

Inovativne
AKCIJE
za zelenu
BUDUĆNOST



Naziv publikacije

Inovativne akcije za zelenu budućnost

Izdavač

Građanska alijansa

Za izdavača

Milan Radović

Autor publikacije

Ratko Pavićević, dipl. Inž.

Prelom i dizajn

Studio Fler

Štampa

AP Print

Tiraž

60 primjeraka

Godina i mjesto izdanja

Maj 2025, Podgorica



Publikacija je izrađena kroz projekat „Inovativne akcije za zelenu budućnost“ uz podršku
Eko fonda – Fonda za zaštitu životne sredine Crne Gore.

Sadržaj publikacije je isključiva odgovornost autora i ne odražava nužno stavove
Eko fonda – Fonda za zaštitu životne sredine.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	9
2. ISTORIJSKI RAZVOJ UPRAVLJANJA OTPADOM	11
3. ZAKONSKI OKVIR ZA UPRAVLJANJE OTPADOM	13
3.1. MEĐUNARODNI PROPISI O UPRAVLJANJU OTPADOM	13
3.1.1. ZAKONSKI OKVIR O OTPADU U EVROPSKOJ UNIJI	14
3.1.2. ZAKONSKI OKVIR O OTPADU U CRNOJ GORI.....	19
4. TRENUTNA SITUACIJA U CRNOJ GORI VEZANA ZA UPRAVLJANJE KOMUNALNIM OTPADOM.....	23
4.1. PRIMJER DOBRE PRAKSE	35
5. ISKUSTVA U UPRAVLJANJU OTPADOM U REGIONU.....	37
5.1. UPRAVLJANJE OTPADOM U REPUBLICI SRBIJI	37
5.1.1. PRIMJER DOBRE PRAKSE	40
5.2. UPRAVLJANJE OTPADOM U REPUBLICI HRVATSKOJ	41
5.2.1. PRIMJER DOBRE PRAKSE	47
5.3. UPRAVLJANJE OTPADOM U REPUBLICI SLOVENIJI	49
5.3.1. PRIMJER DOBRE PRAKSE	52
6. TEHNOLOŠKI PROCESI UPRAVLJANJA OTPADOM.....	55
6.1. MEHANIČKO-BIOLOŠKI TRETMAN OTPADA	55
6.1.1. KOMPOSTIRANJE	55
6.1.1.1. AEROBNO KOMPOSTIRANJE.....	56
6.1.1.2. ANAEROBNO KOMPOSTIRANJE.....	57
6.1.1.3. VERMIKOMPOSTIRANJE.....	58
6.1.1.4. TERMOFILNO KOMPOSTIRANJE (kompostiranje na visokim temperaturama).....	59

6.1.1.5. BOKASHI KOMPOSTIRANJE	59
6.1.2. RDF/SRF GORIVO	61
6.1.3. ANALIZA PRIMJENE MBT TEHNOLOGIJE U CRNOJ GORI	65
6.2. TERMIČKA OBRADA OTPADA.....	67
6.2.1. SPALIONICE (INSINERATORI).....	68
6.2.1.1. SPALIONICE SA REŠETKAMA.....	70
6.2.1.2. SPALIONICE SA FLUIDIZOVANIM SLOJEM	74
6.2.1.3. ROTACIONE PEĆI	77
6.2.1.4. ANALIZA PRIMJENE TEHNOLOGIJE INSINERACIJE U CRNOJ GORI	79
6.2.2. PIROLIZA.....	80
6.2.2.1. ANALIZA PRIMJENE TEHNOLOGIJE PIROLIZE U CRNOJ GORI	84
6.2.3. GASIFIKACIJA.....	84
6.2.3.1. ANALIZA PRIMJENE TEHNOLOGIJE GASIFIKACIJE U CRNOJ GORI	88
6.2.4. PLAZMA TEHNOLOGIJA	90
6.2.4.1. ANALIZA PRIMJENE PLAZMA TEHNOLOGIJE U CRNOJ GORI	93
6.3. PRIMJENA ROBOTIKE I AI TEHNOLOGIJE U SELEKCIJI OTPADA.....	93
6.3.1. ANALIZA PRIMJENE ROBOTIKE I AI TEHNOLOGIJE U SELEKCIJI OTPADA U CRNOJ GORI.....	99

7. PREDLOZI I MJERE ZA UNAPREĐENJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE OTPADOM U CRNOJ GORI..... 103

7.1. UNAPREĐENJE ZAKONSKOG I INSTITUCIONALNOG OKVIRA.....	103
7.1.1. UVOĐENJE STROGIH PROPISA I KAZNENIH MJERA ZA NELEGALNO ODLAGANJE OTPADA.....	103
7.1.2. IZRADA KVALITETNIJIH PODZAKONSKIH AKATA	103
7.2. OPTIMIZACIJA SAKUPLJANJA I OBRADE OTPADA.....	104
7.3. RAZVOJ INFRASTRUKTURE ZA SAKUPLJANJE I RECIKLAŽU OTPADA.....	104
7.4. SPROVOĐENJE PROGRAMA PROŠIRENE ODGOVORNOSTI PROIZVOĐAČA (EPR).....	104
7.5. FINANSIJSKI I EKONOMSKI PODSTICAJI ZA RECIKLAŽU I UPRAVLJANJE OTPADOM	105
7.6. EDUKACIJA I PODIZANJE SVIJESTI JAVNOSTI.....	105

8. LITERATURA I IZVORI 107

SADRŽAJ SLIKA:

Slika 1: Proračunate količine komunalnog otpada po opštinama (Izvor nacrt Državnog plana upravljanja otpadom za period 2025-2029. godina)	23
Slika 2: Sakupljene i stvorene količine komunalnog otpada 2011 - 2023. (Izvor MONSTAT)	24
Slika 3: Ukupno proizvedeni komunalni otpad po glavi stanovnika godišnje, 2011 - 2023. (Izvor MONSTAT)	25
Slika 4: Ukupno proizvedeni komunalni otpad po glavi stanovnika po danu, 2011 - 2023. (Izvor MONSTAT)	25
Slika 5: Reciklažni centar na Žabljaku (Izvor privatna arhiva)	26
Slika 6: Sanacija odlagališta "Mislov do" kod Nikšića (Izvor privatna arhiva)	28
Slika 7: Odloženi komunalni otpad po godinama (Izvor deponija Možura d.o.o.)	29
Slika 8: Izgled deponije Možura (Izvor deponija Možura d.o.o.)	29
Slika 9: Panoramski izgled deponije u Podgorici (Izvor Deponija d.o.o.)	30
Slika 10: Izgled bedema na sanitarnim kadama 1, 2 i 3 (Izvor Deponija d.o.o.)	30
Slika 11: Odloženi komunalni otpad po godinama (Izvor Deponija d.o.o.) ...	31
Slika 12: Izgled Pogona za tretman procjeditih voda (Izvor Deponija d.o.o.) ..	31
Slika 13: Unutrašnjost Reciklažnog centra (Izvor Deponija d.o.o.)	32
Slika 14: Unutrašnjost Pogona za reciklažu otpadnih vozila (Izvor Deponija d.o.o.)	32
Slika 15: Količine preuzetih ambalažnih materijala bez nadoknade (Izvor Deponija d.o.o.)	33
Slika 16: Unutrašnjost pogona "3D sobe" i dio proizvoda od reciklirane plastike (Izvor "3D soba")	36
Slika 17: Izgled spalionice u Vinči	40
Slika 18: Unutrašnjost pogona "E-reciklaže" (Izvor privatna arhiva)	41
Slika 19: Obuhvat stanovništva organizovanim sakupljanjem komunalnog otpada u RH u razdoblju od 1995. do 2023. godine	42
Slika 20: Količine ukupno nastalog komunalnog otpada u RH, 1995.-2023. godina	43
Slika 21: Godišnje količine nastalog komunalnog otpada po stanovniku u RH, 1995.-2023. godina	43
Slika 22: Udio recikliranja u RH u razdoblju od 2010. do 2023. godine u odnosu na propisane ciljeve	44
Slika 23: Količine nastalog komunalnog otpada po stanovniku i procijenjene stope recikliranja komunalnog otpada u 2023. godini po županijama	45
Slika 24: Položaj i status realizacije planiranih Centara za upravljanje otpadom, april 2023. godine	46

Slika 25: Detalj preuzimanja biorazgradivog otpada od građana Koprivnice.....	48
Slika 26: Detalji otvorenog i zatvorenog dijela kompostane	48
Slika 27: Generisani i odloženi komunalni otpad	50
Slika 28: Panoramski prikaz RCERO Ljubljana.....	52
Slika 29: Kompost RASTKO dobijen u RCERO Ljubljana.....	53
Slika 30: Primjer aerobnog kompostiranja u Kotoru (izvor DOO Komunalno Kotor).....	56
Slika 31: Primjer anaerobnog kompostiranja (izvor DRAVA Vodnogospodarsko podjetje Ptuj d.o.o.)	57
Slika 32: Primjer postrojenja za vermikompostitanje.....	58
Slika 33: Primjer postrojenja za termofilno kompostitanje.....	59
Slika 34: Primjer punjenja Bokashi kante i dodavanje “startera”	60
Slika 35: Tipičan tehnološki proces dobijanja RDF goriva	61
Slika 36: Detalji iz kompanije GIREXIM S.R.L. (izvor privatna arhiva)	64
Slika 37: Procenat izvatka materijala u Reciklažnom centru (izvor Deponija d.o.o.).....	65
Slika 38: Šema procesa tipičnog postrojenja za spaljivanje otpada (UVP GmbH).....	69
Slika 39: Izgled klipne i “roller” rešetke (izvor DOOSAN LENTJES).....	70
Slika 40: Prikaz izbora rešetke zavisno od kalorične moći otpada (izvor DOOSAN LENTJES).....	70
Slika 41: Detalji iz spalionice Copenhill (izvor privatna arhiva)	72
Slika 42: Pogled na kraljevsku palatu sa vrha spalionice Copenhill (izvor privatna arhiva).....	73
Slika 43: Tipični izgled peći sa fluidizovanim slojem	75
Slika 44: Spalionica u izgradnji, ELIXIR d.o.o. Prahovo (izvor privatna arhiva).....	76
Slika 45: Tipični izgled rotacione peći.....	77
Slika 46: Pregled spalionica u Evropi 2022. (izvor CEWEP)	78
Slika 47: Tehnološki postupak pripreme otpada za pirolizu	82
Slika 48: Pripremljeni plastični otpad za pirolizu (izvor privatna arhiva).....	82
Slika 49: Produkti procesa pirolize (izvor privatna arhiva)	83
Slika 50: Tehnološki proces dobijanja sintetičkog gasa.....	85
Slika 51: Produkti gasifikacije od različitih ulaznih sirovina (izvor Waste Powertech SRL).....	86
Slika 52: Raspad komunalnog otpada u funkciji vremena.....	89
Slika 53: Prikaz tehnološkog procesa gasifikacije otpada upotrebom plazma gasifikatora	91
Slika 54: Heavy picker.....	94
Slika 55: Fast picker.....	95
Slika 56: Infracrveni sistemi za sortiranje	95

Slika 57: Vizuelni system identifikacije.....	96
Slika 58: Optički sortirer.....	96
Slika 59: Detalji iz kompanije SAKER GROUP (izvor privatna arhiva)	98
Slika 60: Primjer kanti iz naselja Dobrota	100

SADRŽAJ TABELA:

Tabela 1: Ključni zahtjevi Direktive 2018/851 EU.....	15
Tabela 2: Ključni zahtjevi Direktive 2018/852 EU.....	17
Tabela 3: Centri za reciklažu otpada u Crnoj Gori (Izvor nacrt Državnog plana upravljanja otpadom za period 2025-2029. godina).....	27
Tabela 4: Indikatori komunalnog otpada prema Eurostat-u, za Republiku Srbiju (Izvor SEPA 2023.)	38
Tabela 5: Karakteristični indikatori za upravljanje otpadom za period 2002 -2022. godina.....	51
Tabela 6: Glavne razlike RDF i SRF goriva	62
Tabela 7: Količina proizvedenog goriva iz otpada i način njegovog korišćenja u (t/god).....	62
Tabela 8: Tipični sastav sintetičkog gasa	85
Tabela 9: Tipični sastav deponijskog gasa	89



1. UVOD

Otpad predstavlja jedan od ključnih ekoloških i infrastrukturnih izazova savremenog društva, a njegov rast je neizbježna posledica modernog načina života. Povećanje broja stanovnika, ubrzana urbanizacija, industrijalizacija a posebno promjene u potrošačkim navikama doprinose ne samo povećanju količine otpada, već i njegovoj sve većoj raznovrsnosti. Neadekvatno upravljanje otpadom može dovesti do ozbiljnih ekoloških problema, uključujući zagađenje vazduha, vode i zemljišta. Sasvim logično svi ovi problemi vode do negativnih uticaja na biodiverzitet, zdravlje ljudi kao i ekonomski razvoj društva.

Upravljanje otpadom se danas zasniva na principima cirkularne ekonomije, hijerarhiji ili "piramidi" otpada te primjeni inovativnih tehnologija za reciklažu i ponovnu upotrebu. Ono što je imperativ u svim nacionalnim ili evropskim zakonodavstvima je poseban naglasak na prevenciji nastanka otpada, ponovnoj upotrebi i reciklaži, dok se odlaganje na deponije svodi na najmanju moguću mjeru. Ipak, u mnogim sredinama još uvijek dominiraju zastarjele metode poput nekontrolisanog odlaganja i/ili neefikasne reciklaže, što naravno nije dugoročno održivo.

Savremene tehnologije igraju ključnu ulogu u unapređenju procesa obrade otpada, povećanju stepena reciklaže i efikasnijem korištenju resursa. Automatizovani sistemi za razvrstavanje, napredne metode termičke i biološke obrade otpada, kao i uvođenja vještačke inteligencije, doprinose smanjenju ekološkog otiska i kreiranju održivih rješenja.

Ovaj rad pored trenutnog stanja u Crnoj Gori i zemljama okruženja, analizira različite metode upravljanja otpadom, njihove prednosti i nedostatke te primjere dobre prakse. Cilj je istaknuti važnost integrisanog pristupa, koji uključuje zakonodavni okvir, tehnološka rješenja i angažman svih društvenih aktera, kako bi se osigurao održiv i ekološki prihvatljiv sistem upravljanja otpadom.



2. ISTORIJSKI RAZVOJ UPRAVLJANJA OTPADOM

Razvoj ljudske civilizacije oduvijek je bio povezan s načinima upravljanja otpadom, koji su se kroz vijekove prilagođavali potrebama društva i dostupnim resursima. Od najranijih zajednica do savremenih društava, postupanje s otpadom odražavalo je tehnološki, ekonomski i slobodno se može reći i kulturni nivo jednog vremena.

U predindustrijskim vremenima, otpad je bio pretežno prirodnog porijekla – pe-
peo, drvo, kosti i biljni otpad. Prvi poznati pokušaji organizovanog odlaganja
otpada potiču iz drevnog Knososa na Kritu, gdje je oko 3000. godine p.n.e. us-
postavljena kontrolisana deponija. Sličan sistem razvijen je u Atini oko 2500.
godine p.n.e., kada je uvedena obaveza odlaganja otpada na lokacije udaljene
od gradskih zidina. U gradovima Rimskog carstva, kao i u drevnoj Indiji, Kini i
Jerusalimu, posebna pažnja posvećivana je čistoći i higijeni, a rimske vlasti us-
postavile su prve organizovane službe za odvoz smeća.

Srednji vijek donio je značajan pad komunalne higijene, a u nedostatku efikasnih
sistema, otpad se najčešće odlagao na ulicama, zajedno s fekalijama i uginulim
životinjama. Takav način postupanja doveo je do ozbiljnih ekoloških i zdravstve-
nih problema, uključujući izbijanje epidemija poput crne kuge. Engleski parla-
ment je u 14. vijeku uveo prve regulative koje su zabranjivale odlaganje otpada
na ulicama i propisivale obavezu održavanja dvorišta i javnih prostora.

Industrijska revolucija u 18. i 19. vijeku donijela je naglu urbanizaciju i poveća-
nje količine industrijskog i komunalnog otpada. Neadekvatno odlaganje počelo
je predstavljati ozbiljan problem za zdravlje stanovništva i životnu sredinu. Pod
pritiskom epidemija poput kolere, krajem 19. vijeka razvijeni su novi pristupi
upravljanju otpadom – 1874. godine u Notingemu je izgrađena prva spalionica
otpada, a slični objekti ubrzo su nastali i u drugim zemljama, uključujući Sjedi-
njene Američke Države, Njemačku, Francusku i Kanadu.

U 20. vijeku, deponovanje je ostalo dominantna metoda zbrinjavanja otpada, ali
je 1959. godine objavljeno prvo uputstvo za sanitarno odlaganje, kojim su uve-
dene osnovne mjere zaštite životne sredine. Nakon Drugog svjetskog rata, svijest
o važnosti zaštite prirodnih resursa počela je rasti, a 1970-ih i 1980-ih godina
identifikovani su ekološki problemi povezani s deponijama, poput kontaminacije
podzemnih voda i emisije štetnih gasova. Naime, glavni sastojak deponijskih ga-
sova je metan koga ima od 40-60%. Pored toga što je veoma zapaljiv, kao GHG
(Green House Gas) gas je 23 puta štetniji od ugljendioksida. Kao odgovor na to,
razvijene su prve sanitarne deponije sa više raznih nepropusnih slojeva koji se
postavljaju na dnu tijela deponije. Uvode se i sistemi za sakupljanje procjednih
voda kao i njihov tretman a postali su obavezni i monitorinzi uticaja na životnu
sredinu.

Pojavom koncepta održivog razvoja, koji je prvi put definisan u izvještaju Brundtland-ove komisije 1987. godine, postalo je jasno da budućnost upravljanja otpadom leži u smanjenju količine otpada, reciklaži i ponovnoj upotrebi materijala. Inače Brundtland-ova komisija je nekadašnja Svjetska komisija za životnu sredinu i razvoj osnovana 1983. godine i bila je podorganizacija Ujedinjenih nacija (UN) koja je imala za cilj ujediniti zemlje u potrazi za održivim razvojem. Tokom posljednjih decenija 20. vijeka donijete su ključne regulative, Okvirna direktiva o otpadu i Direktiva o opasnom otpadu (usvojena 1975. godine), Direktiva o depozitima otpada (1999. godine) i Direktiva o spaljivanju (iz 2000. godine).

Danas, upravljanje otpadom više nije samo pitanje sanacije i odlaganja, već integralni dio održivog razvoja. Moderni sistemi zasnivaju se na principima cirkularne ekonomije, inovativnim tehnologijama i smanjenju negativnog uticaja na životnu sredinu. Ova evolucija upravljanja otpadom pokazuje da se kroz istoriju potreba za čistijom i zdravijom okolinom konstantno razvijala, oblikujući današnje standarde u zaštiti životne sredine.



3. ZAKONSKI OKVIR ZA UPRAVLJANJE OTPADOM

Kao što je rečeno u prethodnom poglavlju, razvoj ljudskog društva pratila je i veća proizvodnja otpada koja je kroz istoriju jačala potrebu da se ova oblast i zakonski uredi. Ljudi su postajali svjesniji potrebe za zaštitu životne sredine i održivim razvojem.

Evropska unija (EU) već decenijama unazad postavlja visoke standarde u ovoj oblasti, kroz niz direktiva i strategija koje se temelje na principima cirkularne ekonomije, smanjenju nastanka otpada, reciklaži i energetske valorizaciji.

Kao država kandidat za članstvo u EU, Crna Gora se obavezala na usklađivanje svog zakonodavstva s pravnim tekovinama EU u oblasti zaštite životne sredine i upravljanja otpadom.

3.1. MEĐUNARODNI PROPISI O UPRAVLJANJU OTPADOM

Smatra se da je savremena međunarodna diplomatija u oblasti životne sredine počela 1972. godine na Prvoj konferenciji Ujedinjenih nacija o životnoj sredini, koja je održana u Stokholmu. Iako na Konferenciji u Stokholmu nije usvojen međunarodni pravno obavezujući ugovor, ona je predstavljala prvi ozbiljniji korak ka razvoju međunarodnog prava u oblasti zaštite životne sredine. Konferencija je podstakla novu dimenziju saradnje među državama i postavila temelje za buduće međunarodne inicijative i pravne instrumente u ovoj oblasti.

Nakon dvije decenije, 1992. godine održana je Konferencija Ujedinjenih nacija o životnoj sredini i razvoju – Samit u Riju, koja predstavlja drugu bitnu odrednicu u međunarodnom pokušaju da dođe do smanjenja uticaja društveno-ekonomskih aktivnosti na životnu sredinu.

Iz tog razloga, deset godina nakon Samita u Riju, odnosno 2002. godine, u Johannesburgu je održan Svjetski samit o održivom razvoju koji je reafirmisao održivi razvoj kao pravac razvoja na međunarodnom nivou i dao dodatni podsticaj svjetskim naporima u borbi protiv siromaštva i naporima za zaštitu životne sredine.

3.1.1. ZAKONSKI OKVIR O OTPADU U EVROPSKOJ UNIJI

Za uspješan, stabilan i održiv razvoj društva potrebna je dobra pravna regulativa. U okviru Evropske unije zakonodavstvo priznaje više oblika zakonskih instrumenata, od kojih svaki ima drugačiju zakonsku snagu i odnosi se na različite ciljane institucije. Oblast upravljanja otpadom regulisana je kroz specifične oblike akata kao što su: direktive, uredbe, odluke, preporuke i sl.

- **Direktive** su obavezujuće za zemlje članice i obuhvataju njihove obaveze da određene odredbe integrišu u nacionalno zakonodavstvo u određenom roku. Direktive podliježu čestim izmjenama koje su rezultat tehničkog napretka ili novih naučnih saznanja.
- **Uredbe** su direktno primjenljive i ne zahtijevaju donošenje nacionalnog propisa za njihovu primjenu. Broj uredbi kojima se regulišu pitanja iz oblasti životne sredine nije veliki. Uredbe se, uglavnom, koriste za utvrđivanje nekih administrativnih i finansijskih mehanizama i organa.
- **Odluke** se odnose na specifična pitanja i pravno su obavezujuće za one institucije na koje su naslovljene.
- **Preporuke i mišljenja** su pravno neobavezujući tekstovi koji služe kao smjernice za institucije i članice EU. Takav pristup je višestruko korištan, a za rezultat ima veći stepen harmonizacije ovih propisa, pa samim tim i veći stepen obaveznosti pri njihovoj implementaciji.

Direktive EU za područje upravljanja otpadom organizovane su u četiri grupe direktiva, i to:

- ❖ Opšti okvir za upravljanje otpadom
- ❖ Direktive o specifičnim tokovima otpada
- ❖ Direktive o specifičnim metodama obrade otpada
- ❖ Direktive povezane sa cirkularnom ekonomijom i specifičnim politikama

U nastavku su opisane najznačajnije direktive:

- **Okvirna direktiva o otpadu 2008/98/EC** (zvaničan naziv *Direktiva 2008/98/EC o otpadu i stavljanju izvan snage određenih direktiva*) predstavlja osnovni pravni okvir za upravljanje otpadom u zemljama Evropske unije. Uspostavlja glavne principe koji predstavljaju obavezu da upravljanje otpadom ne smije da ima negativan uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi, uvodi princip „zagađivač plaća“ i uslov da troškove odlaganja otpada moraju da snose vlasnik otpada, prethodni vlasnik otpada ili proizvođač proizvoda od koga je otpad nastao.

Direktiva uvodi hijerarhiju u oblasti otpada (“piramida” upravljanja otpadom), gdje prevencija predstavlja najpoželjniju opciju, zatim slijedi ponovna upotreba, recikliranje, upotreba otpada u energetske svrhe i odlaganje u deponijama kao najmanje poželjnu opciju. Takođe, uvodi koncept proširene odgovornosti proizvođača (EPR) i propisuje obvezu država članica da razviju nacionalne strategije za upravljanje otpadom.

- **Direktiva 2018/851 EU o izmjeni direktive 2008/98/EC o otpadu**

Ova Direktiva predstavlja izmjenu Okvirne direktive o otpadu u skladu sa ranije propisanom hijerarhijom upravljanja otpadom. Ključni zahtjevi koje je propisala ova direktiva su u pogledu određivanja specifičnih ciljeva koje treba dostići na nivou EU:

Glavni zahtjevi	Opis
Hijerarhija otpada	Jačanje primjene hijerarhije otpada: prevencija, ponovna upotreba, reciklaža, upotreba otpada u energetske svrhe i odlaganje.
Povećanje ciljeva reciklaže	Do 2025: najmanje 55% komunalnog otpada treba reciklirati; do 2030: 60%; do 2035: 65%.
Ograničenje odlaganja na deponijama	Do 2035. godine, najviše 10% komunalnog otpada smije završiti na deponijama.
Odvojeno sakupljanje otpada	Obavezno odvojeno sakupljanje biootpada do 2023. godine, a podsticanje odvojenog sakupljanja tekstila i opasnog otpada iz domaćinstava do 2025. godine.
Proširena odgovornost proizvođača (EPR)	Proizvođači moraju finansirati upravljanje otpadom za proizvode koje plasiraju na tržište.
Prevencija otpada	Države članice moraju preduzeti mjere za smanjenje proizvodnje otpada, uključujući sprečavanje nastanka plastičnog otpada i otpada od hrane.

Tabela 1: Ključni zahtjevi Direktive 2018/851 EU

- **Direktiva o deponovanju otpada 1999/31/EC** ili direktiva o deponijama otpada koja je kasnije izmijenjena *Direktivom 2018/850/EC*. Ova direktiva predstavlja jednu od najznačajnijih prekretnica u sistemu upravljanja otpadom u EU.

