prikupljanje-otpada> (pristupljeno: 5.10.2021.).

GRADSKA SKUPŠTINA GRADA ZAGREBA, 2018. Plan gospodarenja otpadom grada Zagreba za razdoblje 2018. - 2023. godine, Zagreb.

HRNJAK-MURGIĆ, Z. 2016. Gospodarenje polimernim otpadom, sveučilišni priručnik, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

HRNJAK-MURGIĆ, Z. 2021b. Pisani i usmeni podaci dobiveni od strane prof. dr. sc. Zlata Hrnjak-Murčić

KOMADINA, I., KRIŠKOVIĆ, D., ŠARAVANJA BELAMARIĆ, M., KOMADINA PEROVIĆ, M., MAROHNIC, L., 2018. Elaborat gospodarenja otpadom, REOMA GRUPA

d.o.o. za obavljanje djelatnosti sakupljanja postupkom S, interventnog sakupljanja postupkom IS, pripreme za ponovnu upotrebu postupkom PU, oporabe postupkom R3, oporabe postupkom R12, oporabe postupkom R13, zbrinjavanja postupkom D13, zbrinjavanja postupkom D15 za neopasni otpad, Rijeka.

KOMADINA, I., KRIŠKOVIĆ, D., ŠARAVANJA BELAMARIĆ, M., KRAJINA, D., DUBOVEČAK, I., KOMADINA PEROVIĆ, M. 2018. Elaborat gospodarenja otpadom, Pos-Plast d.o.o. za obavljanje djelatnosti sakupljanja postupkom S i IS i oporabe postupcima R3, R12 i R13 za neopasni otpad, Rijeka.

KUČAR DRAGIČEVIĆ, S., BUTUČI, J., KUFRIN, J. 2006. Zbrinjavanje otpada u Republici Hrvatskoj- postojeće stanje. Arhiv za higijenu rada i toksikologije, 57(3), str. 263-266.

LEKO, J. 2020. Politika upravljanja kvalitetom, okolišem, zdravljem i sigurnošću na radu Zagrebačkog holdinga d.o.o. Podružnice Čistoća. URL: <https://www.cistoca.hr/o-nama/profil-1472/certifikati-1476/1476> (pristupljeno: 10.9.2021.).

LUGPLAST D.O.O., 2017. Recikliranjem stvaramo novu vrijednost otpadu!. URL: <https://lugplast.hr/> (pristupljeno: 27.9.2021.).

LUGPLAST D.O.O., 2017. Saznajte više o nama. URL: <https://lugplast.hr/index.php/o-nama/> (pristupljeno: 27.9.2021.).

MILER, Č., 2021. Izvješće o izvršenju Plana gospodarenja otpadom za grad Krk u 2020. godini, Grad Krk.

NARODNE NOVINE br. 90/2015. Pravilnik o katalogu otpada. Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. 84/2021. Zakon o gospodarenju otpadom. Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. 94/2013. Zakon o održivom gospodarenju otpadom. Zagreb: Narodne novine d.d.

PIGNERI, A. 2014. Gasification Facts: Waste Gasification. Gasification Technologies Council (GTC).

- PONIKVE.KRK, 2021. Sustav prikupljanja otpada OD vrata DO vrata. URL: <http://www.ekootokkrk.hr/sustav-prikupljanja-otpada-od-vrata-do-vrata> (pristupljeno: 6.10.2010.).
- PONIKVE.KRK, 2021. Povijest društva. URL: <http://www.ponikve.hr/povijest-drustva> (pristupljeno: 29.9.2021.).
- PONIKVE.KRK, 2021. Prikupljene količine i udjeli vrsta otpada. URL: <http://www.ponikve.hr/prikupljene-kolicine-i-udjeli-vrsta-otpada> (pristupljeno: 6.10.2021.).
- POS-PLAST, 2021. O nama. URL: <https://pos-plast.hr/o-nama/> (pristupljeno: 15.8.2021.).
- POS-PLAST D.O.O., 2021b. Pisani i usmeni podaci dobiveni od strane zaposlenika tvrtke Pos-Plast d.o.o.
- POŽAR, H. 1976. Tehnička enciklopedija. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod. sv. 5, str. 460-469
- PTIČEK SIROČIĆ, A., ĐURINA, M., ŠPOLJARIĆ, E. 2016. Oporaba pet ambalaže. Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- RECIKLAŽNO DVORIŠTE PERUN, 2021. Red prvenstva u gospodarenju otpadom. URL: <https://www.reciklaznodvoristeperun.hr/otpad.html> (pristupljeno: 22.10.2021.).
- REOMA GRUPA, 2021. O nama. URL: <https://www.reomagrupa.hr/o-nama/> (pristupljeno: 18.9.2021.).
- RUNKO LUTTENBERGER, L., 2011. Gospodarenje vodom i otpadom. Rijeka: Naklada Kvarner.
- SCHEIRS, J., 1998. Polymer Recycling: Science, Technology and Applications. 1. izd. Chichester, Ujedinjeno Kraljevstvo. John Wiley and Sons Ltd.
- ŠERCER, M., OPSENICA, D., BARIĆ, G., 2000. Oporaba plastike i gume. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Mtg-topgraf, Zagreb.
- ŠKUGOR, T. 2016. Razvoj sustava primarne selekcije komunalnog otpada u Gradu Osijeku. Specijalistički rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Institut Ruđer Bošković, Zagreb.