Glavni cilj ove direktive je da se uvođenjem strogih tehničkih zahtjeva smanje negativni efekti odlaganja otpada na životnu sredinu, posebno u pogledu zagađivanja zemljišta, podzemnih i površinskih voda, kao i negativnih uticaja na zdravlje stanovništva. Ovom direktivom o deponovanju otpada uvodi se takođe klasifikacija deponija, prema vrsti otpada za koju su namijenjene, na deponije za opasan, neopasan i inertan otpad.

- **Direktiva o industrijskim emisijama 2010/75/EC** (integrirano sprečavanje i kontrola zagađenja), poznata i kao Direktiva o industrijskim emisijama (IED). Ova direktiva objedinjuje i ažurira prethodne propise o industrijskim emisijama, uključujući i *Direktivu 2000/76/EZ* o spaljivanju otpada, koja je stavljena van snage stupanjem na snagu IED-a.
- **Direktiva o ambalaži i ambalažnom otpadu 94/62/EC** implementira strategiju o upravljanju ambalažnim otpadom koji predstavlja jedan od najbrže rastućih vrsta otpada u EU. Ova direktiva traži od zemalja članica da uspostave sisteme za povrat i/ili prikupljanje korišćene ambalaže i za ponovnu upotrebu ili obnavljanje prikupljene ambalaže, odnosno smanjenje količine ambalaže za krajnje odlaganje.

Ova direktiva je izmijenjena kasnije *Direktivom (EU) 2015/720* koja je usmjerena na smanjenje potrošnje plastičnih kesa za nošenje.

Direktiva (EU) 2015/720 je dopunjena *Direktivom (EU) 2019/904* od 5. juna 2019. godine o smanjenju uticaja određenih plastičnih proizvoda na životnu sredinu, smanjenju potrošnje, kao i zahtjevima vezanih na proširenu odgovornost proizvođača.

Direktiva (EU) 2018/852 je izmjena *Direktive 94/62/EC* koja sadrži ažurirane mjere namijenjene:

- 1) Sprečavanju proizvodnje ambalažnog otpada i
- 2) Promociji ponovne upotrebe, recikliranja i drugih načina korišćenja ambalažnog otpada, umjesto njegovog konačnog odlaganja, doprinoseći pri tom prelasku na cirkularnu ekonomiju.

Direktiva 2018/852 je uvela ambicioznije ciljeve u stopi reciklaže komunalnog otpada, ali i ukupnog ambalažnog otpada te specifičnih materijala u ambalaži. Kao što je prethodno navedeno, zajednički cilj Evropske unije je reciklirati najmanje 55% komunalnog otpada do 2025. godine (cilj se povećava na 60% do 2030. godine, te na 65% do 2035. godine). Što se tiče ambalažnog otpada, ciljevi su navedeni u narednoj tabeli.

Zahtjev	Detalji
Smanjenje upotrebe ambalaže	Zemlje članice treba da preduzmu mjere za smanjenje negativnih uticaja ambalaže na životnu sredinu i njeno količinsko povećanje.
Postavljanje ciljeva za reciklažu ambalaže	EU postavlja obavezne ciljeve za reciklažu ambalažnog materijala, uključujući razdvajanje i reciklažu plastike, papira, metala, stakla, itd.
Ciljevi reciklaže do 31. decembra 2025.	Najmanje 65 % masenog udjela ukupnog ambalažnog otpada bit će reciklirano: 50% plastike; 25% drveta; 70% neobojenih metala; 50% aluminijuma; 70% stakla; 75% papira i kartona;
Ciljevi reciklaže do 31. decembra 2030.	Najmanje 70% masenog udjela ukupnog ambalažnog otpada bit će reciklirano: 55% plastike; 30% drveta; 80% neobojenih metala; 60% aluminijuma; 75% stakla; 85% papira i kartona;
Uvođenje sistema za povrat ambalaže	Obaveza država članica da uvedu sisteme za povrat ambalaže, kao što su depozitni sistemi za povrat plastičnih boca i drugih ambalažnih materijala.

Tabela 2: Ključni zahtjevi Direktive 2018/852 EU

- **Direktiva o otpadnim vozilima 2000/53/EC** koja je kasnije izmijenjena i dopunjena *Direktivom 2008/33/EC*, *Direktivom 2011/37/EC* i *Direktivom (EU) 2018/849*. Sve ove direktive definišu mjere usmjerene ka prevenciji stvaranja otpada kroz preradu otpadnih vozila pod uslovima prihvatljivim za zaštitu životne sredine i ponovnu upotrebu.

Ovom direktivom se zemlje članice obavezuju da uspostave sistem vođenja podataka o nabavkama novih vozila, kao i o broju i vrsti postojećih. Od ovlašćenih postrojenja za obradu se zahtijeva da rastave otpadna vozila prije obrade i izdvoje sve dijelove opasne za životnu sredinu.

- **Direktiva o baterijama i akumulatorima 2006/66/EC** kasnije izmijenjena *Direktivom (EU) 2018/849*, utvrđuje pravila o stavljanju baterija i akumulatora na tržište, a posebno o zabrani stavljanja na tržište onih baterija i akumulatora koji sadrže opasne materije.

Države članice moraju da obezbijede odvojeno prikupljanje istrošenih baterija i akumulatora. Direktiva se odnosi na sve baterije i akumulatore bez obzira na njihov oblik, zapreminu, masu, materijal od kojeg su proizvedene, kao i njihovu upotrebu.

- **Direktiva o otpadu od električne i elektronske opreme 2012/19/EC** zamjenjuje i nadopunjuje postojeću *Direktivu 2000/96/EC*. Svrha ove direktive je da unaprijedi ponovno korišćenje, reciklažu i druge oblike iskorišćavanja električnog i elektronskog otpada u cilju smanjivanja količina ovog otpada i poboljšanja performansi životne sredine. Direktiva se odnosi na sledeće kategorije električnih i elektronskih uređaja: veliki i mali kućni uređaji, računarska i telekomunikacion oprema, potrošačka oprema i fononaponski paneli, oprema za osvetljenje i fluorescentne lampe, električni i elektronski alati, igračke i sportska oprema, medicinska oprema, instrumenti za monitoring i kontrolu i automatski raspršivači.
- **Direktiva o otpadnom ulju 75/439/EC** usmjerena je na kreiranje harmonizovanog sistema prikupljanja, skladištenja, obnavljanja i uklanjanja otpadnih ulja. Ova direktiva je dopunjavana u tri navrata *Direktivama o dopunama direktive o odlaganju otpadnih ulja 1987/101/EC, 1991/692/EC i 2000/76/EC*, a opozvana je izdavanjem *Direktive 2008/98/EC o otpadu i ukidanju određenih direktiva* u koju su prenesene sve relevantne odredbe koje su se odnosile na upravljanje otpadnim uljima.

Postupanje sa otpadnim uljima podrazumijeva i davanje najvišeg prioriteta regeneraciji otpadnih ulja, kada je to moguće, kao i spaljivanju uz iskorišćavanje energije.

Posebno se zabranjuje bacanje upotrebljenih ulja u sve površinske i podzemne vode i kanalizacije, kao i sisteme za drenažu, kao i bilo kakav tretman koji bi za posledicu imao zagađivanje vazduha tj. emisiju iznad dozvoljene vrijednosti. Zbog toga svaka organizacija koja se bavi prikupljanjem mora biti registrovana i obuhvaćena supervizijom na nacionalnom nivou, uključujući sistem izdavanja dozvola.

3.1.2. ZAKONSKI OKVIR O OTPADU U CRNOJ GORI

Crna Gora, kao zemlja kandidat za članstvo u EU, ima obavezu da uspostavi funkcionalan Integrirani sistem upravljanja otpadom (Integrated Waste Management System) što se smatra jednim od prioriteta na putu pristupanja. U cilju uspostavljanja ovakvog sistema, Crna Gora je usvojila Zakon o upravljanju otpadom a u pripremi je set novih, relevantnih podzakonskih akata, čime će se uspostaviti pravni okvir za nacionalni sistem upravljanja otpadom. Ovaj set propisa biće naravno usklađivan sa svim promjenama koje će se dešavati na nivou EU.

- **Zakon o upravljanju otpadom (“Službeni list CG”, br. 34/2024)**
 - Ovaj Zakon donosi ključne promjene u oblasti zaštite životne sredine i upravljanja otpadom. Glavne odredbe zakona uključuju:
 - **Hijerarhija otpada:** Prioritet se daje prevenciji nastanka otpada, zatim ponovnoj upotrebi, reciklaži, drugim oblicima tretmana, a tek na kraju odlaganju otpada.
 - **Odvojeno sakupljanje otpada:** Obavezno je odvojeno sakupljanje otpada radi olakšavanja reciklaže i ponovne upotrebe, uz zabranu miješanja različitih vrsta otpada kada je to neophodno za postizanje ciljeva zakona.
 - **Proširena odgovornost proizvođača (EPR):** Proizvođači i uvoznici su odgovorni za upravljanje otpadom nastalim od njihovih proizvoda, uključujući finansijsku odgovornost za aktivnosti poput sakupljanja i obrade otpada.
 - **Zabrana plastičnih kesa:** Upotreba plastičnih kesa debljine između 15 i 50 mikrona je zabranjena od oktobra 2024. godine. Plastične kese debljine 50 mikrona i više podliježu naknadi koja se uplaćuje u Fond za zaštitu životne sredine i koristi se za finansiranje aktivnosti podizanja svijesti o zaštiti životne sredine.
 - **Planiranje i informisanje:** Zakon predviđa izradu nacionalnih i lokalnih planova upravljanja otpadom, kao i obavezu informisanja javnosti o značaju prevencije nastanka otpada, odvojenom sakupljanju i ekološki prihvatljivom upravljanju otpadom.

Nakon usvajanja novog Zakona o upravljanju otpadom u aprilu 2024 godine, u toku su izrade novih podzakonskih akata. U ovom radu će biti pomenuti najvažniji podzakonski akti koji su još uvijek na snazi za ovu oblast s obzirom da se rade novi shodno pomenutom novom Zakonu.

- **Uredba o načinu i postupku osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpada od električnih i elektronskih proizvoda i rada tog sistema ("Sl. list Crne Gore", br. 24/12 od 04.05.2012.)**

Ovom uredbom propisuje se način i postupak osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpada od električnih i elektronskih proizvoda i rada tog sistema, kao i godišnje količine otpada od električnih i elektronskih proizvoda koje se moraju preraditi, obraditi i reciklirati.

- **Uredba o načinu i postupku osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpadnih baterija i akumulatora i rada tog sistema ("Sl. list Crne Gore", br. 39/12 od 23.07.2012, 47/12 od 07.09.2012.)**

Ovom uredbom uređuje se način i postupak osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpadnih baterija i akumulatora, rada tog sistema i način izračunavanja prosječne mase preuzetih otpadnih baterija i akumulatora.

Ova uredba primjenjuje se na baterije i akumulate, bez obzira na njihov oblik, veličinu, masu, sastav ili upotrebu, i datum stavljanja na tržište, kao i na otpadne baterije i akumulate iz otpadnih motornih vozila i otpadne električne i elektronske opreme.

- **Uredba o načinu i postupku osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpadnih vozila i rada tog sistema ("Sl. list Crne Gore", br. 28/12 od 05.06.2012.)**

Ovom uredbom propisuje se način i postupak osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpadnih vozila i rada tog sistema, kao i godišnje količine otpadnih vozila koje se moraju obraditi, preraditi ili reciklirati.

- **Uredba o načinu i postupku osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpadnih guma i rada tog sistema ("Sl. list Crne Gore", br. 39/12 od 23.07.2012.)**

Ovom uredbom uređuje se način i postupak osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpadnih guma i rada tog sistema kao i godišnje količine otpadnih guma koje se moraju preraditi, obraditi i reciklirati.

Ova uredba primjenjuje se na otpadne gume svih veličina i masa, nezavisno od vremena, kad su bile stavljene na tržište.

- **Uredba o načinu i postupku osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpadne ambalaže i rada tog sistema (“Sl. list Crne Gore”, br. 42/12 od 31.07.2012.)**

Ovom uredbom uređuje se način i postupak osnivanja sistema preuzimanja, sakupljanja i obrade otpadne ambalaže, kao i rada tog sistema.

Ova uredba primjenjuje se na ambalažu koja se stavlja na tržište i otpadnu ambalažu koja nastaje u industriji, zanatstvu, trgovini, uslužnim i drugim djelatnostima i domaćinstvima, kao i na predmete koji imaju karakteristične ambalaže.

- **Pravilnik o klasifikaciji otpada i katalogu otpada (“Službeni list Crne Gore”, br. 059/13 od 26.12.2013, 083/16 od 31.12.2016.)**

Ovim pravilnikom propisuje se klasifikacija otpada, katalog otpada, postupci obrade, odnosno prerade i odstranjivanja otpada.

Katalog otpada u smislu ovog pravilnika je popis otpada prema svojstvima i mjestu nastanka razvrstan na grupe, podgrupe i vrste otpada sa djelatnostima čijim obavljanjem se proizvodi otpad.

Klasifikacija otpada vrši se na osnovu kataloga otpada.

Otpad se klasifikuje u zavisnosti od mjesta nastanka i porijekla u 20 grupa koje se obilježavaju sa dvije cifre od 01 do 20. Prema procesima u kojima otpad nastaje grupe otpada imaju jednu ili više podgrupa koje se označavaju sa četiri cifre.

Prema dijelu procesa u kojem otpad nastaje podgrupe mogu da sadrže jednu ili više vrsta.

Vrste otpada označavaju se sa šest cifara od kojih prve četiri cifre označavaju podgrupu, a preostale dvije označavaju dio procesa u kome otpad nastaje.

- **Pravilnik o postupanju sa otpadnim uljima (“Sl. list Crne Gore”, br. 48/12 od 14.09.2012.)**

Ovim pravilnikom propisuje se postupanje sa otpadnim uljima u skladu sa tehničkim i tehnološkim uslovima obrade otpadnih ulja.

Ovaj pravilnik primjenjuje se na sve vrste mineralnih i sintetičkih otpadnih ulja bez obzira na mjesto ili način njihovog nastanka, osim na otpadna ulja koja proizvođač priprema za ponovnu upotrebu u roku od 12 mjeseci od dana nastanka otpadnih ulja.

- **Pravilnik o postupanju sa građevinskim otpadom, načinu i postupku prerade građevinskog otpada, uslovima i načinu odlaganja cement azbestnog građevinskog otpada (“Sl. list Crne Gore”, br. 50/12 od 01.10.2012.)**

Ovim pravilnikom uređuje se postupanje sa građevinskim otpadom, način i postupak prerade građevinskog otpada, uslovi i način odlaganja cement azbestnog građevinskog otpada i uslovi koje treba da ispunjava postrojenje za preradu građevinskog otpada.

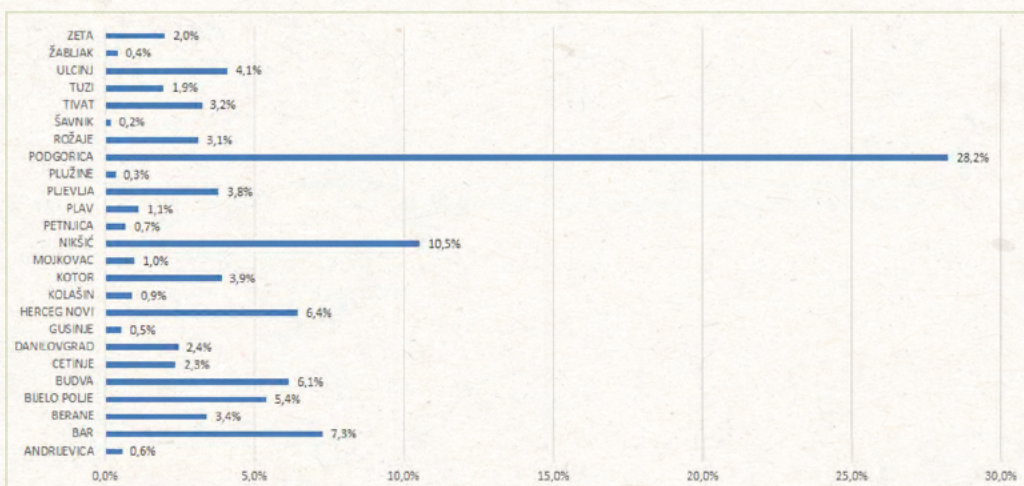


4. TRENUTNA SITUACIJA U CRNOJ GORI VEZANA ZA UPRAVLJANJE KOMUNALNIM OTPADOM

Upravljanje komunalnim otpadom predstavlja jedan od ključnih ekoloških izazova u Crnoj Gori. Sa rastom urbanizacije i turizma, količina proizvedenog otpada stalno raste.

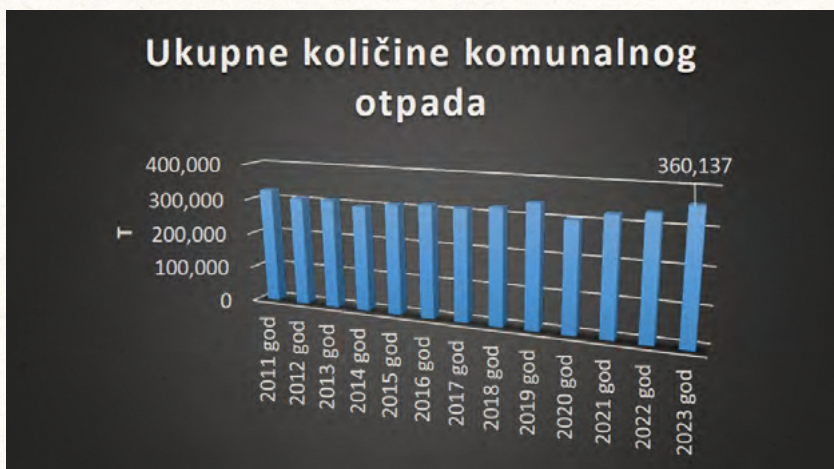
Kako bi se unaprijedio sistem upravljanja komunalnim otpadom, Crna Gora teži usklađivanju sa standardima Evropske unije kroz implementaciju pravne legislative iz ove oblasti. Ključni izazovi se i dalje ogledaju kroz neadekvatnu kontrolu divljih deponija, nedovoljno razvijenu infrastrukturu za prikupljanje, tretman i odlaganje komunalnog otpada koja zahtijeva značajna poboljšanja.

Prema nacrtu Državnog plana upravljanja otpadom za period 2025-2029., koji ubrzo treba da se usvoji, doprinos svake opštine u ukupnom generisanju komunalnog otpada prikazan je na sledećoj slici:



*Slika 1: Proračunate količine komunalnog otpada po opštinama
(Izvor nacrt Državnog plana upravljanja otpadom za period 2025-2029. godina)*

Slikovitiji prikaz stanja sa količinama komunalnog otpada imamo na sledećim slikama:



*Slika 2: Sakupljene i stvorene količine komunalnog otpada 2011 - 2023.
(Izvor MONSTAT)*

Kao što se vidi sa slike 2 evidentan je rast količina komunalnog otpada. Posebno je rast prisutan od prve godine COVID-a 2020 godine. Takođe je više nego jasno da od tih godina dolazi do promjene navika u životima naših građana i da smo svjedoci sve većeg trenda naručivanja hrane što dovodi i do povećanja ambalažnog otpada. Takođe, od 2022. godine i početka rata u Ukrajini, prema podacima Ministarstva unutrašnjih poslova u Crnoj Gori je bilo oko 80 hiljada stranih državljana, sa stalnim ili privremenim boravkom. Konkretno, prema istom izvoru, stalno nastanjenih je bilo nešto preko 30.000 državljana, dok je na privremenom boravku bilo blizu 49.000.





Slika 3: Ukupno proizvedeni komunalni otpad po glavi stanovnika godišnje, 2011 - 2023. (Izvor MONSTAT)

Prema podacima iz Popisa stanovništva objavljenog sredinom oktobra 2024. godine, u Crnoj Gori živi 46.878 stranih državljana, dok stranaca sa odobrenim boravkom u Crnoj Gori ima ukupno 97.189. Dakle svi ovi podaci govore da je trend rasta komunalnog otpada u Crnoj Gori neminovan. Sa prethodne slike vidimo da je ukupno generisana količina komunalnog otpada po glavi stanovnika u 2023. godini (poslednjoj obrađenoj godini) bila 577,5kg.

Takođe je zanimljiva i sledeća slika koja više nego jasno pokazuje i rast proizvedene količine otpada po glavi stanovnika na dnevnoj bazi.



Slika 4: Ukupno proizvedeni komunalni otpad po glavi stanovnika po danu, 2011 - 2023. (Izvor MONSTAT)

Koristeći pomenuti nacrt Državnog plana upravljanja otpadom za period 2025-2029. godine, kao najrelevantniji izvor podataka, u nastavku će biti prikazani najvažniji podaci za sistem upravljanja komunalnim otpadom u Crnoj Gori.

U Crnoj Gori postoje 3 transfer stanice koje se nalaze u Kotoru, Herceg Novom i Mojkovcu. Transfer stanica u opštini Mojkovac nije u funkciji od juna 2022. godine.

Takođe, u Crnoj Gori postoje 4 centra za reciklažu otpada i to Regionalni reciklažni centar u sastavu Deponije d.o.o. u Podgorici, a zatim centri za reciklažu otpada koji se nalaze u Herceg Novom, Žablaku i Kotoru.



Slika 5: Reciklažni centar na Žablaku (Izvor privatna arhiva)

U sledećoj tabeli su prikazani statusi i kapaciteti pomenutih centara.

Naziv	Lokacija	Vrsta postrojenja	Projektovani kapacitet (t/god.)	Status	Tretirani otpad (t/god.)		Uslužena područja
					2020	2021	
Reciklažni centar Podgorica	Livade, Podgorica	Postrojenje za povrat materijala (MRF)	90.000	Djelimično operativno - sa manjim kapacitetom	14.925	12.977	Podgorica, Zeta, Plužine, Cetinje, Tuzi, i Danilovgrad i Šavnik
Reciklažni centar Meljine	Meljine, Herceg Novi	Postrojenje za reciklažu i transfer stanica	15.000	Postrojenje za reciklažu neaktivno - radi samo TS	-	-	Herceg Novi
Reciklažni centar Kotor	Kotor	Postrojenje za reciklažu i transfer stanica	15.000	Operativno	15.300	17.245	Budva i Tivat
Postrojenje za kompostiranje Kotor		Postrojenje za kompostiranje	700 (izlaz)	Operativno	786 (izlaz)	816 (izlaz)	Budva i Tivat
Reciklažni centar Žabljak	Žabljak	Reciklažno postrojenje i transfer stanica Žabljak		Neaktivno	-	-	Žabljak

*Tabela 3: Centri za reciklažu otpada u Crnoj Gori
(Izvor nacrt Državnog plana upravljanja otpadom za period 2025-2029. godina)*

U Glavnom gradu Podgorici postoji 5 reciklažnih dvorišta: Zlatica, Zabjelo, To-loši, Konik i Donja Gorica, dok se jedno reciklažno dvorište nalazi u Golubovci-ma tj, novoosnovanoj opštini Zeta.

Pored toga, 4 reciklažna dvorišta nalaze se u Herceg Novom, Kotoru, Budvi i Mojkovcu.

Kada su u pitanju odlagališta ili reciklažni centri za otpadna vozila oni se nalaze u sastavu Deponija d.o.o. u Podgorici, zatim jedan u Beranama i tri u Nikšiću.

U Crnoj Gori postoji i 18 kontrolisanih odlagališta, od kojih su 2 namijenjena samo za odlaganje građevinskog otpada (lokacija Dragalj u Kotoru i lokacija Brajići u Budvi). Ostalih 16 kontrolisanih odlagališta su namjenjeni za komunalni otpad i pojam “kontrolisani” podrazumjeva pristupni put, ogradu, kapiju, nivelaciju ili nešto od pomenutih termina. Broj kontrolisanih odlagališta je od prije par mjeseci smanjen za jednu lokaciju i to Mislov do kod Nikšića koji je zatvoren uz određenu sanaciju. Izvršeno je prekrivanje otpada kako isti ne bi dolazio u kontakt sa vazduhom a ugrađeni u tzv. “biotrnovi” koji služe za odušak deponijskog gasa.



Slika 6: Sanacija odlagališta "Mislov do" kod Nikšića (Izvor privatna arhiva)

Na kraju u Crnoj Gori postoje i dvije sanitarne deponije za neopasan otpad koje se nalaze u Podgorici i Baru.

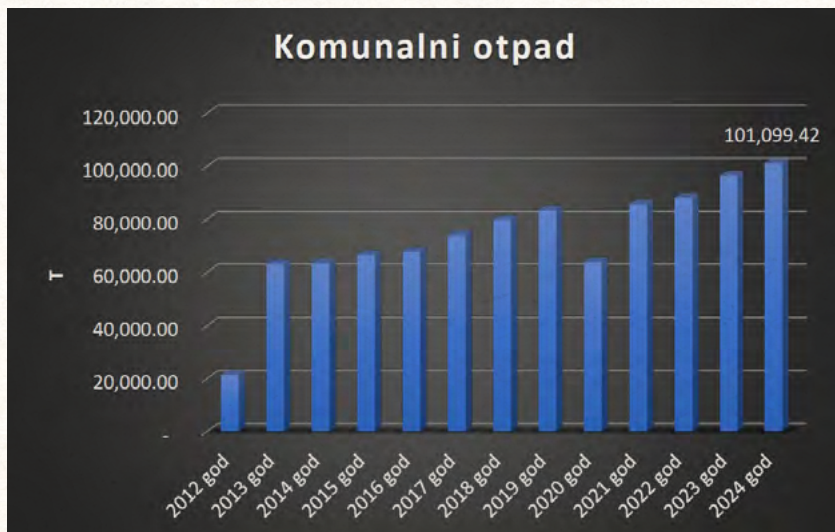
Sanitarna deponija Možura d.o.o. nastala je ugovorom o osnivanju između opština Bar i Ulcinj koji su potpisali predsjednici Opština 31.10.2008. godine.

Učešće Opštine Bar i Opštine Ulcinj u vlasničkoj strukturi preduzeća Možura d.o.o. određeno je na osnovu pokazatelja o količini komunalnog otpada iz ove dvije opštine i shodno tome Opštini Bar je pripalo 65%, a Opštini Ulcinj 35% vlasništva.

Ukupne dimenzije tijela deponije su 305x165m. Projektovana visina deponije je 25m. Projektovani kapacitet deponije je 1.056.036,21m³.

Na sledećoj slici je dat grafički prikaz odloženih količina komunalnog otpada po godinama od početka rada.





Slika 7: Odloženi komunalni otpad po godinama (Izvor deponija Možura d.o.o.)

Trenutno na Deponiji Možura se odlaže komunalni otpad iz svih primorskih opština osim iz Herceg Novog.



Slika 8: Izgled deponije Možura (Izvor deponija Možura d.o.o.)

„Deponija“ d.o.o. Podgorica, osnovana je odlukom Skupštine Glavnog grada 27.12.2006. godine a upisana u Centralni registar Privrednog suda u Podgorici 02.04.2007. god.

Projektom je predviđeno 6 sanitarnih kada dimenzija 100x200x(-5)m ukupne zapremine 480.000m³ otpada po kadi. Trenutno, komunalni otpad se deponuje u sanitarnoj kadi broj 4, dok su sanitarne kade 1, 2, 3 privremeno zatvorene.

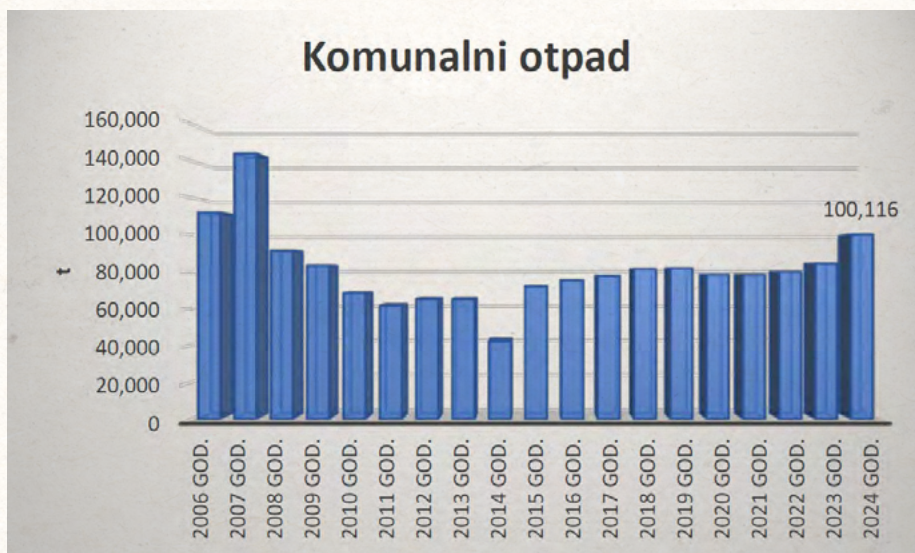


Slika 9: Panoramski izgled deponije u Podgorici (Izvor Deponija d.o.o.)



Slika 10: Izgled bedema na sanitarnim kadama 1, 2 i 3 (Izvor Deponija d.o.o.)

Na narednoj slici prikazane su količine komunalnog otpada koje su do sada odložene na sanitarnim kadama Deponije d.o.o.



Slika 11: Odloženi komunalni otpad po godinama (Izvor Deponija d.o.o.)

Tokom razgradnje komunalnog otpada kao i usled atmosferskih padavina, dolazi do generisanja tzv. “procjednih voda” koje su jako kontaminirane i potrebno je da se tretiraju kako bi se mogle odbaciti u kanalizacioni sistem.



Slika 12: Izgled Pogona za tretman procjednih voda (Izvor Deponija d.o.o.)

U sastavu Deponije d.o.o. se nalazi i Reciklažni centar za komunalni otpad kapaciteta 90.000t na godišnjem nivou. Izdvajaju se papir, karton, PET boce po bojama, LDPE, staklena ambalaža, fero metali i aluminijumske limenke.



Slika 13: Unutrašnjost Reciklažnog centra (Izvor Deponija d.o.o.)

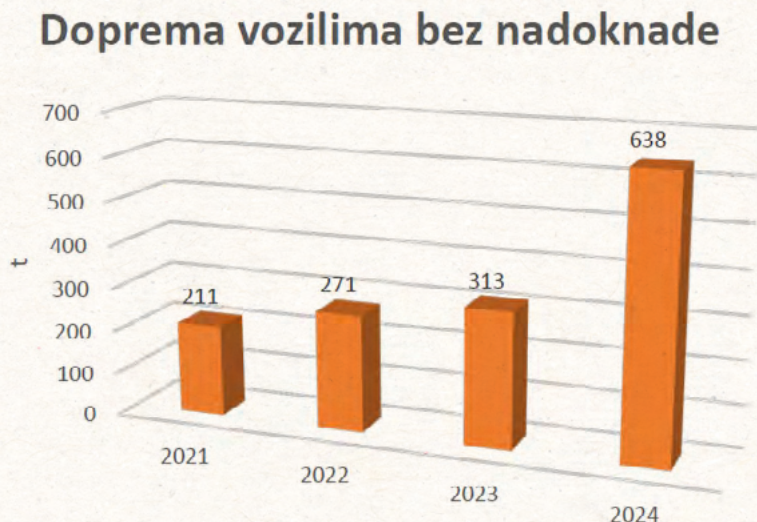
Na sledećoj slici je prikazan izgled Pogona za reciklažu otpadnih vozila.



Slika 14: Unutrašnjost Pogona za reciklažu otpadnih vozila (Izvor Deponija d.o.o.)

U ovom pogonu demontaža počinje tzv. dekontaminacijom kada se iz vozila izvlače sve zatečene tečnosti: gorivo, motorno ulje, kočiono ulje i antifriz. U cilju povećanja procenta izvađenih ambalažnih materijala uvedena je i Radna jedinica za prijem, sortiranje i obradu ambalažnog materijala. Njen glavni zadatak je interakcija sa fizičkim i pravnim licima oko preuzimanja ambalažnih materijala sa ili bez nadoknade.

Na sledećoj slici je jedan od pokazatelja rada ove Radne jedinice.



Slika 15: Količine preuzetih ambalažnih materijala bez nadoknade (Izvor Deponija d.o.o.)

Ovdje je zanimljivo pomenuti i neka istraživanja koja su rađena od strane Agencija za istraživanje javnog mnjenja “Damar” iz Podgorice u analizi “Crna Gora, ekološka država: 30 godina (ne)promijenjene svijesti”, i koja se između ostalog tiču i odlaganja otpada. U nastavku su navedeni neka od najznačajnijih odgovora ispitanika:

- Svega 29% ispitanika smatra da otpad u Crnoj Gori uglavnom završi na zvaničnim - legalnim deponijama

Komentar: Povod za ovako nizak procenat leži u činjenici velikog broja neuređenih odlagališta i divljih smetlišta koji stvaraju utisak da otpad ne ide na sanitarne deponije ili uređena odlagališta.

- Dvije trećine ispitanika (67,4%) smatra da trenutni sistem odlaganja otpada u Crnoj Gori ima štetan uticaj na životnu sredinu.

Komentar: Bojazan ispitanika je više nego opravdan jer ako se uzme u obzir podatak sa slike 2, da je količina otpada u 2023. godini bila

360.000t, a u toj godini na obije sanitarne deponije u Podgorici i Možu-ri je odloženo 180.000t komunalnog otpada, onda je više nego jasno da ostatak od 180.000t izaziva veliki ekološki uticaj kako u emisiji gasova, koji se stvaraju tokom raspada otpada, tako i u prodiranju u zemlju tzv. procjednih voda, odnosno voda koje potiču od atmosferskih padavina koje prolaskom kroz slojeve otpada postaju kontaminirane.

- *Od 10 ispitanika, 9 njih (89,4%) tvrdi da svoj otpad odlaže u za to predviđena mjesta – kontejnere*

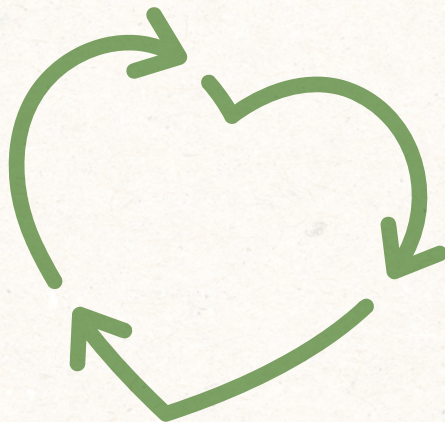
Komentar: Ovaj procenat pokazuje, nažalost, precepciju naših građana kada je u pitanju sistem upravljanja otpadom a to je da se sve svodi na njima najbliži kontejner. U prilog ove teze ide i veoma mala posjećenost reciklažnih dvorišta koja bi morala biti mjesta za sve vrste otpada koja nisu komunalni otpad. Iz tog razloga dolazi do velikog povećavanja kabastog otpada, tj. otpada koji se gomila oko kontejnera.

- *Ispitanici, njih 37,7%, smatra da nema dovoljno kontejnera u blizini.*

Komentar: U praksi, odnosno na terenu je vrlo čest slučaj da građani žele više kontejnera ali da ti kontejneri ne budu ispred njihovih kuća, zgrada odnosno u neposrednoj blizini. Taj fenomen je veoma poznat i naziva se NIMBY efekat (akronim od engleskog Not In My Back Yard – „Ne u mom dvorištu“). To je društveni fenomen u kojem ljudi podržavaju određeni projekat ili infrastrukturu uopšteno, ali se protive njegovoj realizaciji u svojoj neposrednoj blizini.

- *Oko 73% ispitanika navodi da je čulo za selektivno odlaganje otpada pa ipak, 70% još uvijek ne razdvaja otpad. Njih 56,6% bi započela selektivno odlaganje kada bi imala adekvatnu infrastrukturu, dok bi 14,4% motivisale novčane nadoknade, a 10,4% očekuje bolji sistem odvoza.*

Komentar: Iako se u ovoj anketi većina izrazila kako bi željeli da vrše primarnu selekciju uz odgovarajuću infrastrukturu, činjenice u Glavnom gradu po ovom pitanju su više nego porazne. Iako je Čistoća d.o.o. instalirala više stotina posuda za “mokru” i “suvu” frakciju razlike u sastavu otpada u tim posudama ne postoje. Ovo je najočiglednije kada takvi kamioni dođu na prijemni punkt Reciklažnog centra u Deponiji Podgorica. Iz tog razloga je i Čistoća d.o.o. odustala od upotrebe posebnih kamiona za ove posude. Primarna selekcija otpada je važna jer omogućava odvajanje reciklabilnih i biorazgradivih materijala na samom mjestu nastanka, čime se smanjuje količina otpada koji završava na deponijama. Time se olakšava reciklaža, štedi energija i prirodni resursi, smanjuje zagađenje životne sredine i ukupni troškovi upravljanja otpadom. Takođe, podstiče ekološku svijest građana i doprinosi ostvarivanju ciljeva održivog razvoja.



4.1. PRIMJER DOBRE PRAKSE

Na kraju treba istaknuti i jedan primjer dobre prakse kompanije koja se bavi reciklažom plastike. Naime radi se o kompaniji “Fin-ing” d.o.o. sa pridodatim nazivom “3D soba” čija glavna usmjerenost postaje razvoj ponude u oblasti 3D štampe.

Firma proizvodi veliku paletu urbanog mobilijara, dvorišnog namještaja i slično.

Osnovni materijal za proizvodnju eko dasaka je reciklirana plastika, prvenstveno polietilen visoke gustine (HDPE) i polipropilen (PP). Ove vrste plastike dolaze iz različitih izvora – industrijskog otpada, odbačene ambalaže i drugih postpotrošačkih proizvoda. Sirovina se nabavlja kroz saradnju sa preduzećem Deponija d.o.o. Podgorica, gdje se plastika selektuje i melje u manje frakcije pogodne za dalju preradu.

Važno je naglasiti da plastika koja se koristi u procesu proizvodnje ne zahtijeva dodatno hemijsko tretiranje ili pranje, jer je već prošla kroz osnovne faze selekcije i pripreme. Na taj način se izbjegava nepotrebno trošenje vode i smanjuje negativan ekološki uticaj, čineći proces još održivijim.

Ono što eko daske čini izuzetno korisnim materijalom jeste njihova dugotrajnost – ne trule, ne upijaju vlagu, ne zahtijevaju farbanje niti hemijsku zaštitu kao drveni proizvodi. Osim toga, nakon završetka životnog vijeka, eko daske se mogu ponovo reciklirati, čime se zatvara kružni tok proizvodnje i smanjuje količina otpada koja završava na deponijama.



*Slika 16: Unutrašnjost pogona "3D sobe" i dio proizvoda od reciklirane plastike
(Izvor "3D soba")*

5. ISKUSTVA U UPRAVLJANJU OTPADOM U REGIONU

5.1. UPRAVLJANJE OTPADOM U REPUBLICI SRBIJI

Republika Srbija, kao i Crna Gora i ostale države u regionu, suočava se s brojnim izazovima kada je upravljanje otpadom u pitanju. Prisutna je neadekvatna infrastruktura, nedovoljna stopa reciklaže kao i prisustvo velikog broja nesanitarnih deponija. Većina otpada upravo završava na njima, dok se reciklaža i energetska valorizacija otpada još uvek razvijaju.

Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022 – 2031. godine daje akcenat na postrojenja za reciklažu i spalionice otpada. Takođe, implementacija principa cirkularne ekonomije i proširena odgovornost proizvođača postaju ključni mehanizmi za unapređenje sistema.

U Srbiji postoji ukupno 12 sanitarnih deponija dok su 10 od njih regionalnog tipa. U pitanju su sledeće deponije:

- 1) regionalna sanitarna deponija “Duboko”, Užice;
- 2) regionalna sanitarna deponija “Vrbak”, Lapovo;
- 3) regionalna sanitarna deponija Kikinda;
- 4) regionalna sanitarna deponija “Gigoš”, Jagodina;
- 5) regionalna sanitarna deponija “Željkovac - Deponija dva”, Leskovac;
- 6) regionalna sanitarna deponija “Muntina padina”, Pirot;
- 7) regionalna sanitarna deponija „Jarak“, Sremska Mitrovica;
- 8) regionalna sanitarna deponija Pančevo;
- 9) regionalna sanitarna deponija Subotica;
- 10) regionalna sanitarna deponija „Vinča“, Beograd;
- 11) sanitarna deponija „Meteris“, Vranje;
- 12) sanitarna deponija „Vujan“, Gornji Milanovac.

Treba takođe naglasiti da je na osnovu rešenja republičkog inspektora, Regionalni centar za upravljanje otpadom “Duboko” zatvoren 14. novembra 2024. godine što podrazumeva zabranu prijema, skladištenja, ponovnog iskorišćenja i odlaganja bilo koje vrste otpada na ovoj lokaciji. Ovom rešenju je prethodio višednevni katastrofalni požar koji je bio zahvatio deponiju.

Najveća deponija je, očekivano, beogradska „Vinča“, koja je u 2023. godini „primila“ 671.359t komunalnog otpada. Druga po količini je deponija „Željkovac“ kod Leskovca u koju je za istu godinu odloženo 86.000t.

Pored ovih 12 sanitarnih deponija postoje još i 134 nesanitarne deponije kao i divljih čije se broj kreće od 2.500 – 3.500.

Prema podacima SEPA (Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije) u 2023. godini na sanitarnim deponijama je odloženo 1,29 miliona tona komunalnog otpada što čini jednu trećinu ukupno generisanog komunalnog otpada. Ostatak od dvije trećine je završio na nesanitarnim i divljim deponijama.

Indikator	2020	2021	2022
Ukupno generisani komunalni otpad [t]	2.947.497	3.021.741	3.178.770
Ukupno deponovani komunalni otpad [t]	2.341.732	2.356.432	2.457.216
Ukupni komunalni otpad deponovan na sanitarnim deponijama [t]	558.568	850.115	1.294.126
Ukupni komunalni otpad deponovan na nesanitarnim deponijama [t]	1.783.164	1.506.317	1.163.090
Udeo komunalnog otpada deponovan na nesanitarnim deponijama u odnosu na generisani [%]	60.50	49.85	36.59
Udeo komunalnog otpada deponovan na nesanitarnim deponijama u odnosu na deponovani [%]	76.15	63.92	47.33
Udeo deponovanog komunalnog otpada u odnosu na generisani [%]	79.45	77.98	77.30
Količina deponovanog biodegradabilnog otpada [t]	1.418.129	1.427.031	1.488.066
Generisani komunalni bio otpad [t]	1.179.870	1.187.566	1.235.293
Stepen reciklaže bio otpada [kg/lnh]	1.62	1.71	1.32
Udeo komunalnog biodegradabilnog otpada u odnosu na ukupno proizvedeni u 2008. godini [%]	88.49	89.04	92.86

Tabela 4: Indikatori komunalnog otpada prema Eurostat-u, za Republiku Srbiju (Izvor SEPA 2023.)

Na osnovu ovih podataka proizilazi da u prosjeku svaki građanin Srbije u 2023. godini „proizveo“ 1,26kg komunalnog otpada dnevno.

U Srbiji postoje 3 cementare i njihov razlog pominjanja je taj što su cementare zahvalne za korišćenje otpada iz više razloga, jer se otpad može koristiti kao gorivo, sirovina ili dodatak u procesu proizvodnje cementa. Upotreba otpada kao alternativnog goriva u cementnoj industriji je veoma složen zadatak a koriste se otpadni materijali, koji se više ne mogu koristiti niti reciklirati, a imaju određenu kalorijsku vrijednost. Zemlje sa definisanom strategijom upravljanja otpadom, koriste upravo cementare za trajno rješavanje otpada.

Trenutno, dvije fabrike cementa u Srbiji (Lafarge BFC Srbija d.o.o. Beočin i MORAVACEM d.o.o. Popovac) koriste različite vrste otpada kao alternativna goriva u procesu proizvodnje.

Lafarge BFC Srbija d.o.o., koji se nalazi u Beočinu, ima operativni kapacitet od 4.000t klinkera dnevno. Primarna goriva koja koriste su ugalj (7.595t godišnje), petrol koks (50.867t godišnje) i prirodni gas, koji se koristi isključivo za potrebe grijanja peći. Razne vrste otpada služe kao alternativna goriva: otpadne gume,

usitnjena guma i tehnički otpad od gume čine do 30% ukupne potrošnje toplotne energije; otpadno ulje daje do 12% ukupne potrošnje toplotne energije; komunalni i industrijski otpad iskorišćava se do 16% u glavnoj peći i do 30% u komori za kalcinaciju; naftni mulj čini do 12% ukupne potrošnje energije; mesno i koštano brašno doprinosi do 13% ukupne potrošnje energije.

MORAVACEM d.o.o., koji se nalazi u Popovcu, ima dnevni kapacitet proizvodnje klinkera od 2.000t, pri čemu ugalj i petrol koks čine 60% ukupne potrošnje goriva. Kompanija koristi otpad kao alternativni izvor goriva, uključujući gorivo dobijeno od otpada (RDF) sa 30%, i otpad i usitnjene gume sa 10%.

Cementara TITAN d.o.o. Kosjerić je u proceduri izrade Studije uticaja kako bi ishodovala dozvolu za upotrebu alternativnih goriva u proizvodnji cementa. Upravo ova cementara je imala inicijativu prema zatvorenoj deponiji Duboko Užice (regionalna sanitarna deponija) za zajednička ulaganja u opremu za proizvodnju SRF/RDF goriva.

U cilju rešavanja problema sa postojećom deponijom u Vinči, koja je inače druga najveća u Evropi i koja u f-ji od 1977. godine, kao i želje i potrebe za dobijanjem obnovljive energije implementira se prvo postrojenje za dobijanje energije iz otpada (EfW) u Republici Srbiji i ovom regionu Balkana.

Grad Beograd je nakon sprovedenog tendera dodjelio ugovor o javno-privatnom partnerstvu (JPP) za finansiranje, projektovanje, izgradnju i 25-godišnje upravljanje, konzorcijumu Veolia grupa, ITOCHU korporaciji i Marguerite fondu, koji je osnovao preduzeće za posebne namjene Beo Čista Energija d.o.o. Postrojenje (spalionica otpada) ima instalisani kapacitet 30,24MW električne energije i 56,50MW toplotne energije. Spalionica ima mogućnost tretmana 340.000t otpada godišnje, odnosno 43,6t na sat komunalnog otpada donje toplotne moći 8,5MJ/kg.

Spalionica ima kapacitet da pokrije potrebe više od 5% beogradskih domaćinstava za električnom energijom i 10% domaćinstava za toplotnom energijom.



Slika 17: Izgled spalionice u Vinči

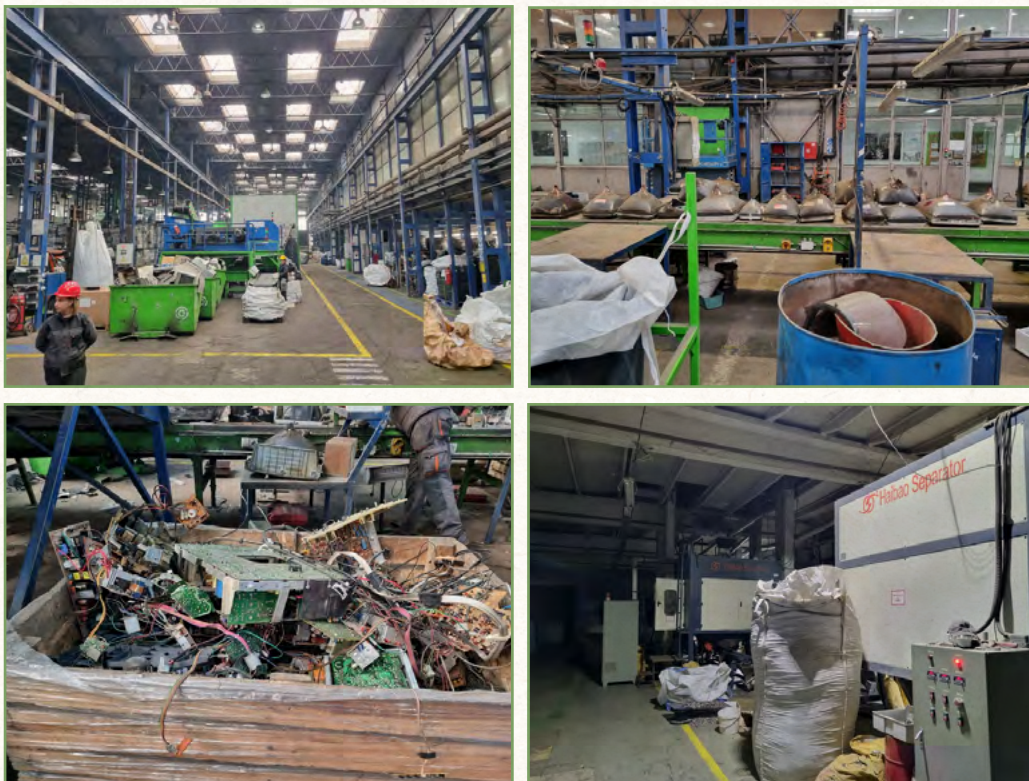
5.1.1. PRIMJER DOBRE PRAKSE

U Srbiji je razvijen sistem preuzimanja elektronskog i električnog (EE) otpada. EE otpad prema Katalogu otpada razvrstan je u grupu sa indeksnim brojem otpada 16 02 i 20 01. EE otpad čine otpadni aparati iz domaćinstava (televizori, radio-aparati, frižideri, zamrzivači itd.), računari, telefoni, kasetofoni itd. Većina ovog otpada spada u opasan otpad zbog komponenti koje sadrži.

Kompanija “E-reciklaža” iz Niša je vodeća kompanija u Srbiji koja se bavi reciklažom EE otpada. Samo u 2023. godini sakupili su i reciklirali cca 17.000t EE otpada. Reciklaža podrazumjeva izdvajanje preko 70 reciklata koji se kasnije mogu plasirati na tržište.

Ono što je bitno naglasiti je da se kompanija pojavljuje kao pravno lice ili preduzetnik koja ima dozvolu za upravljanje EE otpadom. Kompanija se javlja na godišnji Javni poziv Fonda za zaštitu životne sredine Republike Srbije (EKO fonda) i za svaku rastavljenu tonu EE otpada postoje subvencije koje zavise od vrste EE uređaja. Tako za rastavljenu već mašinu (a pod tim se podrazumjeva da je izdvojeno staklo, metal, aluminijum, bakar, samljevena elektronska ploča itd.) imaju subvenciju od 100€/t dok za frižider ta suma iznosi 700€/t. Tako postoji subvencija i za ostale EE uređaje.

Kompanija E-reciklaža pokriva oko 50% tržišta Republike Srbije. Posluju u više gradova, imaju 10-tak firmi za sakupljanja EE otpada, i razvijen set mjera za podsticanje građana da se oslobađaju neispravnih ili nekorišćenih EE uređaja.



Slika 18: Unutrašnjost pogona “E-reciklaže” (Izvor privatna arhiva)

5.2. UPRAVLJANJE OTPADOM U REPUBLICI HRVATSKOJ

Akcionim planovima EU „Zatvaranje petlje – Akcioni plan za cirkularnu ekonomiju EU“ iz 2015. godine i „Akcioni plan za čistiju i konkurentniju Evropu“ iz 2020. ispunjeni su preduslovi za ubrzani prelazak na cirkularnu ekonomiju u Republici Hrvatskoj.