ŠPANIČEK KANOTI, B., 2017. Centar za ponovnu uporabu: Novi život za stari namještaj i stvari. URL: <https://medjimurje.hr/pod-medimurskim-nebom/svijet-oko-nas/centar-za-ponovnu-uporabu-novi-zivot-za-stari-namjestaj-i-stvari-29233/> (prisutpljeno: 27.9.2021.).

UNIKOM D.O.O., 2014. Sektor gospodarenja otpadom. URL: <http://unikom.hr/radna-jedinica-cistoca/> (pristupljeno: 17.8.2021.).

UNIKOM D.O.O., 2021b. Pisani i usmeni podaci dobiveni od strane zaposlenika tvrtke Unikom d.o.o.

ZAGREBAČKI HOLDING D.O.O., 2021. Profil. URL: <https://www.zgh.hr/o-nama/profil/13> (pristupljeno: 5.9.2021.).

ZAGREBAČKI HOLDING D.O.O., 2018. Integrirano godišnje izvješće Zagrebačkog holdinga za 2018. godinu zajedno s nekonsolidiranim i konsolidiranim izvješćima neovisnog revizora. URL: <https://www.zgh.hr/o-nama/izvjesca/19> (pristupljeno: 15.9.2021.).

ZAGREBAČKI HOLDING D.O.O., 2019. Izvješće o održivosti - Nefinancijsko izvješće Grupe Zagrebački holding za 2019. godinu. URL: <https://www.zgh.hr/o-nama/izvjesca/19> (pristupljeno: 5.10.2021.).

ZAGREBAČKI HOLDING D.O.O., 2020. Izvješće o održivosti - Nefinancijsko izvješće Grupe Zagrebački holding za 2020. godinu. URL: <https://www.zgh.hr/o-nama/izvjesca/19> (pristupljeno: 5.10.2021.).

ZAGREBAČKI HOLDING D.O.O. PODRUŽNICA ČISTOĆA, 2021. Pilot projekt istraživanja spremnosti građana za odvojeno skupljanje korisnog otpada. URL: <https://www.cistoca.hr/projekti-za-okolis-9/pilot-projekt-istrazivanja-spremnosti-gradjana-za-odvojeno-skupljanje-korisnog-otpada/1557> (pristupljeno: 6.9.2021.).

ZAGREBAČKI HOLDING D.O.O. PODRUŽNICA ČISTOĆA, 2021. Spremnici za odvojeno skupljanje otpada dobiveni putem Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. URL: <https://www.cistoca.hr/projekti-za-okolis-9/spremnici-za-odvojeno-skupljanje-otpada-dobiveni-putem-fonda-za-zastitu-okolisa-i-energetsku-ucinkovitost/4105> (pristupljeno: 8.9.2021.).

ZAGREBAČKI HOLDING D.O.O., 2021b. Pisani i usmeni podaci dobiveni od strane zaposlenika tvrtke Zagrebački holding d.o.o.

ZELENA AKCIJA, 2015. Donje Međimurje - prvi hrvatski Zero Waste!. URL: https://zelena-akcija.hr/hr/programi/otpad/donje_medimurje_prvi_hrvatski_zero_waste (pristupljeno: 23.9.2021.).

ZELENA AKCIJA, 2016. Usvajanjem preporuka Zelene akcije, Donje Međimurje pristupilo društvu najboljih EU praksi u gospodarenju otpadom. URL: https://zelena-akcija.hr/hr/programi/otpad/usvajanjem_preporuka_zelene_akcije_donje_medimurje_pristupilo_o_drustvu_najboljih_eu_praksi_u_gospodarenju_otpadom (pristupljeno: 23.9.2021.).

ZELENA AKCIJA, 2021. Prvi hrvatski RE-USE centar i dvije nove zero waste općine. URL: https://zelena-akcija.hr/hr/programi/otpad/prvi_hrvatski_re_use_centar_i_dvije_nove_zero_waste_opcine (pristupljeno: 26.9.2021.).

ZELENA AKCIJA, 2019. Može se! Tri nove zero waste općine u Hrvatskoj! URL: https://zelena-akcija.hr/hr/programi/otpad/moze_se_tri_nove_zero_waste_opcine_u_hrvatskoj (pristupljeno: 27.9.2021.).

ZELENA AKCIJA, 2021. Otok Krk u suradnji sa Zelenom akcijom na putu do “zero waste” certifikata. URL: https://zelena-akcija.hr/hr/projekti/aktualni_projekti/zero_waste_gradovi_i_opcine/otok_krk_u_suradnji_sa_zelenom_akcijom_na_putu_do_zero_waste_certifikata (pristupljeno: 28.9.2021.).



KLASA: 602-04/21-01/258
URBROJ: 251-70-15-21-2
U Zagrebu, 4. 11. 2021.

Nina Zubac, studentica

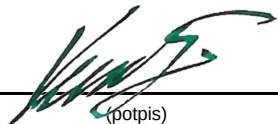
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/258, URBROJ: 251-70-15-21-1 od 26.10.2021. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

GOSPODARENJE PLASTIČNIM KOMUNALNIM OTPADOM U REPUBLICI HRVATSKOJ DO 2021. GODINE

Za mentora ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada Izv. prof. dr. sc. Želimir Veinović nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentoricu Doc. dr. sc. Anamarija Grbeš.

Mentor:


(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Želimir Veinović

(titula, ime i prezime)

Komentorica:


(potpis)

Doc. dr. sc. Anamarija Grbeš

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:


(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:


(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)