Cilj ovih planova je da se očuvaju vrijednosti resursa i proizvoda u privredi što je duže moguće, uz što manje stvaranja otpada.

Akcioni plan za cirkularnu ekonomiju nastoji da ojača:

- sprečavanja nastanka otpada s posebnim naglaskom prevencije nastanka otpada od hrane,
- proširenu odgovornost proizvođača,
- podsticanje reciklaže i ponovne upotrebe,
- postupno smanjenje odlaganja otpada.

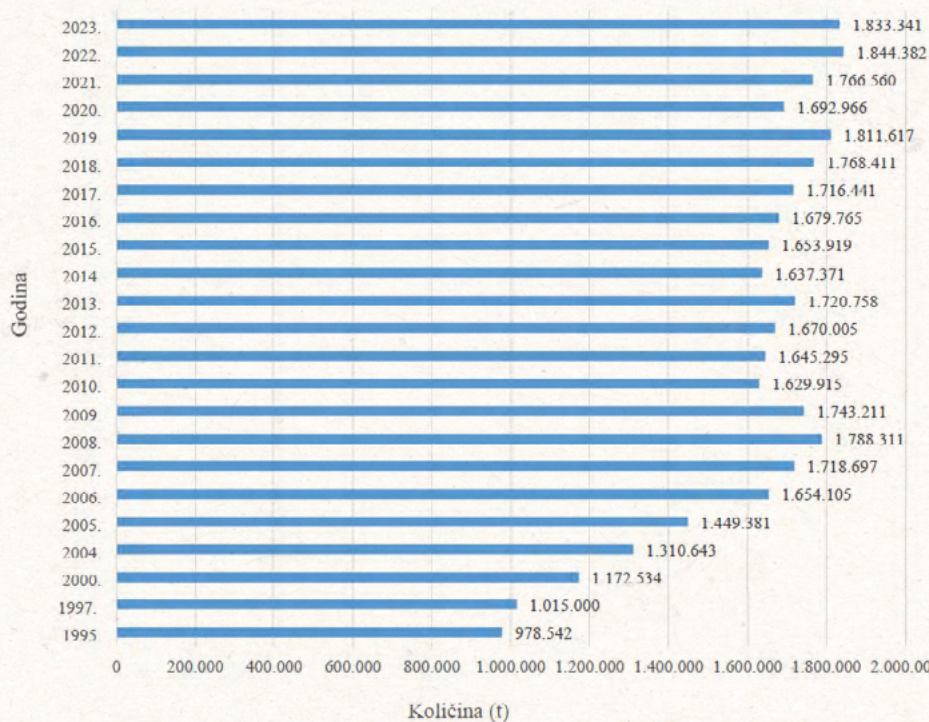
S obzirom na učestalu izmjenu postojećih propisa i donošenje novih propisa iz područja upravljanja otpadom na nivou EU, a time i na nacionalnom nivou, uspostavljene su aplikacije informacionog sistema. Informacioni sistem upravljanja otpadom je osnova za izradu i donošenje svih dokumenata održivog razvoja i zaštite životne sredine, te praćenja sprovođenja mjera u tim dokumentima kao i svim ostalim dokumentima u skladu s odredbama Zakona o zaštiti životne sredine.

Od 2016. godine sve opštine i gradovi u Republici Hrvatskoj (RH) obuhvaćeni su organizovanim sakupljanjem komunalnog otpada. Na sledećoj slici se vidi veoma stabilna i visoka pokrivenost broja stanovnika organizovanim prihvatom komunalnog otpada.



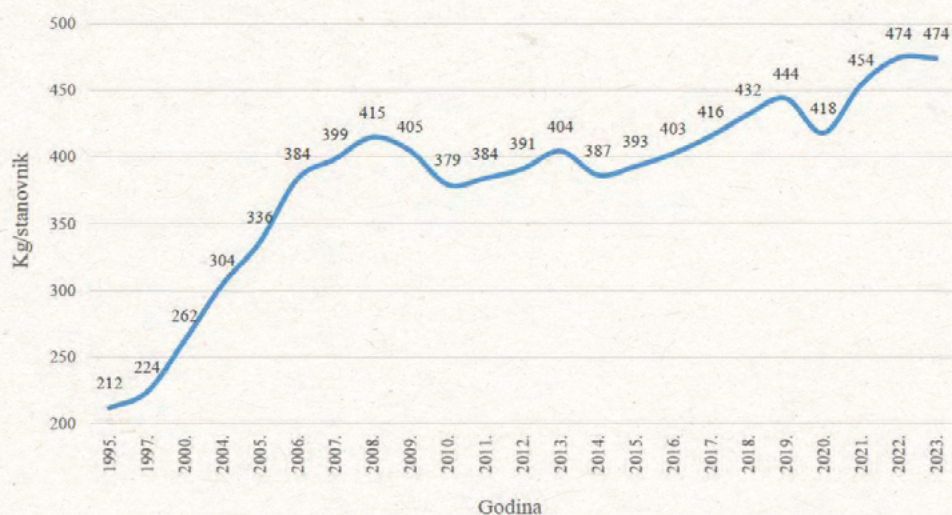
Slika 19: Obuhvat stanovništva organizovanim sakupljanjem komunalnog otpada u RH u razdoblju od 1995. do 2023. godine

Na sledećoj slici imamo količine komunalnog otpada koje su generisane u RH.



Slika 20: Količine ukupno nastalog komunalnog otpada u RH, 1995.-2023. godina

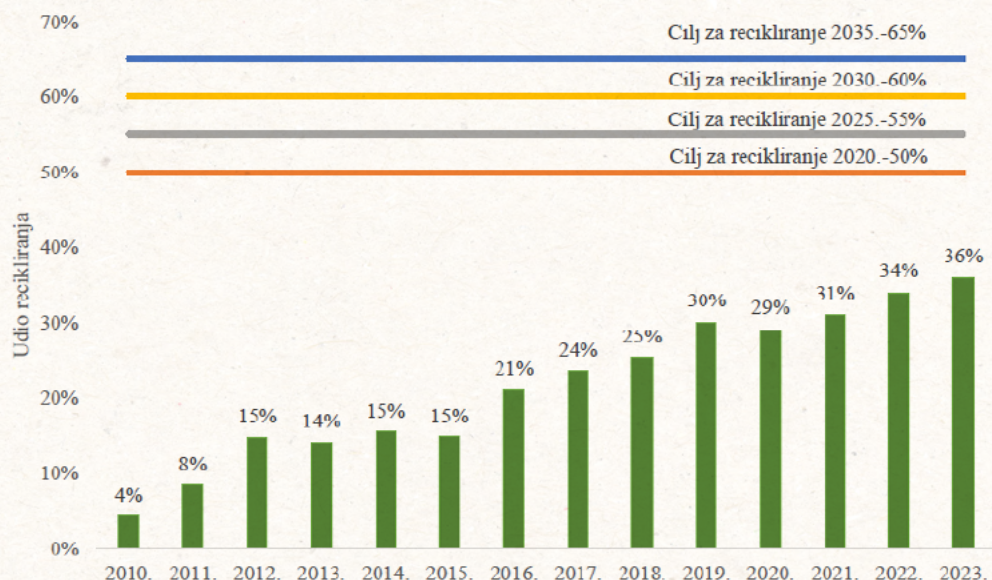
Interesantna može biti i sledeća slika:



Slika 21: Godišnje količine nastalog komunalnog otpada po stanovniku u RH, 1995.-2023. godina

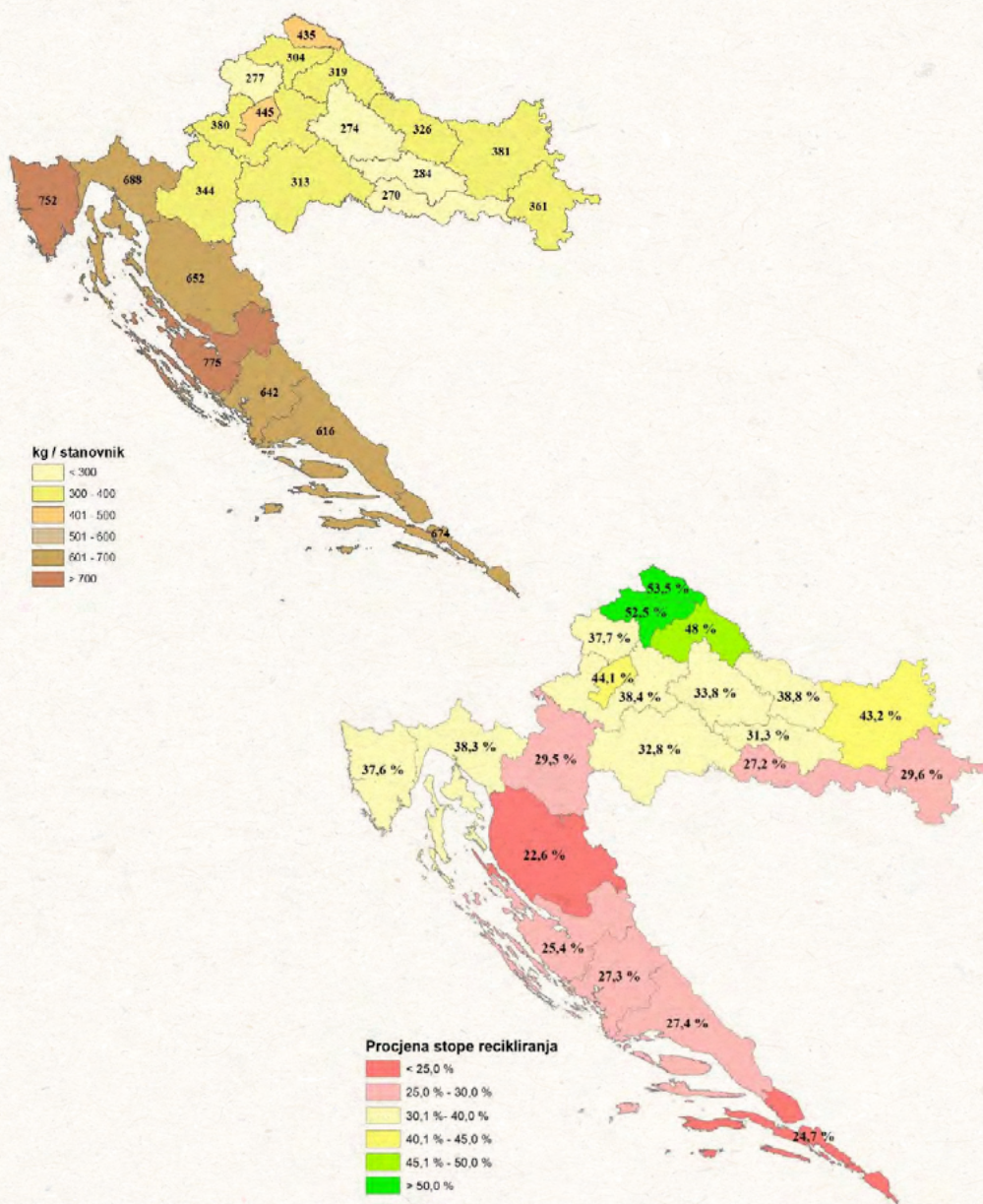
U državnim dokumentima kao jedan od razloga za značajno povećanje generisanja komunalnog otpada po glavi stanovnika je i brži rast BDP od 21% nasuprot porasta količine otpada od 7%.

RH, iako članica EU, je još uvijek daleko od zacrtanih ciljeva koje propisuju direktive. Na sledećoj slici je prikazana procentualna količina recikliranog otpada. Iako ispod granica propisanim direktivama primjetan je stabilan rast.



Slika 22: Udio recikliranja u RH u razdoblju od 2010. do 2023. godine u odnosu na propisane ciljeve

Posebno su interesantne naredne dvije slike.



Slika 23: Količine nastalog komunalnog otpada po stanovniku i procijenjene stope recikliranja komunalnog otpada u 2023. godini po županijama

Kao što se može vidjeti jasna je razlika, sklonosti i ponašanja stanovnika južnog, primorskog i sjevernog dijela RH odnosno županija. Sjeverne županije imaju mnogo manje količine generisanog otpada po glavi stanovnika kao i veće stope reciklaže. Neke od njih ispunjavaju i stope iz EU direktiva.

Prema podacima vezanim za 2021. godinu u RH postoji 88 odlagališta otpada od kojih je 80 za komunalni otpad a 8 za industrijski otpad. Ne postoji nijedna depozicija za opasan otpad. Takođe RH ima plan da uspostavi 11 Centara za upravljanje otpadom (CUO). Neki su već u radu a neki u izgradnji ili dobijanju neophodnih dozvola.



Slika 24: Položaj i status realizacije planiranih Centara za upravljanje otpadom, april 2023. godine

Jedan od centara, konkretno CUO Bakarac u Šibeničko-Kninskoj županiji ima namjeru da proizvodi gorivo iz otpada za potrebe energane koja bi svu proizvedenu energiju od termičkog tretmana otpada prosljedila industrijskoj zoni Podi.

Zanimljivo je istaći i podatak da je recimo u 2020. godine RH uvezla neopasni otpad od 33.646,56t RDF-a, što čini oko 48% od ukupno uvezenih količina neopasnog otpada. Od tih količina uvezenog otpada najveći uvoznici RDF-a bili su cementare NEXE d.d. (31%) i Holcim (Hrvatska) d.o.o. (25%) i kompanija Kronospan CRO d.o.o. (22%).

U 2023. godini u evidenciji resornog ministarstva RH upisana je 21 kompostana od kojih je 19 imalo važeću dozvolu za upravljanje otpadom, dok su dvije bile u postupku dobijanja dozvole za rad. Od ovog broja 17 ih je obrađivalo komunalni otpad. Na kompostiranje je preuzeto 132.173t otpada od čega je komunalni otpad je činio 73% ukupnog otpada odnosno 96.786t.



5.2.1. PRIMJER DOBRE PRAKSE

U okviru komunalnog preduzeća “Komunalac” d.o.o. iz Koprivnice, funkcioniše kompostana u Herešinu. Ova kompostana je jedna od najsavremenijih postrojenja za obradu biorazgradivog otpada u Hrvatskoj. Projekt modernizacije i proširenja postojeće kompostane završen je u julu 2021. godine, čime je kapacitet obrade biootpada povećan na 9.000t godišnje.

U sklopu kompostane nalaze se dvije proizvodne hale i skladišni prostor, gdje se kompost proizvodi u kontrolisanim uslovima u trajanju od šest do osam nedjelja, što je značajno kraće u odnosu na prethodnih deset do dvanaest nedjelja kada se proces odvijao na otvorenom, aerobnim putem. Samim tim i kompost je dobio na kvalitetu. Tehnologija je razvijena u saradnji s firmom Tehnix i stručnjacima iz Hrvatske.

Komunalno preduzeće još od 2011. godine aktivno preuzima biorazgradivi otpad podjelivši zelene vreće i 8.500 smeđih kanti građanima Koprivnice i 8 okolnih opština.

Građani se stimulišu na način da imaju mogućnost besplatnog odlaganja 2m³ ili dvije autoprikolice direktno u kompostani bez plaćanja nadoknade, pri čemu dobijaju 30 litara komposta besplatno. Takođe, građani koji kupuju vreće za biootpad direktno od kompanije su takođe stimulisani sa određenom količinom komposta. Kompost koji spada u kompost I klase pod nazivom brenda DOMKO, se koristi u poljoprivrednoj proizvodnji, vinogradarstvu, voćarstvu...

Kompanija je uvela stroga pravila o preuzimanju biorazgradivog otpada od građana koji taj otpad mogu da odlože na javnu površinu, izvan dvorišta, na pristupačno mjesto za teretna vozila, tako da ne smeta saobraćaj. Građani su obavezni da granje vežu u snopove za ručni utovar.



Slika 25: Detalj preuzimanja biorazgradivog otpada od građana Koprivnice



Slika 26: Detalji otvorenog i zatvorenog dijela kompostane

5.3. UPRAVLJANJE OTPADOM U REPUBLICI SLOVENIJI

Ako svaka zemlja ima svoju boju, Slovenija je, bez sumnje, zelena. Zovu je zelenim srcem Evrope, rajem za ljubitelje prirode koju njeni stanovnici bezrezervno vole i poštuju. Nije ni čudo onda da baš Slovenija, važi za lidera u regionu kad je riječ o upravljanju otpadom i cirkularnoj ekonomiji.

Vlada Slovenije je u decembru 2017. godine usvojila Strategiju slovenačkog razvoja do 2030. koja definiše 12 ciljeva, među kojima je i tranzicija na nisko karbonsku i cirkularnu ekonomiju.

Javne komunalne službe rade na sledećim principima:

- Uključenost stanovnika: 100%
- Sakupljanje „od vrata do vrata“,
- Uvođenje “ekoloških ostrva”,
- Pokretni kontejneri za sakupljanje,
- Sakupljanje kabastog otpada po pozivu i u kampanjama.

Domaćinstva odvajaju otpad po principu 5 kanti od 2004. godine i to: za ambalažu (“žuta” kanta), papir (“plava” kanta), staklo (“zelena” kanta), bio otpad (“braon” kanta) i preostali miješani otpad (“crna” kanta).

U 2022. godini u Sloveniji je radilo 270 postrojenja za recikliranje otpada, 577 postrojenja za preradu otpada na odlagalištima i 13 postrojenja za pripremu goriva iz otpada i to pretežno RDF i nešto SRF goriva. Osim toga, otpad se zbrinjava u tri spalionice i to: spalionica u Celju za komunalni otpad i mulj, suspaljivanje u spalionici u cementari Anhovo i suspaljivanje u termoelektrani Šoštanj. Trenutno je u toku pribavljanje dozvola za još dvije spalionice u kojima će se spaljivati samo komunalni otpad koji ostaje na kraju tehnološkog procesa iz Centara za upravljanje otpadom (RCERO). Te spalionice će biti locirane u Ljubljani i Mariboru. Predviđa se da će njihov kapacitet biti oko 160.000t gorivog dijela preostanka komunalnog otpada.

Od 2014. godine, u Sloveniji je zabranjeno odlaganje komunalnog otpada osim onog čija je donja toplotna moć manja od 6MJ/kg. Iz ovog razloga broj deponija se smanjuje, tako da je 2022 godine njihov broj bio 17, a već tokom 2024 godine broj aktivnih deponija se smanjio na 11.

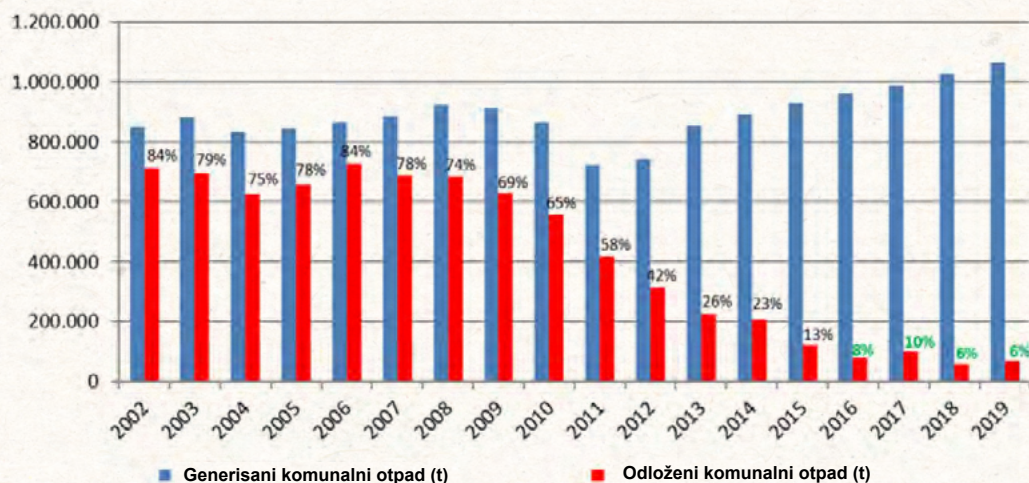
U 13 postrojenja za energetske preradu otpada, obrađeno je 134.000t otpada s ciljem dobijanja goriva, RDF-a ili SRF-a.

Slovenija posjeduje i 5 Regionalnih centara za upravljanje otpadom (RCERO) gdje jedan centar opslužuje više opština. Regionalni centari su smješteni u Ljubljani, Celju, Mariboru, Novom mestu i Kopru.

Najveći je RCERO Ljubljana i opslužuje 56 opština.

Slovenija kao i mnoge druge države nije imuna na povećanje količina komunalnog otpada iz godine u godinu.

Ovo je evidentno sa naredne slike.



Slika 27: Generisani i odloženi komunalni otpad

Međutim, takođe je evidentan i uspjeh Slovenije da je smanjeno odlaganje na sanitarnim deponijama i da je Slovenija još od 2016. godine uspjela da ispoštuje EU direktive o smanjenju odlaganja otpada na deponijama ispod 10%.

Na narednoj tabeli su dati neki k-čni indikatori otpada.

Indikatori otpada	2002	2005	2010	2015	2020	2022
Generisani komunalni otpad [kg/stanovnik]	426	422	422	451	489	496
Generisani komunalni otpad [% ukupno generisanog otpada]	17,3	14,0	13,7	18,0	13,4	9,0
Sortirani komunalni otpad [%ukupno generisanog otpada]	8,6	11,1	22,4	68,6	72,2	73,4
Otpad odložen na deponijama [kg/stanovnik]	412	376	304	126	75	72
Stopa reciklaže komunalnog otpada [% generisanog komunalnog otpada]	-	-	22,4	54,1	59,2	62,4

Tabela 5: Karakteristični indikatori za upravljanje otpadom za period 2002 -2022. godina

Kao što se može vidjeti procenat sortiranog komunalnog otpada za posmatrani period od 20 godina je porastao sa 8,6% na 73,4%. Takođe u istom periodu stopa reciklaže je dostigla 62,4%.

Ovakvi rezultati su doveli do toga da Slovenija ima 5 gradova koji su dobili zvanični sertifikat od NVO Zero Waste Europe da su gradovi bez otpada odnosno tzv. “zeleni” gradovi.

Bled i Gorje su prva dva grada u Evropskoj uniji koji su dobili ovaj sertifikat. Stopa selekcije otpada u Gorju je 75%, a na Bledu 71%. Nakon toga su ovaj sertifikat dobili i gradovi Vrhnika, Log-Dragomer i Borovnica.



5.3.1. PRIMJER DOBRE PRAKSE

Kao što je već napomenuto u tekstu, jedan od 5 regionalna Centra za upravljanje otpadom (RCERO) nalazi se u Ljubljani. Posluje u okviru JAVNO PODJETJE VODOVOD KANALIZACIJA SNAGA d.o.o. ili kratko JP VOKA SNAGA. Ovo javno komunalno preduzeće je najveće preduzeće u Sloveniji po broju korisnika javnog sistema vodosnabdjevanja, sistema za odvođenje i prečišćavanje otpadnih voda kao i sistema upravljanja otpadom.



Slika 28: Panoramski prikaz RCERO Ljubljana

JP VOKA SNAGA, koja se nalazi na nešto više od kilometar od centra Ljubljane je jedno od najmodernijih i najvećih postrojenja toga tipa ne samo u Sloveniji već i u Evropi. U ovom postrojenju se procesira otpad iz 56 opština u kome živi oko 800.000 stanovnika. Dakle, ovdje se obradi trećina slovenačkog otpada. Počeo je sa radom 2016. godine i prema zvaničnim podacima za njegovu izgradnju je trebalo izdvojiti 155 miliona eura.

Otpad koji dolazi u RCERO Ljubljana je otpad iz 5. kante odnosno crne kante, one u kojoj završava otpad koji se ne odvaja. Takođe, ovdje završava i otpad iz 4. “braon” kante, koja sadrži biološki odnosno organski otpad. Kada takav otpad stigne u fabriku, odlazi u jednu od dvije zgrade, – “narandžasta” procesira organski otpad, a “zelena” mješoviti otpad. Separatori sortiraju različite tipove plastike, papira i drugih upotrebljivih materijala, poput aluminijuma i drugih metala koji se prikupljaju magnetom. Nereciklabilni dijelovi se koriste kao gorivo. Proces je automatizovan i njime se upravlja iz kontrolne sobe.

Postrojenja mogu da prerade 170.000t otpada godišnje – 150.000t mješovitog komunalnog otpada godišnje i 21.000t biološkog otpada. Od toga se godišnje proizvede 2.800t komposta, 6.000t sortiranih sekundarnih sirovina, 70.000t čvrstog goriva od otpada različite kalorijske vrednosti, 40.000t digestata (visoko kvalitetnog đubriva), 13GWh električne energije i 15GWh toplotne energije od biogasa.



Slika 29: Kompost RASTKO dobijen u RCERO Ljubljana

Nakon tretmana, manje od 5 odsto otpada završava na deponijama.

Takođe treba istaći i još neke zanimljivosti za ovo Javno preduzeće, naime JP VOKA SNAGA čisti Ljubljanske ulice pomoću mašina koje recikliraju vodu i koriste biološki razgradivi deterdžent. Čistači za mokro čišćenje koriste pet metli da čiste ulice i usisavaju svu iskorišćenu vodu. Za ispiranje ulica uglavnom se koristi kišnica sakupljena sa krovova objekata JP VOKA SNAGA.

Ljubljana je dio globalne mreže za promociju popravki, takozvane Repair Cafe. Repair Cafe radi u okviru Centra ponovne upotrebe i počeo je sa radom 2023. godine. Aktivno sarađuje sa JP VOKA SNAGA. Svakog poslednjeg četvrtka u mjesecu na raspolaganju su različiti profesionalci (električar, krojačica, stolar...) i volonteri koji pomažu u popravci proizvoda koje donesu posjetioci. Pored remontne radionice, Centar ponovne upotrebe ima i radnju. Broj proizvoda koji centar prodaje porastao je sa prosečnih 50 na prosječno 190 dnevno.



6. TEHNOLOŠKI PROCESI UPRAVLJANJA OTPADOM

6.1. MEHANIČKO-BIOLOŠKI TRETMAN OTPADA

Mehaničko-biološki tretman/obrada MBT (ili MBO) podrazumjeva integraciju nekoliko procesa, pri čemu su osnovni ciljevi smanjenje količine biorazgradivog otpada na deponijama i stabilizacija organske frakcije koja se dalje može slati na proizvodnju čvrstog goriva iz otpada ili spaljivanje (insineraciju).

Kada je u pitanju sistem upravljanja otpadom, MBT je sve češća opcija u Evropi, posebno zbog Direktive EU o deponijama koja je definisala zahtjeve u pogledu dizajna i rada deponije i obavezno postepeno smanjenje biorazgradive frakcije komunalnog čvrstog otpada koji se odlaže na deponije.

MBT u osnovi obuhvata dva ključna procesa: mehanički i biološki tretman otpada.

Mehanička obrada otpada podrazumjeva:

- Otpad se sortira pomoću mašina i manuelnog rada.
- Odvajaju se materijali za reciklažu ili ponovnu upotrebu.
- Preostali otpad se usitnjava, suši i priprema za dalju obradu.

Biološka obrada podrazumjeva:

- Organski dio otpada (hrana, baštenski otpad) se tretira procesima kao što su kompostiranje ili anaerobna digestija.
- Ovi procesi smanjuju masu otpada i proizvode biogas koji se može koristiti za proizvodnju energije.

6.1.1. KOMPOSTIRANJE

Kompostiranje predstavlja ključni proces u održivom upravljanju biološkim otpadom, omogućavajući razgradnju organske materije pod kontrolisanim uslovima. Ova metoda, zasnovana na mikrobiološkim i hemijskim reakcijama, igra značajnu ulogu u očuvanju ekološke ravnoteže i poboljšanju kvaliteta zemljišta.

Osnovna razlika između procesa kompostiranja i prirodnog razlaganja jeste u tome što je proces kompostiranja kontrolisan proces. Pored ulazne sirovine neophodno je prisustvo kiseonika, vode i mikroorganizama. Indikator uspješnosti procesa je razvijanje toplote u kompostnoj hrpi.

Prema tome, iako je ovaj proces u osnovi biološki, uvođenje tehnologije i tehnike doprinosi brzini i efikasnosti kompostiranja. Glavni pokretači procesa kompostiranja su mikroorganizmi, bakterije, gljive i aktinomicete, dok čovjek uz određene intervencije drži pod kontrolom određene faktore koji utiču na kvalitet procesa.

Razlikuju se sledeće vrste kompostiranja:

6.1.1.1. AEROBNO KOMPOSTIRANJE

Ova metoda koristi kiseonik za razgradnju organskog materijala. Materijal se obično slaže u slojeve i povremeno prevrće radi provjetravanja. Što se češće prevrće, kompost će se brže razgraditi.

Ova metoda obično podrazumjeva tri faze:

- Mezofilna faza (20-45°C): Početni mikrobiološki rast, razgradnja lako razgradivih materija.
- Termofilna faza (45-70°C): Intenzivna razgradnja proteina, celuloze i drugih kompleksnih spojeva, eliminacija patogena.
- Faza hlađenja i sazrijevanja: Formiranje stabilnog humusa.



Slika 30: Primjer aerobnog kompostiranja u Kotoru (izvor DOO Komunalno Kotor)

6.1.1.2. ANAEROBNO KOMPOSTIRANJE

Ovdje se organski materijal razgrađuje bez prisustva kiseonika uz djelovanje aneorobnih bakterija, često u zatvorenim posudama ili jamama. Glavni produkti su metan (CH_4) i ugljen-dioksid (CO_2). Ova metoda se često koristi za proizvodnju biogasa, koji može služiti kao obnovljivi izvor energije.

Pored toga, ovaj proces traje duže od aerobnog upravo zbog odsustva kiseonika, koji je veoma bitan faktor u procesu razlaganja.



*Slika 31: Primjer anaerobnog kompostiranja
(izvor DRAVA Vodnogospodarsko podjetje Ptuj d.o.o.)*

6.1.1.3. VERMIKOMPOSTIRANJE

Korišćenjem glista, posebno kalifornijskih crvenih glista, organski otpad se pretvara u visokokvalitetni kompost poznat kao humus.



Slika 32: Primjer postrojenja za vermikompostiranje

Ova metoda je efikasna i može se primijeniti i u manjim prostorima. Pogodno za kućnu upotrebu, poljoprivredu i komercijalnu proizvodnju komposta. Ova metoda omogućava kraće vrijeme razgradnje od 2-3 mjeseci umjesto 6-12 mjeseci kao kod klasičnog kompostiranja. Ovo je jedan od popularnijih načina kompostiranja organskog otpada



6.1.1.4. TERMOFILNO KOMPOSTIRANJE (kompostiranje na visokim temperaturama)

Ovaj process se odvija na temperaturama iznad 55°C, što omogućava brzu razgradnju organske materije i uništavanje patogena i sjemena korova.

Ova metoda se najčešće koristi u velikim kompostanama i industrijskim sistemima.



Slika 33: Primjer postrojenja za termofilno kompostiranje

6.1.1.5. BOKASHI KOMPOSTIRANJE

Ova metoda koristi efektivne mikroorganizme (EM - „bokashi mekinje“ ili „bokashi starter“) za fermentaciju otpada umjesto klasične razgradnje. Proces ne zahtijeva kiseonik i nema proizvodnje metana. Takođe, karakteristično za ovu metodu je da može obraditi i kuvanu hranu, mliječne proizvode i meso, što klasične metode ne omogućavaju. Proces traje samo 2-4 sedmice i ne emituju se neugodni mirisi.



Slika 34: Primjer punjenja Bokashi kante i dodavanje "startera"

PREDNOSTI:

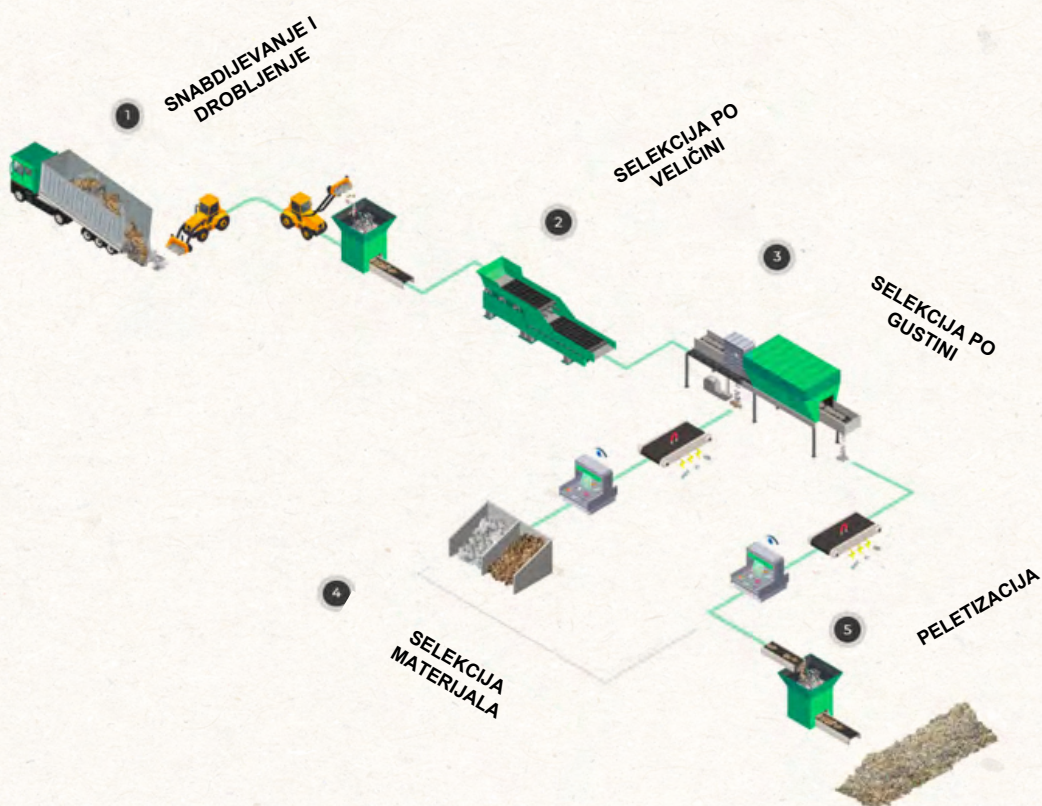
- ✓ Smanjenje otpada na deponijama
- ✓ Proizvodnja prirodnog đubriva
- ✓ Povećana plodnost zemljišta i zadržavanje vlage
- ✓ Smanjenje emisije gasova staklene bašte
- ✓ Pобоljšanje mikrobiološkog sastava tla
- ✓ Ekonomska isplativost

NEDOSTACI:

- Dugotrajan proces
- Potrebna pažljiva kontrola uslova
- Neprijatni mirisi i privlačenje štetočina
- Potreban prostor i oprema
- Rizik od prenosa patogena i sjemena korova
- Ograničenja u vrsti otpada

6.1.2. RDF/SRF GORIVO

Jedan od najčešćih proizvoda mehaničke obrade otpada je RDF (Refuse Derived Fuel) gorivo. U zemljama Evropske unije RDF se najčešće koristi kao gorivo u industriji cementa, energetskim postrojenjima na ugalj, u sistemima za kogeneraciju i spalionicama čvrstog komunalnog otpada. Njegova primjena ima relativno dugu tradiciju i široko je prihvaćena u većini evropskih zemalja, a posebno u Njemačkoj, Austriji i Poljskoj. U cementnoj industriji u Evropi prosječna stopa zamjene fosilnih goriva primjenom goriva dobijenog iz otpada iznosi oko 35%, u pojedinim zemljama i do 60%, a u nekoliko fabrika cementa i preko 90%.



Slika 35: Tipičan tehnološki proces dobijanja RDF goriva

Pored RDF goriva postoji SRF (Solid Recovered Fuel) gorivo. Oba goriva su dobijena iz otpada, ali se razlikuju po kvalitetu, standardima proizvodnje i krajnjoj upotrebi.

U narednoj tabeli su date neke osnovne razlike ove dvije vrste goriva.

Osobina	RDF (Refuse-Derived Fuel)	SRF (Solid Recovered Fuel)
Sirovina	Mješoviti komunalni i industrijski otpad	Kvalitetniji otpad – više plastike, papira, drvenih materijala
Kalorijska vrednost	Niža i promenljiva (~10-18MJ/kg)	Viša i stabilna (>18MJ/kg)
Standardizacija	Nema jedinstvenih standarda – zavisi od postrojenja	Definisan prema EN 15359 evropskom standardu
Upotreba	Cementare, spalionice, termoelektrane	Visokotehnološka postrojenja, kotlovi s preciznom kontrolom sagorevanja

Tabela 6: Glavne razlike RDF i SRF goriva

	Austrija	Belgija	Finska	Njemačka	Italija	Holandija
Masa proizvedenog RDF/SRF	780.000	100.000	500.000	3.100.000	750.000	300-400.000
Suspaljivanje u cementarama	150.000	100.000	-	1.500.000	180.000	-
Spaljivanje u postrojenjima za ugalj	-	-	-	600.000	50.000	-
Kogeneracija	510.000	-	500.000	300.000	40.000	-
Spalionice čvrstog komunalnog otpada	20.000	-	-	-	400.000	-
Izvoz	80-100.000	-	-	500-1.000.000	-	300-400.000

Tabela 7: Količina proizvedenog goriva iz otpada i način njegovog korišćenja u (t/god)

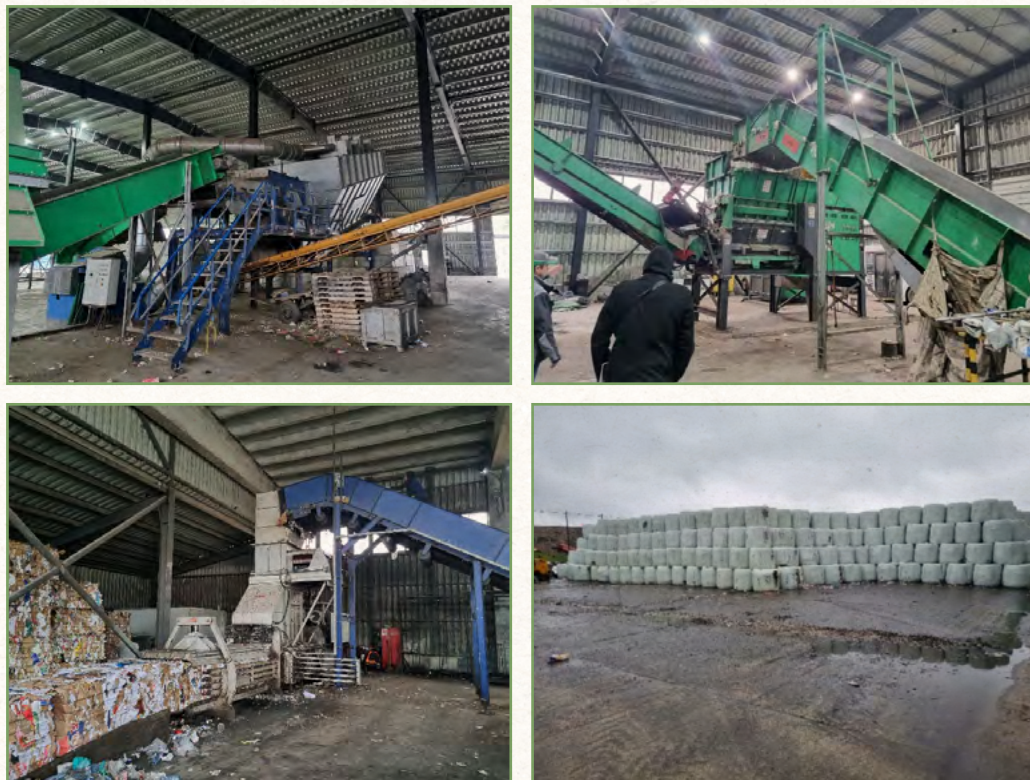
Prednosti:

- ✓ MBT postrojenja mogu smanjiti zapreminu otpada za 50-70%, čime se smanjuje opterećenje deponija i produžava njihov vijek trajanja.
- ✓ RDF i SRF, kao najčešći proizvodi ovog tretmana, su energetski bogata goriva koja često mijenjaju fosilna goriva u cementarama, elektranama i drugim industrijskim procesima.
- ✓ MBT tretman omogućava izdvajanje metala, plastike, papira i drugih korisnih materijala prije termičke obrade ili odlaganja.
- ✓ Stabilizacijom otpada putem ovog tretmana u vidu RDF i SRF goriva smanjuje otpad koji bi razlaganjem na deponijama proizvodio CH_4 čime se smanjuju količine GHG gasova
- ✓ Organski dio otpada može se koristiti za anaerobnu digestiju radi proizvodnje biogasa ili aerobno kompostiranje za stvaranje stabilizovanog komposta.
- ✓ MBT postrojenja su jeftinija za izgradnju i imaju niže operativne troškove od mnogih postrojenja za termičku obradu otpada.

Nedostaci:

- S obzirom da RDF i SRF i dalje moraju biti spaljeni u određenim postrojenjima, to znači da se problem emisija gasova ne eliminiše u potpunosti.
- Energetska vrijednost RDF-a (10-20MJ/kg) je niža od fosilnih goriva poput uglja (24-30MJ/kg), što može smanjiti njegovu privlačnost za industriju; SRF ima višu energetska vrednost (~25MJ/kg) jer prolazi dodatnu rafinaciju.
- Cementare i elektrane koje koriste RDF/SRF moraju imati napredne filtere i sisteme za smanjenje NO_x i dioksina kako bi ispunile ekološke standarde.
- U cilju povećanja kvaliteta RDF/SRF goriva (SRF prolazi dodatne tretmane) treba postojati postrojenje i oprema da bi se posao mehaničkog sortiranja odradio kvalitetno. To iziskuje naprednu tehnologiju i značajna ulaganja.

Na sledećim slikama je primjer kompanije GIREXIM S.R.L. u gradu Pitești u Rumuniji. U tzv. “HAAS centru” koji je dobio ime zbog upotrebe opreme njemačke kompanije *HAAS Recycling Systems* proizvodi se RDF gorivo. Dnevna proizvodnja je 150-170t RDF goriva čija je kalorična moć 12-18MJ/kg. RDF se presuje, balira i kao takvo prodaje obližnjoj cementari po cijeni 40€/t dok je subvencija države dodatnih 40€/t.



Slika 36: Detalji iz kompanije GIREXIM S.R.L. (izvor privatna arhiva)

6.1.3. ANALIZA PRIMJENE MBT TEHNOLOGIJE U CRNOJ GORI

Kao što je veće rečeno, mehaničko-biološki tretman (MBT) otpada kombinuje mehaničku selekciju materijala i biološku stabilizaciju organskog otpada.

S obzirom da još nije usvojen Državni plan upravljanja otpadom, ne može se konkretno govoriti o broju MBT postrojenja koji će biti planirani u Crnoj Gori. Ono o čemu se može govoriti i što može biti reper za ostala postrojenja jeste pogon Reciklažnog centra u Deponiji d.o.o. Pogon je zamišljen da izdvaja ambalažne materijale poput kartona, papira, stakla, PET-a, željeza, ALU limenki. Ostatak koji se kolokvijalno naziva “organski otpad” odlazi na sanitarne kade. Međutim od početka rada 2010. godine, zaposlenima u Deponiji Podgorica je bilo jasno da je neselektovan materijal ogromni problem i da se male količine ambalažnog materijala mogu izdvojiti. Takođe primjećeno je da povećane količine tretiranog (“provučenog”) komunalnog otpada u Reciklažnom centru ne znači da će se i više ambalažnog materijala izdvojiti. Naime, osim željeza koji se izdvaja na dva magneta svi ostali materijali se izdvajaju ručno tako da povećavanjem gomila komunalnog otpada na transportnim trakama samo otežavaju rad zaposlenih u sortirnim kabinama i njihov učinak opada. Vremenom se iskristalisala količina koja dozvoljava zaposlenima da daju svoj maksimalni učinak i on iznosi oko 50t u toku jedne (prve) smjene.



Slika 37: Procenat izvatka materijala u Reciklažnom centru (izvor Deponija d.o.o.)

Ako se zna da Deponija Podgorica dnevno primi 300-350t više je nego jasno kako neselektovan otpad utiče na produkciju.

Dakle, razlog ovako malog izvatka materijala se prevenstveno ogleda u tome što ne postoji primarna selekcija i to što i takav neselektovan otpad dolazi opterećen kabastim otpadom tako da zaposleni u Reciklažnom centru moraju prethodno izdvojiti taj otpad kako ne bi došlo do povređivanja zaposlenih u sortirnim kabinama i do potencijalnog kvara transportne opreme. Kabasti otpad u komunalnom otpadu samo govori o navikama naših građana koji smatraju da sve vrste otpada mogu da ubacaju u posude (kontejnere) i da je jedini limit otvor samih posuda.

Dakle, primjena MBT tehnologije u Crnoj Gori, u koliko god centara Državni plan to predvidi, je moguća. Potrebna su određena finansijska ulaganja koja su manja od drugih tehnologija koje su objašnjene u ovom radu. Ali ne samo za ovu tehnologiju već za čitav sistem upravljanja otpadom država ili samo tržište mora omogućiti funkcionisanje cirkularne ekonomije jer se na taj način valorizuju efekti tretmana otpada i pokrivaju troškovi sistema upravljanja otpadom.

Kao što je objašnjeno u prethodnom poglavlju u slučaju da se krene u proizvodnju RDF/SRF goriva potrebno je naći korisnika i kupca za ovo gorivo. Crna Gora nema cementara koje su zahvalne za ovu vrstu goriva. Takođe ova vrsta goriva je veoma tražena i u spalionicama otpada. Najveći potrošač čvrstog goriva u Crnoj Gori, termoelektrana Pljevlja bi mogla da primi ovu vrstu goriva ali je za to potrebno prilagođavanje tehnologije sagorijevanja i strožija kontrola emisija, tako da je ova mogućnost čisto alternativa.

Sa druge strane proizvodnja komposta opet iziskuje određena finansijska ulaganja ali bi se plasman proizvoda mogao ostvariti kod poljoprivrednih proizvođača u našoj državi. Naravno da su sva iskustva i podsticaji koji se koriste u ovoj oblasti u drugim državama od izuzetne važnosti.

Dakle, kao zaključak se prosto nameće da bi ova tehnologija bila održiva u Crnoj Gori potrebno je:

- Povećati nivo odvajanja otpada na izvoru kako bi se smanjili troškovi obrade.
- Razviti tržište za RDF/SRF gorivo i omogućiti njegovu upotrebu u industriji.
- Osigurati dodatne investicije za izgradnju i modernizaciju postojećih postrojenja.

6.2. TERMIČKA OBRADA OTPADA

Termički tretman otpada obuhvata različite procese koji omogućavaju pretvaranje otpada u energiju, dok se istovremeno smanjuje njegova zapremina i ostatak postaje inertan. Ovim postupkom se značajno smanjuje potreba za prostorom na deponijama čime se produžava vijek trajanja deponija.

Ovi procesi uključuju sagorjevanje otpada uz pomoć toplote, a primenjuju se različite tehnologije, poput insineracije (spaljivanja), gasifikacije, pirolize i plazma obrade. Kroz njih se generišu toplotna i električna energija. Insineracija, odnosno masovno sagorijevanje otpada, najčešća je metoda, jer može obraditi otpad različitog porijekla, veličine i sastava.

U savremenoj literaturi, termička obrada otpada često se označava terminima „energija iz otpada” (Energy from Waste – EfW) ili „otpad u energiju” (Waste to Energy – WtE). Ovi koncepti podrazumjevaju proizvodnju električne i toplotne energije direktno iz otpada ili njegovu preradu u goriva kao što je već pomenuti RDF. Insineracija je najčešća primjena WtE tehnologije, a koristi se za obradu različitih vrsta otpada i to: komunalnog, neopasnog industrijskog, kanalizacionog, poljoprivrednog i medicinskog. Glavni kriterijum je da otpad bude zapaljiv ili biorazgradljiv.

Prednosti termičke obrade otpada:

- Energija dobijena sagorijevanjem otpada smanjuje potrebu za fosilnim gorivima.
- Pretvaranjem otpada u energiju smanjuje se opterećenje deponija i njihov negativan uticaj na životnu sredinu.
- WtE procesi omogućavaju iskorišćavanje energetskog potencijala komunalnog otpada, naročito njegove biorazgradljive komponente.

Izazovi i nedostaci termičkog tretmana otpada:

- Investicije u WtE postrojenja su ogromne.
- Proces zahtjeva precizno upravljanje i stalni nadzor. Veliki problem je djelimično sagorijevanje otpada koje dovodi do problema u cijevnom sistemu kotla kao i formiranje pepela,
- Tabu tema zbog kontraverzi oko emisije štetnih gasova i uticaja na životnu sredinu.

Iako termički tretman otpada nije bez izazova, on predstavlja jedno od ključnih rešenja za smanjenje otpada i istovremenu proizvodnju korisne energije.

6.2.1. SPALIONICE (INSINERATORI)

Insineracija se definiše kao kontrolisano spaljivanje otpada. Pri tome se poseban akcenat stavlja na termin **kontrolisano** kako bi se naglasila razlika između ovih tehnologija i prostog spaljivanja otpada na otvorenom prostoru.

U osnovi, spaljivanje je oksidacija organskih zapaljivih materijala sadržanih u otpadu.

Gorive komponente u otpadu sastavljene su od: ugljenika (C), vodonika (H), sumpora (S), kiseonika (O) i azota (N).

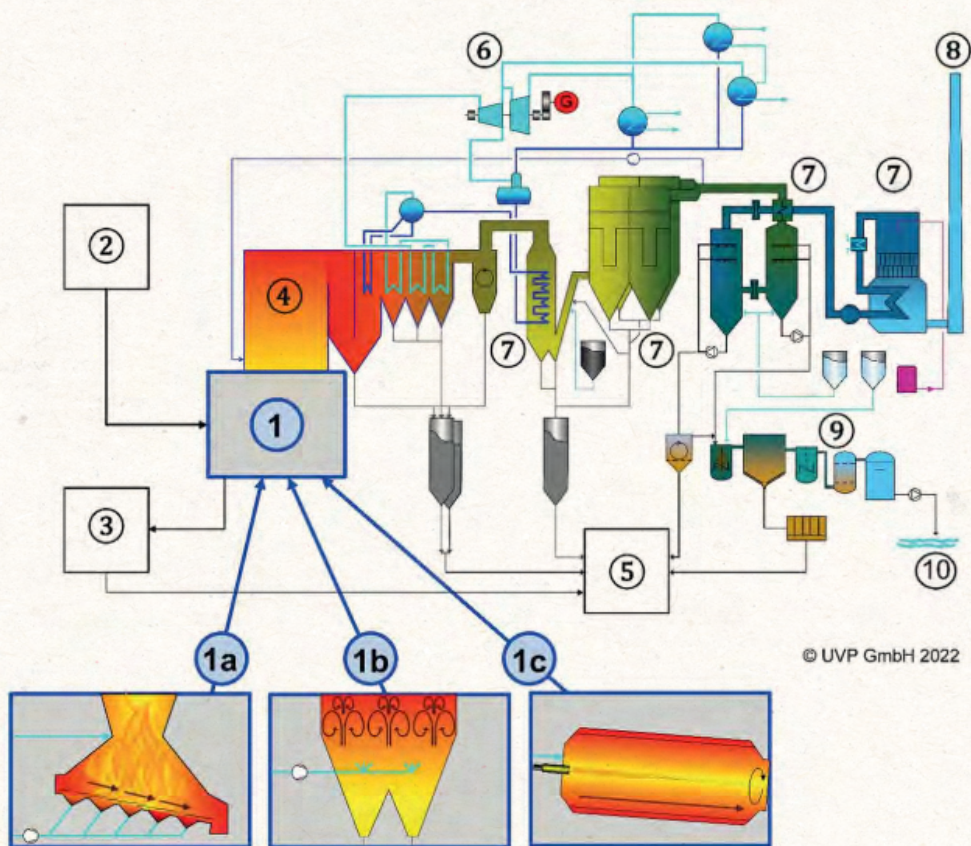
Spaljivanje (insineracija) se odvija na temperaturi od 850°C do 1200°C, pri čemu nastaju nusproizvodi: pepeo, ugljendioksid (CO_2), voda, sumpordioksid (SO_2), azotni oksidi (NO_x), čestice, teški metali i dioksini.

Kontrolisani proces sagorijevanja prvenstveno se primjenjuje da bi se smanjila količina otpada, a ako su pravilno opremljeni, mogu pretvoriti vodu u paru za potrebe sistema grijanja ili generisati električnu energiju. U procesu spaljivanja učestvuju gorive komponente iz otpada i kiseonik iz vazduha, a nusproizvodi su šljaka i pepeo kao čvrsti ostatak na dnu ložišta, te čestice letećeg pepela i dimni gasovi.

Direktivom 2010/75/EU o industrijskim emisijama, postrojenja za spaljivanje otpada konstruišu se i funkcionišu na način da gas nastao spaljivanjem otpada, čak i pod najnepovoljnijim uslovima mora dostići temperaturu od najmanje 850°C i na toj temperaturi provesti najmanje dvije sekunde. Isto pravilo važi i za postrojenja za suspaljivanje otpada.

S obzirom na konstrukciju ložišta, razlikuju se tri glavna tipa spalionica:

- Spalionice sa rešetkama;
- Spalionice sa fluidizovanim slojem.
- Spalionice sa rotacionom peći;

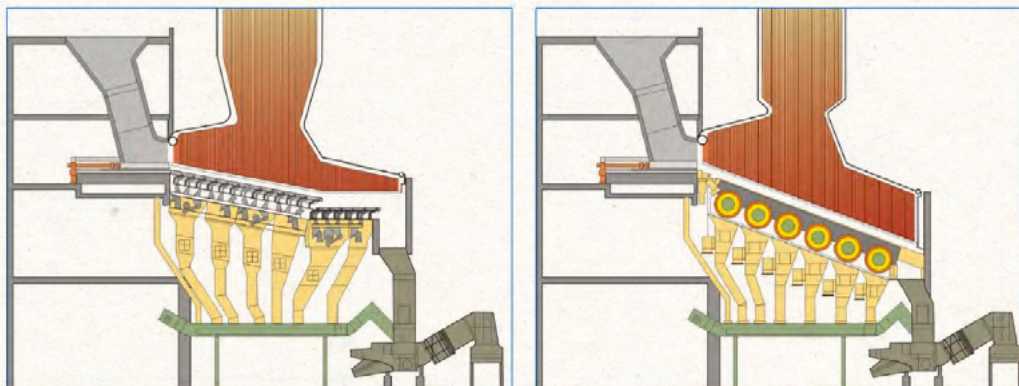


Slika 38: Šema procesa tipičnog postrojenja za spaljivanje otpada (UVP GmbH)

1. Ložište (peć/kotao) (1a. Rešetka, 1b. fluidizovani sloj, 1c. Rotaciona peć)
2. Skladištenje otpada
3. Sakupljanje pepela iz ložišta
4. Kotao
5. Ostaci pepela iz dimnog gasa
6. Kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije (CHP)
7. Tipičan višestepeni sistem za (mokro) prečišćavanje dimnih gasova
8. Dimnjak za ispuštanje prečišćenog dimnog gasa
9. Tipičan višestepeni sistem za prečišćavanje otpadnih voda
10. Ispuštanje prečišćenih otpadnih voda

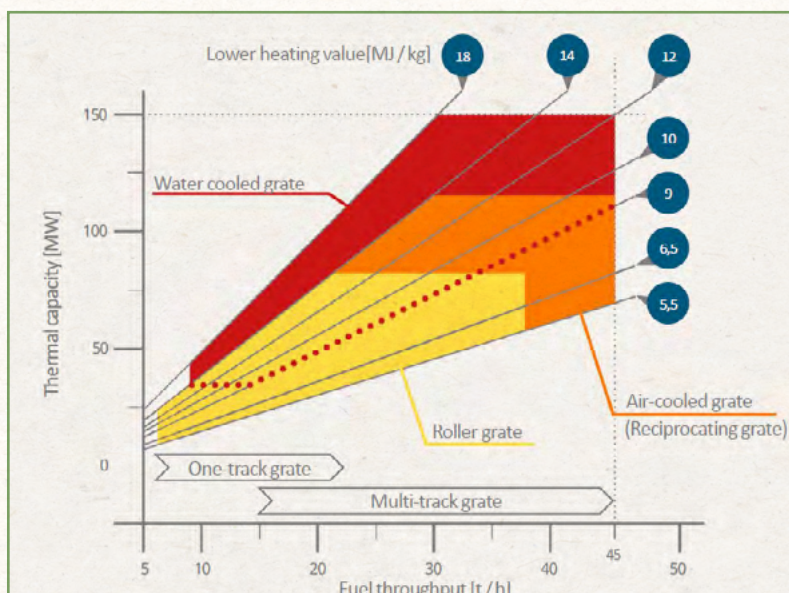
6.2.1.1. SPALIONICE SA REŠETKAMA

U spalionicama otpada koriste se različiti **tipovi rešetki**, koje omogućavaju efikasno sagorijevanje otpada i transport sagorjelih ostataka kroz proces. Glavni tipovi rešetki su prikazani na sledećoj slici:



Slika 39: Izgled klipne i "roller" rešetke (izvor DOOSAN LENTJES)

U zavisnosti od kalorične moći goriva kao i od toga da li je rešetka jednosegmentna ili višesegmentna, vrši se i izbor rešetke. Odabir rešetke zavisi od dostupnog goriva, ciljanog termalnog kapaciteta i zahtjeva postrojenja u pogledu efikasnosti i održavanja.



Slika 40: Prikaz izbora rešetke zavisno od kalorične moći otpada (izvor DOOSAN LENTJES)

Sa prethodne slike se jasno vidi da vodeno hlađenje rešetki ide uz otpad koji ima visoku kaloričnu moć (18MJ/kg) i visoke kapacitete rada postrojenja.

Vazdušno hlađenje rešetki je odgovarajuće i dovoljno kada otpad nije velike kalorične moći i kada su u pitanju manji kapaciteti tj. kada je manja količina otpada na satnom nivou.

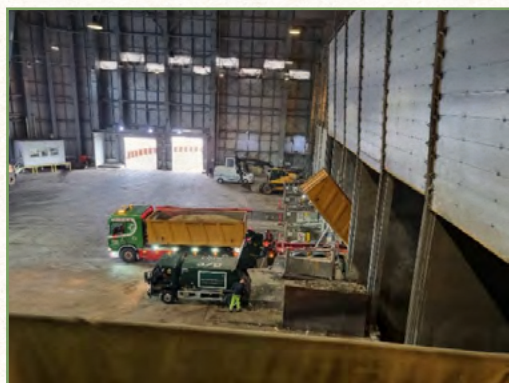
Prednosti:

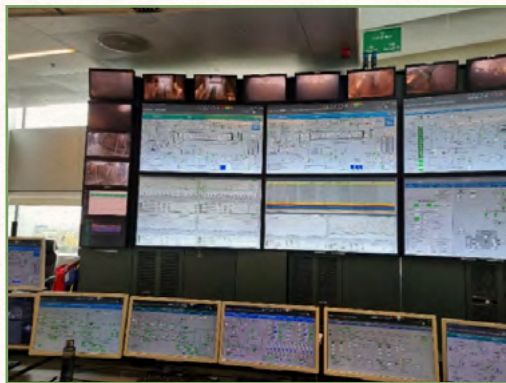
- ✓ Moguće je spaljivanje komunalnog, industrijskog i medicinskog otpada, bez potrebe za prethodnim sortiranjem ili homogenizacijom.
- ✓ Sagorijevanjem otpada proizvodi se toplotna i električna energija tj. u pitanju su kogenerativna postrojenja
- ✓ Nakon sagorijevanja, otpad se smanjuje na 5–10% prvobitne zapremine, čime se smanjuje potreba za deponijama
- ✓ Spaljivanjem otpada se smanjuju emisije gasova sa efektom staklene bašte koji nastaju odlaganjem otpada na deponijama, a ujedno se i štedi prostor za izgradnju deponija, te smanjuje njihov uticaj na životnu sredinu; Svaka tona spaljenog čvrstog komunalnog otpada sprečava ispuštanje oko jedne tone ekvivalenta CO₂ u atmosferu
- ✓ Tehnologija je već dokazana decenijama i moguć je kontinuirani rad 24/7
- ✓ Vidljiv je i napredak sistema za prečišćavanje gasova čime se minimizuje zagađenje životne sredine

Nedostaci:

- Investicioni troškovi kao i troškovi održavanja su veliki
- Iako moderne tehnologije smanjuju emisije, spaljivanje može proizvoditi dioksine, furane, NO_x i CO₂, što negativno utiče na životnu sredinu.
- Postoji potreba za daljim tretmanom pepela iz otpadnog gasa koji se tretira kao opasni otpad
- Iako značajno smanjuju količinu otpada ipak postoji i dalje potreba za deponijama
- Spalionice kao i druge tehnologije termičkog tretmana otpada smatraju se preprekama reciklaži i selekciji otpada, jer se resursi iz otpada žrtvuju za proizvodnju energije
- Uvijek upitna javna podrška zbog straha građana od potencijalnih zagađenja životne sredine

Na sledećim slikama je prikazana jedna od najmodernijih spalionica u svijetu, Copenhill (Amager Bakke) u Kopenhagenu. Toplotna energija koja se proizvede služi za grijanje 120.000 a električna energija za 50.000 stambenih jedinica. U spalionici je ugrađena hibridna turbina koja generiše i toplotnu i električnu energiju i od zavisnosti od potreba i/ili cijene toplotne ili električne energije kompanija koja gazduje ovom spalionicom se odlučuje u kom odnosu će vršiti proizvodnju neke od njih. Zahvaljujući ovoj hibridnoj turbini režim rada se mijenja u opsegu 0-63MW električne energije i 157-247MW toplotne energije za daljinsko grijanje. Dakle, režim rada se prilagođava u zavisnosti od lokalne potražnje za toplotnom energijom i cijene električne energije.





Slika 41: Detalji iz spalionice Copenhill (izvor privatna arhiva)

Zanimljiva je i sledeća slika koja pokazuje da se pomenuta spalionica nalazi u rezidencijalnom području Kopenhagena i na samo 1.5km udaljenosti od palate Amalienborg koja je sjedište Danske kraljevske porodice.



Slika 42: Pogled na kraljevsku palatu sa vrha spalionice Copenhill (izvor privatna arhiva)

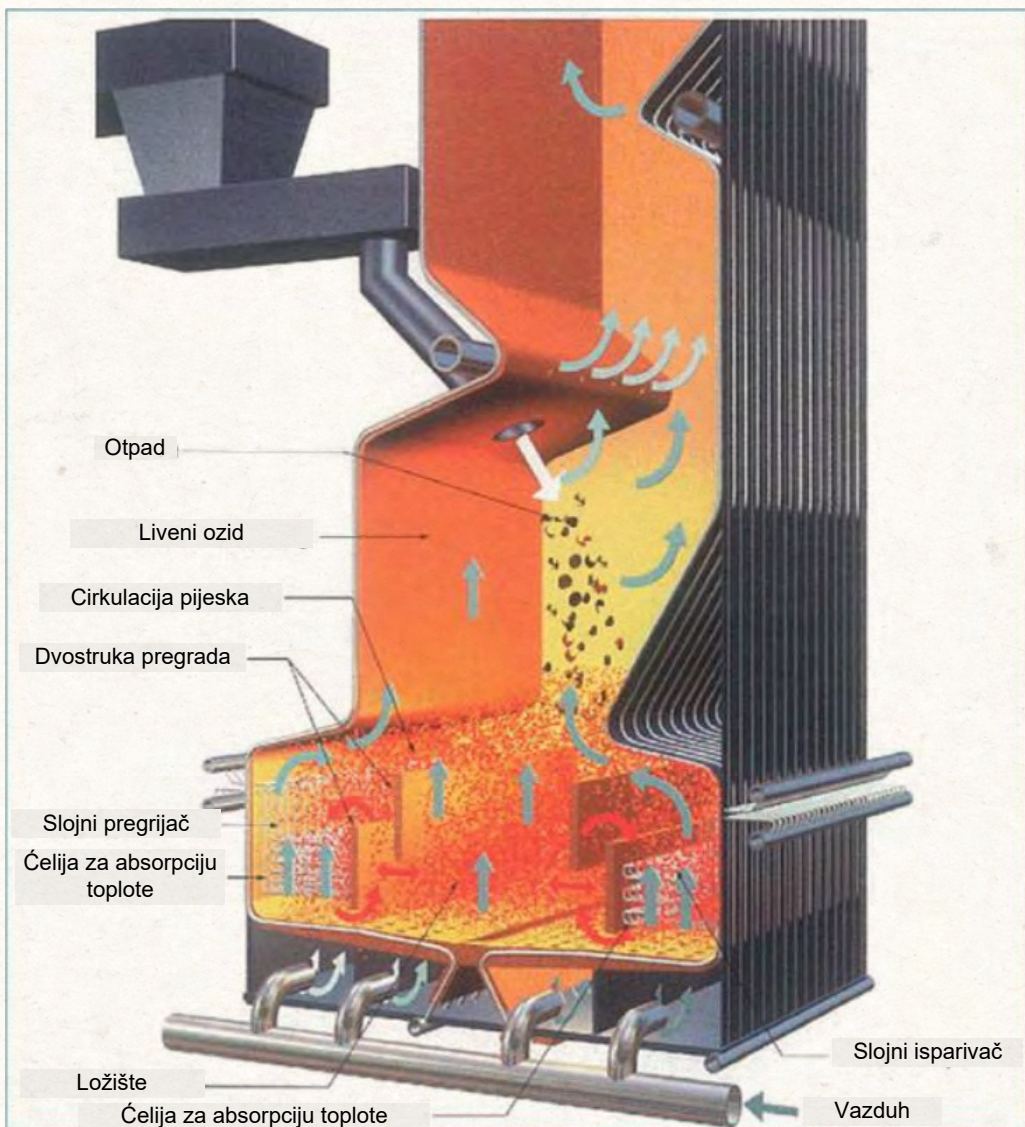
6.2.1.2. SPALIONICE SA FLUIDIZOVANIM SLOJEM

Spalionice sa fluidizovanim slojem predstavljaju relativno novu tehnologiju termičkog tretmana otpada, gdje se sagorijevanje odvija u sloju inertnog materijala (pijesak ili krečnjak), čime se postiže efikasnije sagorijevanje. Fluidizacija je takvo stanje, koje nastaje kada fluid opstrujava čestice čvrstog materijala u smjeru suprotnom od gravitacije i prividno smanjuje njihovu masu. U trenutku prelaska sloja iz stanja mirovanja u fluidizovano stanje sila otpora prolaza gasa kroz sloj čestica jednaka je masi čestica u sloju. Pošto je fluid međusobno razdvojio čestice sloja, sloj više ne može da izdrži smičuću silu i počinje da se ponaša kao tečnost. Sloj čvrstog sitnozrnog materijala, koji ima ovakve karakteristike naziva se fluidizovani sloj. Vazduh se ubrizgava odozdo, formirajući fluidizovani sloj u kojem dolazi do sušenja, isparavanja i sagorjevanja otpada na temperaturama između 850°C i 950°C. Ove spalionice su pogodne za homogeni otpad poput obrađenog komunalnog otpada, muljeva iz prečišćavanja otpadnih voda, lignita i biomase.

Zavisno od režima fluidizacije tj. brzine prostrujavanja gasova kroz sloj razlikuju se:

- stacionaran ili mjehurast fluidizovani sloj **Bubbling Fluidized Bed (BFB)**
- cirkulacioni fluidizovan sloj **Circulating Fluidized Bed (CFB)**

Mjehurast fluidizovani sloj je takav sloj u kome se čestice sloja intenzivno haotično kreću, ali je sloj kao celina nepokretan. A kod cirkulacionog fluidizovanog sloja inertni materijal sloja se nalazi u režimu brze fluidizacije i kreće se kroz cijelo ložište vertikalno naviše, a zatim se izdvojen iz struje produkata sagorjevanja vraća na dno ložišta.



Slika 43: Tipični izgled peći sa fluidizovanim slojem

Na sledećoj slici prikazana je upravo jedna spalionica po principu Bubbling Fluidized Bed (BFB) tehnologije koja je u izgradnji u okviru kompanije ELIXIR d.o.o. u Prahovu i koristiće se za spaljivanje opasnog otpada koji će biti prethodno pripremljen preko ulaznih šredera.



Slika 44: Spalionica u izgradnji, ELIXIR d.o.o. Prahovo (izvor privatna arhiva)

Prednosti:

- ✓ efikasnost spaljivanja u fluidizovanom sloju je relativno visoka, a brzina uklanjanja neizgorjelih materijala je samo 1%.
- ✓ peć nema mehaničkih pokretnih dijelova, što utiče na duži radni vijek mašina,
- ✓ smanjena emisija azotnih oksida (NO_x),
- ✓ niske emisije ugljen-monoksida (CO) i isparljivih organskih jedinjenja zbog boljeg sagorijevanja,
- ✓ efikasna kontrola sumpor-dioksida (SO_2),
- ✓ smanjenje PM čestica.

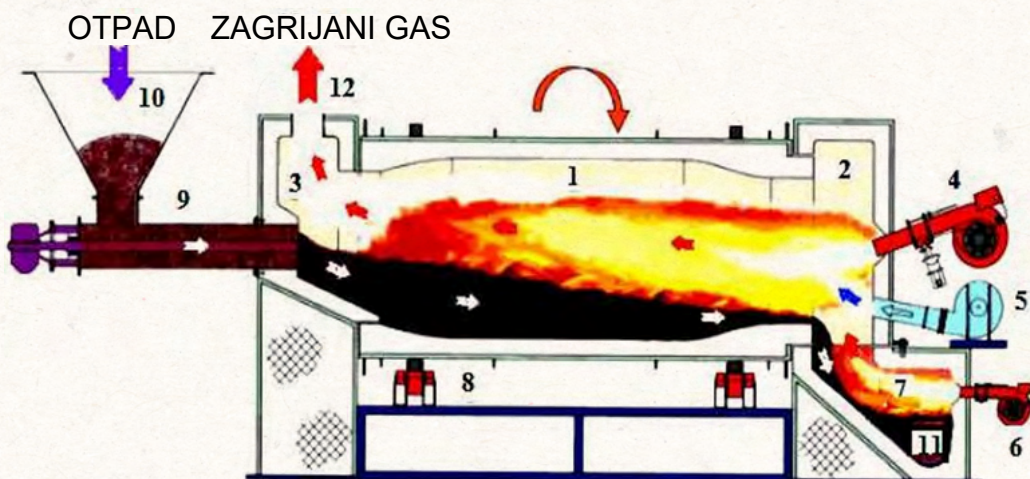
Nedostaci:

- otpad mora prethodno biti tretiran u smislu dimenzija (ne većim od 50mm) kako bi bio lagan i kako ne bi padao na dno peći
- dodatna potreba za pomoćnim gorivom kod tretmana muljeva ograničavaju ekonomsku isplativost
- kapitalna ulaganja su visoka
- sagorijevanje je sporije u poređenju sa klasičnim masovnim spaljivanjem

Ova tehnologija je najviše razvijena i primjenjena u Japanu.

6.2.1.3. ROTACIONE PEĆI

Rotaciona peć se sastoji od cilindrične posude blago nagnute na svojoj horizontalnoj osi gdje se otpad gravitacijom prenosi kroz peć dok se okreće. Rotacione peći se sastoje od primarnog i sekundarnog ložišta. Primarno ložište je rotirajući bubanj od vatrostalnog materijala u kojem se spaljuje čvrsti i tečni otpad (stara ulja, muljevi), a sekundarno ložište služi za potpuno sagorijevanje dimnih gasova kako bi se razgradile opasne organske materije, kao što su: policiklični aromatični ugljovodonici (PAH), polihlorovani bifenili (PCB), dioksini i sl.



Slika 45: Tipični izgled rotacione peći

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1 - rotaciona komora za sagorijevanje | 7 - komora za pepeo |
| 2 - donji deo | 8 - uređaj za rotaciju komore |
| 3 - gornji deo | 9 - ulaz za otpad |
| 4 - upaljač i uređaj za održavanje plamena | 10 - tečni i čvrsti otpad |
| 5 - dovod primarnog vazduha za sagorijevanje | 11 - uređaj za uklanjanje pepela |
| 6 - automatski sagorijevač pepela | 12 - zagrijani gas |

Rotacione peći su vrlo robusne i omogućavaju spaljivanje gotovo svih vrsta otpada, bez obzira na vrstu i sastav, a veliku primjenu nalaze u obradi opasnog, posebno medicinskog otpada. Radne temperature rotacionih peći kreću se od oko 500°C do 1450°C. Kada se koristi za konvencionalno oksidativno sagorijevanje (spaljivanje uz prisutnost kiseonika), temperatura je uglavnom iznad 850°C. Za spaljivanje opasnog otpada temperaturni raspon je od 900°C do 1300°C.

Prednosti:

- ✓ Efikasno smanjenje zapremine otpada
- ✓ Proizvodnja energije
- ✓ Mogućnost obrade različitih vrsta otpada
- ✓ Stabilan i automatizovan proces rada

Nedostaci:

- Visoki troškovi instalacije i održavanja
- Skupo održavanje zbog velikih rotirajućih dijelova
- Manje su energetske efikasne od ostala dva tipa

Na sledećoj slici je prikazan broj i raspored WtE postrojenja u Evropi koje koriste neopasan otpad. Stanje na kraju 2022. godine prema CEWEP (Confederation of European Waste-to-Energy Plants) je 498 WtE postrojenja dok je u njima termički obrađeno 100 miliona tona otpada.



Slika 46: Pregled spalionica u Evropi 2022. (izvor CEWEP)

6.2.1.4. ANALIZA PRIMJENE TEHNOLOGIJE INSINERACIJE U CRNOJ GORI

Trenutna situacija u Crnoj Gori je da se prema MONSTAT-u u 2023 godini generisalo oko 360.000t komunalnog otpada. Isti se odlaže na dvije sanitarne deponije i to u okviru deponije Podgorica i deponije Možura. U prošloj, 2024. godini, količine odloženog komunalnog otpada na ove dvije sanitarne deponije je bio gotovo identičan, po 101.000t. Dakle, ostatak od $\approx 160.000t$ se odlaže na kontrolisanim i neuređenim odlagalištima. Deponija Možura je za potrebe proširenja postojeće sanitarne deponija otkupila privatnu parcelu a Deponija Podgorica ulazi u izgradnju sanitarne kade 5 u toku ove godine. Urbanističkim planom postoji lokacija za još jednu sanitarnu kadu. Kapaciteti ove dvije sanitarne deponije su ograničeni i lokalne samouprave zajedno sa državom moraju iznaći održivo rešenje. Takođe mora se uzeti u obzir i Direktiva 2018/851 EU (o izmjeni Okvirne direktive o otpadu 2008/98/EC) koja nameće zahtjev da se do 2035. godine samo 10% komunalnog otpada smije odložiti na sanitarnim deponijama.

Kada se uzme u obzir i tzv. NIMBY (Not In My Back Yard) efekat koji nije samo k-čan za Crnu Goru, onda je više nego jasno da pored ograničenih kapaciteta postojeće dvije sanitarne deponije nije izvjesna izgradnja novih pogotovo što ih i nacrt Državnog plana upravljanja otpadom za period 2025-2029 više ne dozvoljava.

U ovakvim okolnostima, insineracija (spaljivanje) otpada može imati određene povoljnosti ali su one skupčane sa raznim izazovima.

Deponija d.o.o. je najviše otišla u razmatranje ove ideje i njeni stručni ljudi su već obišli spalionicu otapada u Vinči i spalionicu Copenhill u Kopenhagenu. Takođe za ovu godinu je planirana izrada Studije izvodljivosti koja je za ovakve projekte izuzetno obimna i zahtjevna. Predviđa se spalionica minimalnog kapaciteta od 120.000t na godišnjem nivou. Prema stručnoj literaturi, spalionica ovolikog kapaciteta spada u spalionice srednje veličine i red investicije je 150+miliona eura. Izvjesno je da bi bila isplativa ali bi payback period sigurno bio preko 10 godina. Nepovoljnost jedne takve spalionice je što nema potrošača toplotne energije. Znači nema daljinskog, centralnog grijanja prosto iz razloga što zbog klimatskih uslova nema potrebe za jednim takvim sistemom. Dobra stvar je da postoje tehničko-tehnološka rešenja koja mogu da najveći dio ulazne energije pretoče u proizvodnju električne energije.

Ovakav izvor energije bi bio veoma zahvalan za energetska mrežu jer bi se radilo o stabilnom izvoru električne energije 24/7.

Izazovi se ogledaju u neophodnom visokostručnom osoblju koji bi morali da budu na tržištu rada Crne Gore da bi opsluživali ovako tehničko-tehnološki složena postrojenja. Takođe, od izuzetne važnosti bi bilo i razbijanje ovakve jedne tabu teme u zemlji koja je ujedno ekološka država.

Potpuno je izvjesno, da bi jedan objekat ovakvog gabarita i tolike investicije bio održiv, morali bi se dugoročno planirati prihodi od prijema otpada i oni bi sigurno uticali na povećavanje cijene odlaganja otpada. Takođe i proizvedena energija bi mogla da ide na berzu električne enrgije i pronaći najbolja prodajna cijena.

Iako ima mnogo izazova, pogotovo onih koji su skopčani sa ekološkim aspektima rada spalionice, treba samo imati u vidu da će se u narednih 10-tak godina zatvoriti jedine dvije sanitarne deponije a emisije raznih gasova sa preko 300 neuređenih odlagališta prevazilaze daleko emisije spalionice i u najgorim scenarijima.

6.2.2. PIROLIZA

Piroliza je tehnološki proces koji termički razlaže organske materijale, pod dejstvom toplote koja se dovodi spolja. Proces se odvija bez prisustva kiseonika ili u vrlo malim količinama (ne računajući kiseonik koji je prisutan u otpadu). Toplota za proces se može obezbijediti djelimičnim sagorijevanjem piroliznog gasa u peći i sagorijevanjem elementarnog ugljenika. Radne temperature se kreću u granicama 400–900°C, mada se mogu povećati do 1400°C. Tokom procesa pirolize nastaju tri glavne grupe proizvoda:

- 1) Čvrsti produkti (pirolitički koks ili ugljenik);
- 2) Tečni produkti (ulje, katran, voda koja sadrži organske kiseline nastale razlaganjem);
- 3) Gasoviti produkti (CO_2 , H_2O , CO , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_6H_6 , itd.).

Ako posmatramo temperature pri kojima se odvija piroliza, mogu se razlikovati sledeće tri varijante:

- 1) Niskotemperaturna do 500°C;
- 2) Srednjetemperaturna od 500°C do 800°C;
- 3) Visokotemperaturna viša od 800°C.

Prednosti:

- ✓ Procesom se smanjuje količina otpada a samim tim potreba za prostorom na deponijama
- ✓ Generalno mala proizvodnja dimnih gasova, što utiče i na manje troškove za njihovo prečišćavanje.
- ✓ Operativni troškovi su niži od spalionice zbog niže procesne temperature.

- ✓ Otpad može biti miješani i nekomunalni.
- ✓ Proizvodi su tržišno orjentisani (ulje, gas, katran/koks) i mogu poslužiti kao sirovina za druge procese. Kako se na ovaj način smanjuje potreba za fosilnim gorivima mogu se tretirati kao obnovljivi izvori energije
- ✓ Piroliza omogućava reciklažu plastičnog otpada u korisne proizvode, što smanjuje potrebu za proizvodnjom nove plastike.

Nedostaci:

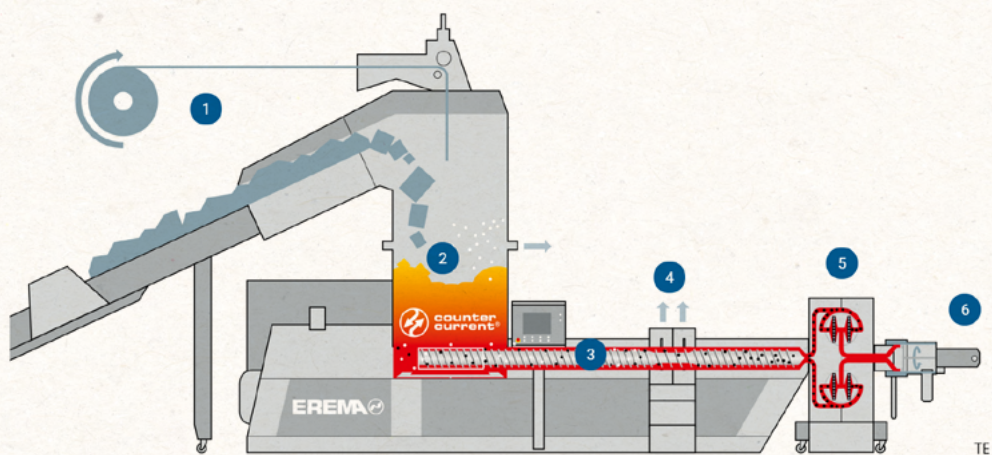
- Iako su emisije manje nego kod spaljivanja, može doći do stvaranja štetnih gasova ako se proces ne odvija pravilno.
- Povećani sadržaj teških metala i toksičnih organskih supstanci u čvrstom pirolitičkom ostatku, zbog nižih temperatura reakcija sa lošijim stepenom vezivanja.
- Potrebno prethodno usitnjavanje i homogenizacija otpada.
- Slabije energetske iskorišćenosti otpada u odnosu na spalionice.
- Visoki investicioni i pogonski troškovi u poređenju sa spalionicom i drugim tehnologijama.
- Tehnološki proces je kompleksan i zahtijeva preciznu kontrolu temperature, vremena zadržavanja i drugih parametara, što može biti tehnički i tehnološki izazovno.

Generalni zaključak je da piroliza otpada ima potencijal za smanjenje količine otpada i proizvodnju korisnih produkata, ali ostaje upitno da li njihov plasman u poređenju sa investicionim troškovima može dati jedan održiv sistem. Iz tog razloga u Evropi se nalazi mali broj ovih postrojenja.

U nastavku teksta je jedan takav primjer postrojenja u gradu Vésztő u Mađarskoj. Postrojenje funkcioniše u okviru kompanije ELECTRAPLAN.

Konkretno ovo postrojenje koristi u svom tehnološkom procesu sve vrste otpadne plastike koji dobijaju iz obližnje kompanije. Takođe, za istu potrebu koriste i baliranu miješanu plastiku, balirani najlon itd.

Početak tehnološkog postupka podrazumjeva sječenje, grijanje, sušenje, homogenizovanje i filtriranje plastičnog otpada pred ulazak u tzv. flash reaktor gdje se obavlja tehnološki postupak pirolize.



Slika 47: Tehnološki postupak pripreme otpada za pirolizu



Slika 48: Pripremljeni plastični otpad za pirolizu (izvor privatna arhiva)

Na sledećim slikama su prikazani glavni proizvodi ovog tehnološkog procesa.



Slika 49: Produkti procesa pirolize (izvor privatna arhiva)

Konkretno ovo postrojenje od 1000kg plastičnog otpada može da generiše:

☞ 195kg gasa – posjeduju gasni motor od 20kW i proizvedenu električnu energiju koriste za sopstvene potrebe, višak ide na baklju za sagorijevanje.

☞ 143kg lakog ulja – ima karakteristike dizel goriva ili sirovine za petrohemijsku industriju.

☞ 530kg teškog ulja – koristi se kao gorivo ili sirovina za dalje rafinisanje. Trenutno, tečno gorivo se lageruje u 30 podzemnih rezervoara ukupne zapremine 30.000m³, a kompanija ima potpisan ugovor sa MOL Group–om za potrebe dalje prerade.

☞ 89kg koksa – može se koristiti kao čvrsto gorivo.

☞ 43kg vode – ostatak od procesa, može sadržati organske komponente.

Inače, godišnji kapacitet postrojenja je 10.000 t plastičnog otpada godišnje.

6.2.2.1. ANALIZA PRIMJENE TEHNOLOGIJE PIROLIZE U CRNOJ GORI

Onako kako je opisan tehnološki proces pirolize on bi mogao biti implementiran da se riješe problemi sa određenom vrstom otpada. Postoji više analiza koje su bile namjenske i čiji su rezultati davani na uvid a ticali su se rešavanja komunalnog otpada ovim tehnološkim procesom. U praksi je to ipak bilo dosta drugačije i komunalni otpad se morao prethodno selektovati, osloboditi neorganskih materija – stakla, metala i kamena. Odnosno morao se odraditi proces dobijanja RDF/SRF goriva kako bi se pristupilo procesu pirolize. Dakle prethodio je čitav jedan tehnološki proces da bi se uopšte pristupilo pirolizi otpada. Kao što je navedeno produkti pirolize su pirolitički gas, ulje i koks kao čvrsto gorivo.

Pirolitički gas i pirolitičko ulje u sirovoj fazi nisu upotrebljivi za širu upotrebu već se moraju dodatno tretirati kako bi se očistili od nečistoća, dobili na stabilnosti i energetske vrijednosti. Nakon tretmana oni postaju podesni kao gorivo u cementarama, kotlovima, gasnim motorima, kogeneracionim sistemima itd.

Kada se dođe do ove faze onda se postavlja pitanje gdje pronaći industrijska postrojenja u Crnoj Gori gdje bi se mogla koristiti ova goriva. I ako se nađu, kolika bi bila potražnja za njima. Ova pitanja utiču na samu odluku da li se uopšte baviti pirolizom otpada.

Ono što bi bila optimalna varijanta kada je Crna Gora u pitanju je da se vrši piroliza otpadnih guma i otpadne plastike. Prvo što bi količine koje bi se mogle skupiti na godišnjem nivou bile na nekoj donjoj granici kada literatura prepoznaje isplativost postrojenja a drugo ove dvije vrste otpada imaju veliku količinu ugljovodonika tako da je i produkcija goriva zagarantovano veća. Uvezivanjem ove varijante sa proširenom odgovornošću, koja prepoznaje i otpadne gume i plastičnu ambalažu za jednokratnu upotrebu, dala bi mogućnost stabilne sirovinске baze. Naravno i dalje bi ostala nepoznanica krajnjih korisnika tretiranog pirolitičkog ulja i gasa tako da je upitna ispunjenost cirkularne ekonomije konkretno za ovu varijantu.

6.2.3. GASIFIKACIJA

Gasifikacija je termohemijski proces pri kojem se otpad bogat ugljenikom (poput biomase, mulja, organskog komunalnog otpada i sl.) pretvara u korisna gasovita goriva – sintetički gas (syngas). Proizvedeni gas se zatim može koristiti izvan lokacije ili na licu mjesta u smislu sagorijevanja za proizvodnju toplotne i/ili električne energije. Sintetički gas se takođe može pretvoriti u tečna goriva uključujući metanol, etanol, dizel i benzin za kasniju upotrebu.

Tokom procesa gasifikacije kiseonik se održava na niskom nivou kako bi se spriječilo trenutno sagorijevanje, a umjesto toga, frakcija čvrstog otpada na bazi

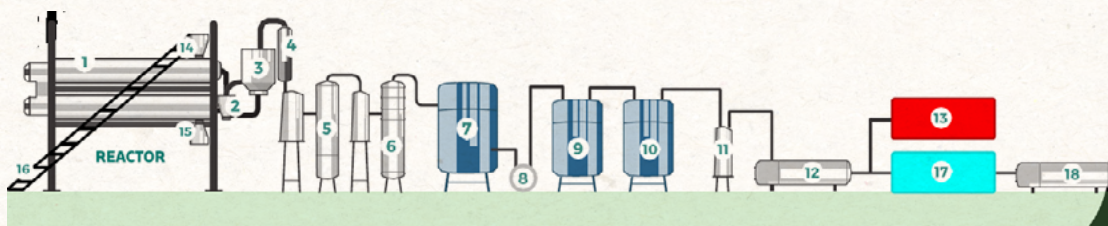
ugljenika raspada se u sintetički gas i sporedne produkte u vidu čvrstog ostatka (šljaka i pepeo) i tečnih katranskih produkata, uglavnom aromatskih ugljovodnika.

Proces se obično odvija pri temperaturi $> 750^{\circ}\text{C}$.

Sledeća tabela daje tipičan sastav sintetičkog gasa. Naravno, sastav se razlikuje u zavisnosti koji materijal se gasifikuje.

Komponenta	Sastav (%)
H_2	20-40
CO	35-40
CO_2	25-35
CH_4	0-15
N_2	2-5

Tabela 8: Tipični sastav sintetičkog gasa

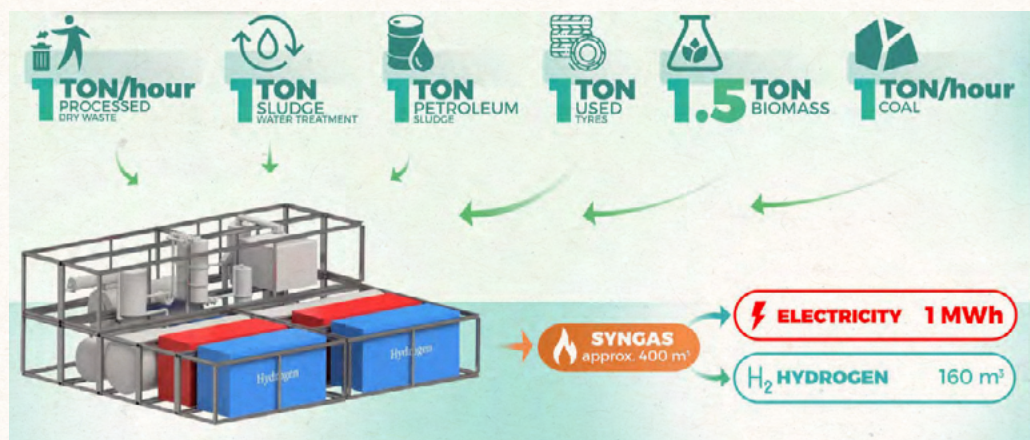


Slika 50: Tehnološki proces dobijanja sintetičkog gasa

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Reaktor termohemijske razgradnje | 10. Gasni filter II |
| 2. Ciklus razdvajanja | 11. Kompresor |
| 3. Filtriranje katrana | 12. Rezervoar za gas |
| 4. Izmenjivač toplote | 13. Generator električne energije |
| 5. Filtriranje sumpornih jedinjenja | 14. Napajanje reaktora |
| 6. Filtriranje teških metala | 15. Odstranjivanje pepela |
| 7. Izmenjivač toplote | 16. Transportna traka |
| 8. Vakum pumpa | 17. Elektrolizer |
| 9. Gasni filter | 18. Rezervoar za vodonik |

Već pomenuta tehnologija pirolize i gasifikacija svrstavaju se u napredne termičke tretmane. U osnovi su dizajnirane su za proizvodnju energije i smanjenje količine deponovanog biorazgradivog komunalnog otpada.

Na sledećoj slici su prikazane količine koje se mogu dobiti iz različitih vrsta materijala. Konkretno, podaci su sa sajta kompanije Waste Powertech SRL. Podaci su informativnog karaktera jer, naravno, količine variraju od specifične tehnologije i proizvođača.



Slika 51: Produkti gasifikacije od različitih ulaznih sirovina (izvor Waste Powertech SRL)

Prednosti:

- ✓ Izrazito niska emisija dioksina i nulta emisija letećeg pepela. To se postiže izlaganjem sintetičkog gasa visokoj temperaturi (od 1200°C) u trajanju od 2 sekunde ili duže, nakon čega se naglo hladi u inertoj sredini bez kiseonika, što utiče na uništavanje dioksina.
- ✓ Mogućnost korišćenja sintetičkog gasa ne samo za energetske korišćenje, nego i u petrohemijskoj industriji.
- ✓ Električna energija se može proizvesti u motorima i gasnim turbinama, koji su mnogo jeftiniji i efikasniji od ciklusa pare koja se koristi u spaljivanju.
- ✓ Ekonomska efikasnost procesa sa aspekta nulte emisije koje eliminišu potrebu za naknadnom obradom, a 100%-tnom konverzijom otpada se izbjegavaju troškovi deponovanja ostataka otpada na deponije

Nedostaci:

- Kapitalni i operativni troškovi su mnogo veći u odnosu na konvencionalna postrojenja za sagorijevanje,
- Zbog značajne potrošnja energije u pripremi otpada (usitnjavanje, sušenje, i sl.), postoji manja efikasnost pretvaranja sintetičkog gasa u električnu energiju,
- Potreba čišćenja sirovog gasa za dalje korišćenje (uklanjanje katrana, H_2S , Cl , NH_3)

Na kraju ovog poglavlja treba pomenuti i vodonik (H). Kao što se vidi na slici 50 pod stavkom 18 nalazi se rezervoar za vodonik. Dakle, moguće je sintetički gas koristiti kao gorivo i recimo upotrijebiti za proizvodnju električne energije u gasnim motorima koji su spregnuti sa generatorom. Druga mogućnost je da putem tehnološkog procesa elektrolize dođe do izdvajanja čistog vodonika. Vodonik se smatra jednim od najperspektivnijih alternativnih goriva budućnosti zbog svoje ekološke prihvatljivosti i visokog energetskog potencijala. Za njegovu širu primjenu potrebna je bolja infrastruktura, jeftinija proizvodnja i efikasnija tehnologija skladištenja. Sa sve većim ulaganjima u „zelene“ tehnologije, očekuje se da će vodonik igrati ključnu ulogu u tranziciji ka čistijoj energetskej budućnosti. Glavne prednosti vodonika su:

- ✓ **Ekološka čistoća** – Pri korišćenju u gorivnim ćelijama, vodonik proizvodi samo vodu (H_2O) kao nusproizvod, bez emisije ugljen-dioksida (CO_2).
- ✓ **Visoka energetska gustina** – Po jedinici mase, vodonik ima veću energetskej vrijednost u odnosu na fosilna goriva.
- ✓ **Obnovljivost** – Može se dobiti iz različitih izvora, uključujući elektrolizu vode pomoću obnovljive energije (solarna, vjetro, hidroenergija).
- ✓ **Široka primjena** – Koristi se u transportu (gorivne ćelije za automobile, kamione, vozove, pa čak i avione), industriji i energetici.

Glani nedostaci u primjeni vodonika su:

- **Skladištenje i distribucija** – Vodonik ima veoma malu gustinu i mora se skladištiti pod visokim pritiskom ili kao tečni vodonik ($-253^{\circ}C$), što zahtjeva specijalnu infrastrukturu.
- **Energija potrebna za proizvodnju** – Većina današnjeg vodonika dolazi iz fosilnih goriva (tzv. „sivi vodonik“), dok je „zeleni vodonik“ (dobijen elektrolizom uz korišćenje obnovljivih izvora) još uvek skuplji.
- **Sigurnost** – Vodonik je veoma zapaljiv i lako se raspršuje u atmosferi, što zahtjeva stroge bezbjednosne mjere.

6.2.3.1. ANALIZA PRIMJENE TEHNOLOGIJE GASIFIKACIJE U CRNOJ GORI

Gasifikacija je tehnološki proces dobijanja sintetičkog gasa u reaktoru gdje se pod određenim uslovima vrši razgradnja otpada. Finalni proizvod je sintetički gas (syngas) koji ima veliku kalorijsku vrijednost i može poslužiti za proizvodnju električne energije ili u dalji postupak izdvajanja vodonika.

Trenutna situacija u Crnoj Gori je da nema potrošača koji koriste ovaj gas.

Sama proizvodnja podrazumjeva prethodni tretman otpada kako bi se sproveo postupak gasifikacije. Ovo poskupljuje postrojenje i investicije su reda preko 100 miliona eura za postrojenja 50.000-100.000t prema dostupnoj stručnoj literaturi. Kao i u procesu pirolize daleko najbolji efekti bi bili ako bi pretežna ulazna sirovina (otpad) bile otpadne gume, plastika i biomasa. Pitanje je koliko bi u sadašnjoj situaciji u Crnoj Gori, sakupljanje većih količina ovog otpada bilo moguće.

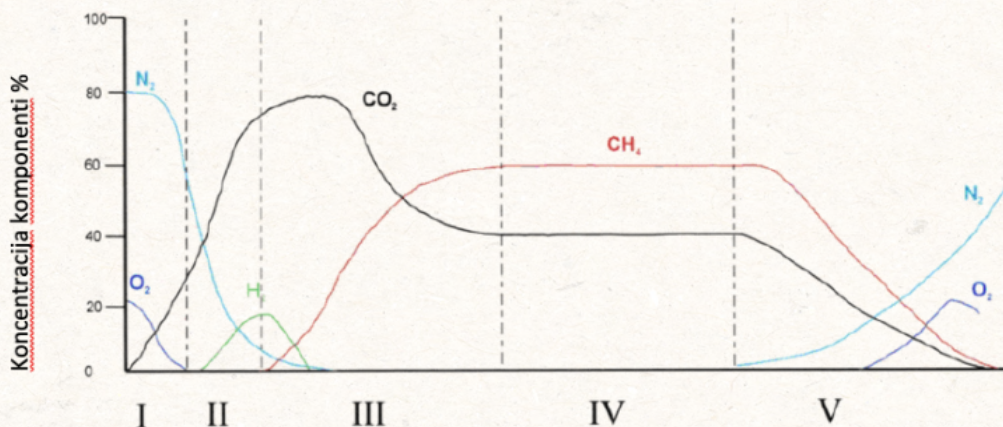
Naravno isplativost ove tehnologije bi se bazirala i na sklopljenim dugoročnim ugovorima o otkupu proizvedene električne energije ako bi se išlo na varijantu upotrebe sintetičkog gasa u gasnim motorima koji su spregnuti sa generatorima.

Druga varijanta u Crnoj Gori bi bila upotreba sintetičkog gasa za druge svrhe ali ne postoji niti infrastruktura niti potrošači istog.

Treća varijanta je dalja prerada i izdvajanje vodonika (H) koja povećava investiciju ali i činjenicu da za ovu varijantu nemamo niti zakonskih pretpostavki niti se pominje kao alternativno gorivo u nacrtu Državnog plana za upravljanje otpadom.

Inače i ova ideja o upotrebi vodonika kao alternativnog goriva ili goriva budućnosti je relativno nova i u zemljama članicama EU koje su 2020. godine donijeli *Strategiju za vodonik za klimatski neutralnu Evropu*.

I na kraju važno je pomenuti jednu drugu vrstu gasa koja je slična sintetičkom gasu a ubrzo će imati primjenu u Crnoj Gori. Naime radi se o deponijskom gasu. To je gas koji spontano nastaje usled prirodnih procesa razgradnje otpada u sanitarnim deponijama. Na sledećoj slici je prikazan grafički prikaz tog raspada.



- | | |
|--|--------------------------|
| I: Aerobna razgradnja uz prisustvo O_2 | Trajanje: 7 – 30 dana |
| II: Anaerobna – acidogenska nemetanogenska | Trajanje: 1 – 6 mjeseci |
| III: Anaerobna nestabilana metanogenska | Trajanje: 3 – 36 mjeseci |
| IV: Stabilna metanogenska | Trajanje: 10 – 12 godina |
| V: Metanogenska sa smanjenjem % CH_4 ispod 50% | Trajanje: 10 – 40 godina |

Slika 52: Raspad komunalnog otpada u funkciji vremena

Deponijski gas i sintetički gas imaju sličnosti u svom sastavu, ali se razlikuju u porijeklu, proizvodnom procesu i primjeni. Deponijski gas je rezultat prirodnih anaerobnih procesa u deponijama, dok je sintetički gas industrijski proizveden i koristi se za širi spektar hemijskih i energetski intenzivnih procesa.

Tipični sastav deponijskog gasa je prikazan u sledećoj tabeli:

Komponenta	Sastav (%)
H_2	1-5
CO	0-1
CO_2	30-40
CH_4	40-60
N_2	1-5
OSTALO	<1

Tabela 9: Tipični sastav deponijskog gasa

Deponija Možura je najdalje otišla kada je u pitanju primjena deponijskog gasa u energetske svrhe. Završen je tenderski postupak i izabran je izvođač radova tako da se u toku 2025. godine može očekivati završetak i puštanje u rad prvog postrojenja za proizvodnju električne energije iz deponijskog gasa. Predviđena snaga postrojenja je 1MWel.

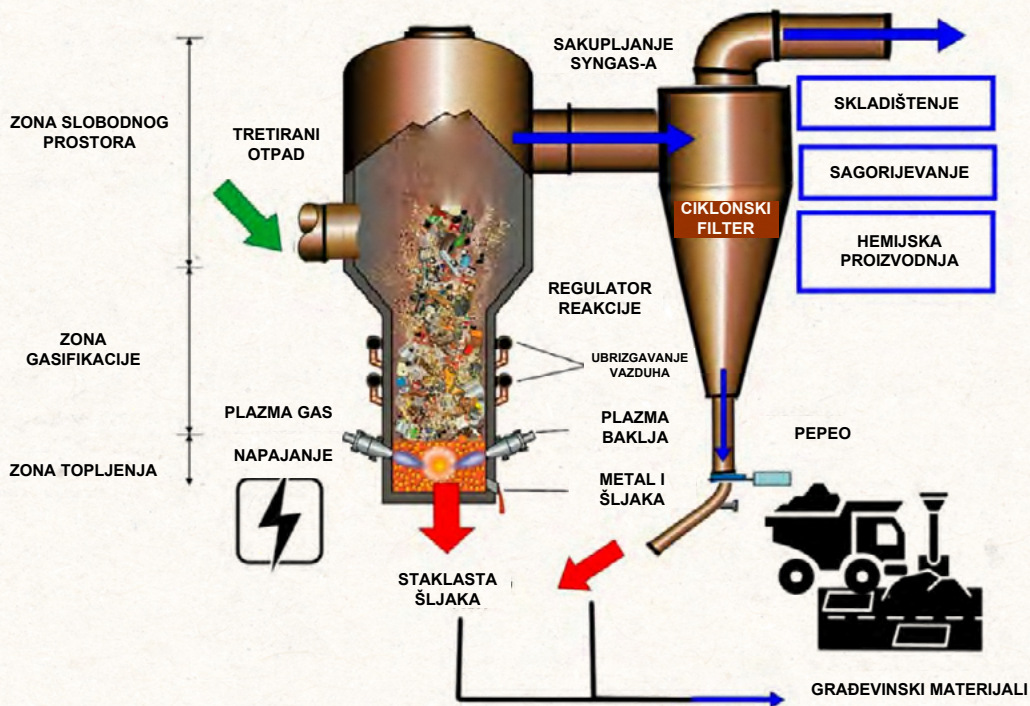
Što se tiče Deponije d.o.o. Podgorica, završena je Studija izvodljivosti. Ista je pokazala da se gas može eksploatisati do 2045. godine i da maksimalna snaga u jednom periodu može doći do 1,5MW električne energije. U toku 2025. godine planiran je Javni poziv za izradu Glavnog projekta i izvođenje radova.

Zajedničko za oba projekta je da zbog specifičnosti, kako lokacijskih tako i mikroklimatskih najvjerovatnije neće biti moguće plasiranje toplotne energije. Ostaje da se vidi u budućnosti da li se zbog saznanja za postojanje potencijalnog izvora toplotne energije mogu aktivirati određeni korisnici ili biznisi što bi bilo u obostranom interesu.

6.2.4. PLAZMA TEHNOLOGIJA

Plazma postupak je tehnologija tretmana otpada koja koristi električnu energiju i visoke temperature stvarajući električni luk u zatvorenoj posudi/reaktoru.

Plazma tehnologija koristi ekstremno visoke temperature (obično iznad 3.000°C do 7.000°C) za razgradnju otpada na molekularnom nivou. Proces se odvija u plazma gasifikatoru, gdje se otpad izlaže visokim temperaturama uz prisustvo plazme. Na sledećoj slici je prikazan tehnološki proces.



Slika 53: Prikaz tehnološkog procesa gasifikacije otpada upotrebom plazma gasifikatora

1. U gasifikatoru se vrši unos komunalnog otpada koji je prethodno sortiran i usitnjen. Otpad se izlaže ekstremno visokim temperaturama koje stvara plazma baklja. Usled visoke temperature dolazi do razgradnje otpada. Gasifikator može biti obložen vatrostalnim materijalom ili spolja hlađen vodom, pri čemu se vatrostalni materijal koristi samo u donjoj zoni topljenja.
2. U proces se vrši ubrizgavanje zagrijanog mlaza vazduha, koji može biti obogaćen kiseonikom, za potrebe gasifikacije. Količina dovedenog vazduha podešena je tako da površinska brzina gasa koji se kreće nagore ostane niska, omogućavajući direktno ubacivanje već tretiranog otpada.
3. Organski materijali se razlažu u sintetički gas (syngas), koji se sastoji uglavnom od vodonika (H) i ugljen-monoksida (CO). Temperatura sintetičkog gasa na izlazu iz gasifikatora održava se iznad 1.000°C. Na ovoj temperaturi dolazi do potpunog uklanjanja katrana. Neorganski materijali (metali, staklo, minerali...) se tope i pretvaraju u staklastu šljaku, koja je inertna i može se koristiti u građevinarstvu ili kao sirovina za druge proizvode.
4. Sintetički gas koji nastaje tokom procesa se pročišćava kako bi se uklonile nečistoće i štetne materije. Zagrijani sintetički gas ima dvojnju ulogu i to kao grejni fluid za proizvodnju pregrijane pare koja se zatim vodi na parnu turbinu koja je spregnuta sa generatorom za proizvodnju električne energije. Nakon hlađenja tj. predaje toplote, sintetički gas može da se vodi na gasni motor koji se takođe spreže sa generatorom za proizvodnju električne energije.

Prednosti:

- ✓ Plazma gasifikacija smanjuje količinu otpada do 95%, što značajno smanjuje potrebu za deponijama.
- ✓ Plazma gasifikacija proizvodi manje štetnih gasova (npr. SO_x, NO_x) i nema emisije dioksina i furana. Takođe nema proizvodnje pepela u ložištu i letećeg pepela
- ✓ Staklasta šljaka koja nastaje tokom procesa je ekološki sigurna i inertna.
- ✓ Sintetički gas koji nastaje tokom procesa može se koristiti za proizvodnju električne energije, čime se smanjuje potreba za fosilnim gorivima.
- ✓ Plazma gasifikacija ima visoku energetska efikasnost, jer se većina energije iz otpada pretvara u korisne proizvode.
- ✓ Plazma gasifikacija može tretirati različite vrste otpada, uključujući organske materije, plastiku, papir, metale i opasni otpad.
- ✓ Rade bez buke ili na veoma tihom režimu.

Nedostaci:

- Plazma gasifikacija zahtijeva visoke početne investicije u opremu i infrastrukturu.
- Velika potrošnja električne energije
- Neophodna kvalifikovana radna snaga za preciznu kontrolu radnih parametara.
- Elektrode imaju kratak životni vijek, elektronski uređaji su veoma osjetljivi.
- Nije dokazano u velikim postrojenjima.

Plazma tehnologija predstavlja revolucionaran način tretmana komunalnog otpada, koji kombinuje ekološke, energetske i ekonomske prednosti. Iako postoje izazovi u vezi sa visokim troškovima i tehničkim zahtjevima, ova tehnologija ima potencijal da postane ključni element u budućim sistemima za upravljanje otpadom i proizvodnju energije. Zasada je primjena ove tehnologije najzastupljenija u Japanu i SAD-u.

6.2.4.1. ANALIZA PRIMJENE PLAZMA TEHNOLOGIJE U CRNOJ GORI

Kao što je završna konstatacija u prethodnom poglavlju, da ova tehnologija predstavlja osnov budućih projekata to znači da još postoji dosta izazova sa masovnom upotrebom. Već je rečeno da je najzastupljenija upotreba u visokorazvijenim državama kako na tehnološkom tako i ekonomskom nivou. Postoje primjeri napuštanja ovakvih projekata u zemljama Evrope.

Što se tiče Crne Gore mogućnost ovakve tehnologije se ne pominje ni u Nacrtu Državnog plana upravljanja otpadom.

Ovo je izuzetno skupa tehnologija sa visokom početnom investicijom. Zbog svoje tehnološke kompleksnosti operativni troškovi su takođe veliki a problem bi bila i nedovoljno obučena radna snaga za upravljanje i održavanje takvog postrojenja. I na kraju čak i da se upotrijebi sav komunalni otpad sa teritorije Crne Gore pitanje je da li bi investicija bila isplativa.

6.3. PRIMJENA ROBOTIKE I AI TEHNOLOGIJE U SELEKCIJI OTPADA

Razvoj robotike i vještačke inteligencije (AI) donosi značajne promjene u upravljanju otpadom, posebno u procesima selekcije i reciklaže. Tradicionalne metode razvrstavanja otpada često su spore, neprecizne i pretežno manuelne što znači da umnogome zavise od sposobnosti zaposlenih na tim radnim mjestima. To su jednolični poslovi koji dovode do psiho-fizičkog umaranja zaposlenih u sortirnicama što u konačnom dovodi i do smanjenje izvatka materijala. Savremena tehnološka rešenja omogućavaju automatizaciju i optimizaciju ovog složenog procesa.

Primjena AI u kombinaciji sa naprednim robotskim sistemima omogućava brzo prepoznavanje, kategorizaciju i selekciju različitih materijala pomoću sofisticiranih senzora i robotske opreme.

Na jednom od sajtova proizvođača opreme, sinergija AI i robotike se opisuje kao “oni uče trikove koji vama ne bi bili mogući”. Dakle, ovi sistemi “uče” u hodu, automatski se prilagođavaju promenljivim potrebama sortiranja otpada i pomažu selekciju novih materijala za prodaju.

Ovi sistemi:

- Pronalaze i izdvajaju nove vrijednosti iz otpada. Robotski sistemi ne samo da sortiraju već i proučavaju otpad 24/7, što rezultira novim znanjem i razumjevanjem otpada.
- Pametni roboti za sortiranje otpada su najefikasniji način da se izaberu željeni materijali iz otpada. Veća automatizacija znači manje troškove i rizike vezane za korišćenje ručnog sortiranja, kao i manje zastoja u pogonima.
- Kupci, potrošači i regulatori podjednako pozivaju na veće stope reciklaže i druge ciljeve cirkularne ekonomije. Upravo pametni roboti odrađuju pionirski posao ka ostvarivanju cirkularne ekonomije.

U ovom poglavlju analiziraju neki od ključnih komponenti AI i robotskih sistema koji se koriste u selekciji otpada, uključujući vrste senzora i primjere praktične primjene.

- ***Heavy picker***



Slika 54: Heavy picker

Heavy Picker je najjači robot za sortiranje na svijetu koji može lako da odvoji više frakcija otpada uz pomoć različitih senzora, robusnih robotskih ruku i vještačke inteligencije. Omogućava jednostavan proces sortiranja bez posade i čini sortiranje otpada sigurnijim, preciznijim i profitabilnijim.

- ***Fast Picker***



Slika 55: Fast picker

Fast Picker je kompaktnog dizajna i omogućava laku integraciju u postojeće procese i sisteme pokretnih traka. Ovaj robot zamjenjuje ručno sortiranje i povećava profit uz visoku čistoću sortiranog materijala.

- ***Infracrveni sistemi za sortiranje***



Slika 56: Infracrveni sistemi za sortiranje

Infracrveni sistemi za sortiranje razlikuje različite vrste plastike (PET, HDPE, PVC) koje često imaju slične boje, ali različite IR karakteristike. Sistem koristi Hiper Spectral Imaging (HSI) kameru koja predstavlja dio sistema za detekciju.

- **Vizuelni sistem identifikacije**



Slika 57: Vizuelni sistem identifikacije

Vizuelni sistem identifikacije, opremljen sa dvije robotske ruke, služi za selekciju plastičnih i metalnih kanti, papira, kartona i drugih programiranih materijala.

- **Optički sortirer**



Slika 58: Optički sortirer

Optički sortirer koristi RGB optički senzor koji detektuje intenzitet crvene (R - Red), zelene (G - Green) i plave (B - Blue) boje duž linije, odnosno u linearnom rasporedu. Ovi senzori se koriste za analizu boje i strukture objekata koji prolaze ispred njih ili se nalaze u njihovom vidnom polju.

Softver obrađuje dobijene RGB podatke i određuje vrstu materijala:

- ✓ Plastika (PET boce transparentne, plave ili zelene)
- ✓ Papir i karton (bijeli, braon tonovi)
- ✓ Metal (može imati specifične reflektivne karakteristike)
- ✓ Staklo (može biti providno, zeleno, smeđe, plavo)

Integrirani dio ovakvih uređaja su i “izbacivači” (vazdušne mlaznice, robotske ruke) koji se aktiviraju i izbacuju ciljani materijal iz otpada u odgovarajuće kontejnere.

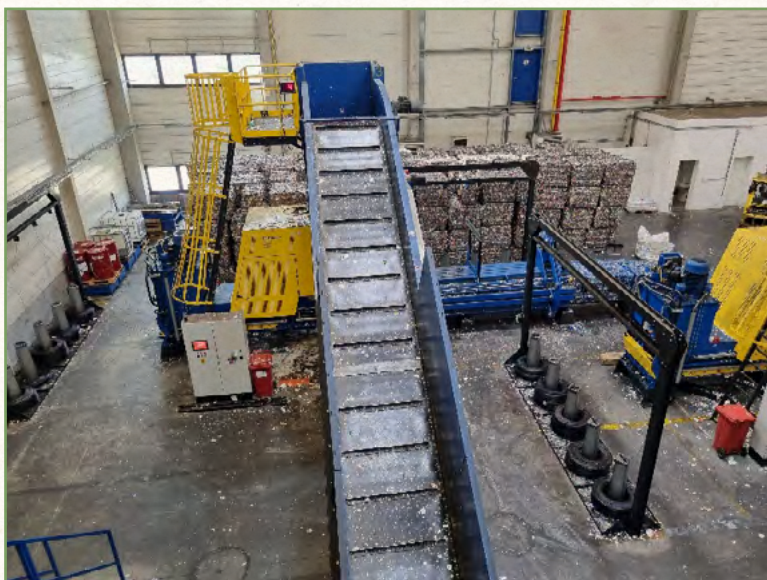
Prednosti:

- ✓ Povećanja reciklaža koristeći napredna tehnološka rešenja
- ✓ Povećana produktivnost zahvaljujući 24/7 modu rada
- ✓ Automatizovano sortiranje smanjuje potrebu za ručnim radom i povećava profitabilnost reciklažnih centara
- ✓ Smanjenje izlaganja zaposlenih u pogonima za sortiranje otpada povredama i bolestima jer robotska oprema preuzima te zadatke
- ✓ AI optimizuje rad postrojenja, smanjuje broj grešaka i omogućava efikasnije korišćenje energije i resursa.
- ✓ Preciznije sortiranje smanjuje količinu otpada koji završava na deponijama čime se čuvaju njihovi kapaciteti

Nedostaci:

- Visoki investicioni troškovi u opremu, softver i infrastrukturu
- Odražavanje je na mnogo većem nivou kako za opremu tako i za softver, samim tim i skuplje
- I pored naprednih tehničkih i tehnoloških rešenja postoje materijali koji se zbog raznih sporednih uslova (zaprljanost, vlažnost...) ne mogu biti prepoznati
- Tehnička i tehnološka rešenja u vidu AI tehnologije i robotike mogu dovesti do povećanja potrošnje električne energije
- Automatizacija može dovesti do smanjenja potrebe za ljudskom radnom snagom što može izazvati otpor lokalnih zajednica i povećati nezaposlenost u tom sektoru
- Potrebna je prekvalifikacija radnika kako bi mogli da rade sa novim tehnologijama.

Na sledećoj slici je prikazan detalj iz postrojenja u gradiću Bytca u Slovačkoj, koje radi u sklopu “SAKER GROUP – Recycling of Metals and Production of Aluminum Alloys”. Ova grupa radi kao “Správca zálohového systému, n.o.” odnosno kao Deposit Return System Administrator. To je neprofitna organizacija koja je odgovorna za finansiranje, organizaciju i koordinaciju depozitnog sistema u Slovačkoj. Ovo postrojenje radi kapacitetom od 50.000t godišnje. Postrojenje je potpuno automatizovano, bez ljudske posade i upravo se koriste RGB optički senzori sa vazдушnim mlaznicama za selekciju limenki i PET boca po bojama.



Slika 59: Detalji iz kompanije SAKER GROUP (izvor privatna arhiva)

6.3.1. ANALIZA PRIMJENE ROBOTIKE I AI TEHNOLOGIJE U SELEKCIJI OTPADA U CRNOJ GORI

Razvoj robotike a posebno AI tehnologije je sve zastupljenija u našim životima. Polako ali sigurno ove tehnologije će se sve više primjenjivati i u oblasti upravljanja otpadom i pokazati svu svoju snagu i domišljatost.

Poredeći ove tehnologije sa recimo tehnologijama termičke obrade otpada, prema saznanjima i stručnoj literaturi investicije su mnogo manje ali i dalje značajne. One se kreću u opsegu 5-15 miliona eura i opet zavise od kapaciteta i primjenjenih tehničkih rešenja.

S ozirom da se radi o visoko sofisticiranim tehničkim rešenjima pitanje je da li Crna Gora može da se nosi sa takvim izazovima. Ipak, ovakve tehnologije zahtjevaju visoko obučeni stručni kadar a takođe i troškovi održavanja ovakvih sistema sigurno su veliki.

Još jedan aspekt, koji sigurno nije specifičan samo za našu zemlju, je potencijalni otpor lokalne zajednice i radne snage zbog straha od gubitka poslova jer je više nego jasno da bi robotski sistemi mogli da mijenjaju zaposlene u sortirnim kabinama reciklažnih centara.

Da bi AI tehnologija mogla da se kontroliše donosi se **Uredba o vještačkoj inteligenciji (EU) 2024/1689** od 13. juna 2024. koja u najvećem dijelu počinje sa primjenom 2. avgusta 2026. godine.

Ova Uredba predstavlja prvi sveobuhvatni pravni okvir za AI na globalnom nivou, s ciljem stvaranja bezbjednosti, transparentnosti i zaštite temeljnih prava prevashodno građana Evropske unije. Prosto je izvjesno da približavanjem EU i većom primjenom AI rešenja u svakodnevnom životu, ova Uredba će postati i dio naše zakonske regulative.

Ono što je veoma bitno reći, potencijalna izgradnja objekata sa robotskim aplikacijama i AI tehnologijama ne mogu dati svoj maksimum ako se mi kao društvo ne promijenimo i damo taj početni doprinos koji bi se ogledao u povećanoj primarnoj selekciji, doslednoj primjeni proširene odgovornosti (EPR), uvođenja depozitnog sistema i odgovornijeg odnosa prema otpadu ukupno.

Za početak u Crnoj Gori bi se mogle implementirati razne AI aplikacije koje su se već dokazale u upotrebi u svijetu i čiji su rezultati mjerljivi.

- **AI aplikacija - Opcija prikupljanja na zahtjev** omogućuje stanovnicima da putem aplikacije zatraže odvoz kada su im kante napunjene. Na kraju 2023. godine stanovnicima Dobrote kod Kotora podijeljene su kante i to plava za “suvi” otpad i zelena za “mokri” otpad. Kante su nabavljene uz pomoć EKO fonda. Svim građanima je dat Pravilnik o odlaganju gdje se navodi kada će se sadržaji njihovih kanti prazniti. Ovaj primjer Dobrote mogao bi biti primjer i ostalim opštinama za stanovništva koja nisu u kolektivnim zgradama dakle u prigradskim ili seoskim naseljima. Ako bi se pomenuta aplikacija implementirala, komunalna preduzeća bi mogla na bazi aloritamima koje bi odradila AI tehnologija optimizovati rute vozila, obilazeći samo ona mjesta gdje je potrebno prazniti kante. Direktni benefit se ogleda u uštedi goriva i smanjenju angažovanja ljudstva i mehanizacije na terenu. Konkretno, u Finskom gradu Oulu je došlo do smanjenja od 40% rotacija za prikupljanje otpada.



Slika 60: Primjer kanti iz naselja Dobrota

- **Senzori i IoT (Internet of Think) uređaji:** Za urbana gradska područja moguća je ugradnja pametnih senzora koji bi se postavili u kontejnerima za otpad kako bi se mogao pratiti nivo popunjenosti u realnom vremenu. Ovi senzori omogućavaju optimizaciju ruta kamiona za prikupljanje otpada, smanjujući nepotrebne rotacije i emisije ugljen-dioksida. Naravno, ovakve aktivnosti bi morale pratiti jačanje svijesti kod građana znajući kakve su navike i sklonosti nekih od nas koji u kontejnere bacaju i ono što nije komunalni otpad a ne rijetko dođe i do zapaljivanja istih. Evidentno je da bi ovakve aktivnosti i instalacije morala pratiti veća budnost komunalnih inspeksijskih službi. Brojni su primjeri ušteda koje su ostvarene uvođenjem pametnih senzora u kontejnerima:

- Newcastle u Engleskoj je primjenom pametnih senzora na 1200 kontejnera uštedio 50% u operativnim troškovima. Procijenjeno je smanjenje emisije CO₂ od 49% i 51% umanjenih prigovora građana.
- Lučki dio Dublina u Irskoj, uvođenjem ovog sistema smanjio je stopu prikupljanja otpada za 85%, što je rezultiralo uštedom od 75% u operativnim troškovima odnosno 200.000€ godišnje.
- **Mobilne aplikacije i platforme:** Kroz mobilne aplikacije, građani mogu dobiti informacije o najbližim lokacijama za recimo reciklažna dvorišta u slučaju potrebe za odlaganjem specifičnih vrsta otpada. U nekoj sledećoj varijanti i nakon konsolidovanja komunalnih preduzeća, aplikacije bi mogle služiti kao informator građanima koja vrsta otpada i kojim danima bi se prikupljala. Ove aplikacije takođe mogu omogućiti i prijavljivanje problema, poput prepunjenih kontejnera ili nepropisno odloženog otpada. Primjer i jedne takve aplikacije je KASPER Podgoričke Čistoće d.o.o.





7. PREDLOZI I MJERE ZA UNAPREĐENJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE OTPADOM U CRNOJ GORI

7.1. UNAPREĐENJE ZAKONSKOG I INSTITUCIONALNOG OKVIRA

7.1.1. UVOĐENJE STROGIH PROPISA I KAZNENIH MJERA ZA NELEGALNO ODLAGANJE OTPADA

Svjedoci smo eskalacije nepropisnog odlaganja otpada bilo komunalnog, kabastog ili građevinskog. Iako nerazvijena infrastruktura može biti razlog ona ne smije biti opravdanje nesavjesnim fizičkim i pravnim licima da nepropisno odlažu svoj otpad već se moraju dokazati kao društveno odgovorni i dati svoj doprinos ukupnom sistemu upravljanja otpadom i zaštititi životne sredine. U novom Zakonu o upravljanju otpadom iz 2024. godine detaljno su opisane sve situacije za koje može da se primjeni kaznena politika. Dakle, u cilju rešavanja problema sa nekontrolisanim i nelegalnim odlaganjem otpada mora se dosledno i principijelno primjenjivati kaznena politika.

Takođe, treba ozbiljnije prići i mogućnosti uvođenja video nadzora na ključnim lokacijama gdje se vrši odlaganje otpada.

Takođe je nužno pojačati i inspekcijski nadzor.

7.1.2. IZRADA KVALITETNIJIH PODZAKONSKIH AKATA

Od velike je važnosti da svi podzakonski akti budu kvalitetni i prije svega primjenjivi saglasno situaciji sa upravljanjem otpadom u Crnoj Gori. Obrađivači podzakonskih akata moraju uzeti u obzir iskustva pravnih lica koja su u sistemu upravljanja otpadom kao i šire stručne javnosti. Najbolji podzakonski akt je onaj koji je svima razumljiv i lako sprovodljiv.

7.2. OPTIMIZACIJA SAKUPLJANJA I OBRADE OTPADA

Prema nacrtu Državnog plana upravljanja otpadom za period 2025.-2029. a na osnovu podataka iz MONSTAT-a, pokrivenost stanovništva preuzimanjem otpada je ispod 90%. Na osnovu ovoga slijedi da treba unaprijediti infrastrukturu u svim opštinama kako bi se ovaj ostatak otpada kolektivno preuzeo i smanjila mogućnost da se nepropisno odloži.

Treba aktivno raditi na stvaranju uslova za primarnu selekciju otpada na izvoru. Ovo je jedna od najefikasnijih mjera za stvaranje velikih količina amabalažnog materijala koja se može plasirati na tržište i ostvariti finansijski prihodi.

7.3. RAZVOJ INFRASTRUKTURE ZA SAKUPLJANJE I RECIKLAŽU OTPADA

Kao što je rečeno u prethodnom poglavlju, ukoliko se želi da primarna selekcija zaživi potrebno je stvoriti infrastrukturne pretpostavke. One podrazumjevaju da se na odgovarajuća mjesta postavi dovoljan broj kontejnera za “mokru” i “suvu” frakciju, odnosno određeni broj kanti zavisno koja metoda razdvajanja je odabrana. Pored ovih osnovnih pretpostavki potrebno je aktivno raditi na otvaranju reciklažnih dvorišta i promociju istih. Takođe, za potrebe pojedinih dijelova gradova i naselja obezbjediti mobilna reciklažna dvorišta i izaći u susret svim građanima koji žele da pravilno selektuju i odlažu otpad.

Sledeći korak koji se prirodno nameće je formiranje reciklažnih centara u opštinama ili regionalnih reciklažnih centara gdje bi se selektovani amabalažni materijali dodatno klasifikovali i balirali čime bi bili spremni za prodaju odnosno ekonomsku valorizaciju.

Krajnji korak je ono što se predviđa i u nacrtu Državnog plana a to su Regionalni sistemi za upravljanje otpadom.

7.4. SPROVOĐENJE PROGRAMA PROŠIRENE ODGOVORNOSTI PROIZVOĐAČA (EPR)

Jedan od najvećih izazova u sprovođenju Zakona o upravljanju otpadom iz 2024 godine biće doslovno sprovođenje Programa za proširenu odgovornost koji obuhvata EE opremu, vozila, baterije i akumulatore, gume, ambalažu, plastične proizvode za jednokratnu upotrebu i ribolovni alat koji sadrži plastiku. Od izuzetne je

važnosti da ovaj Program uspije jer se na ovaj način smanjuje generisanje otpada, povećava reciklaža i vrši prelazak na cirkularnu ekonomiju. Takođe specifičnost i prednost ovog Programa je i ta da se odgovornost prebacuje sa potrošača i države na proizvođače, odnosno prodavce, koji sada moraju finansirati sakupljanje i reciklažu otpada koji potiče od njihovih proizvoda.

7.5. FINANSIJSKI I EKONOMSKI PODSTICAJI ZA RECIKLAŽU I UPRAVLJANJE OTPADOM

Od suštinske važnosti je jačanje EKO fonda, odnosno njegove finansijske stabilnosti kako bi kroz svoje projekte mogao da vrši finansijske ili infrastrukturne podsticaje fizičkim i pravnim licima kroz usluge koje se tiču zaštite životne sredine, energetske efikasnosti a sve više i upravljanja otpadom. Podsticaji ili subvencije moraju imati motivišući karakter kako bi fizička i pravna lica uzeli aktivno učešće u selekciji i reciklaži otpada čime bi značajno unaprijedili sistem upravljanja otpadom. Brojni su primjeri u okruženju ili zemljama EU gdje se sa različitim podsticajima ili subvencijama mobilizuju fizička i pravna lica da sakupljaju gume, PET ambalažu, staklenu ambalažu, EE uređaje itd.

Jedan od veoma efikasnih sistema koji bi mogao da se implementira u pravnu regulativu upravljanja otpadom je i Depozitni sistem u kojem se potrošači finansijski podstiču da pravilno razdvajaju i vraćaju određene vrste otpada (najčešće ambalažu) u reciklažne tokove. Ukoliko je podsticaj adekvatan ovaj sistem može da da izuzetne rezultate. Demonstracija ovog Sistema i njegove rezultate smo mogli da vidimo prije nekoliko mjeseci u organizaciji NVO Zeleni talas koji je instalirao reciklomate za PET ambalažu ispred Studentskog sportskog centra u Podgorici prilikom akcije “ODVOJI RECIKLIRAJ OSVOJI”

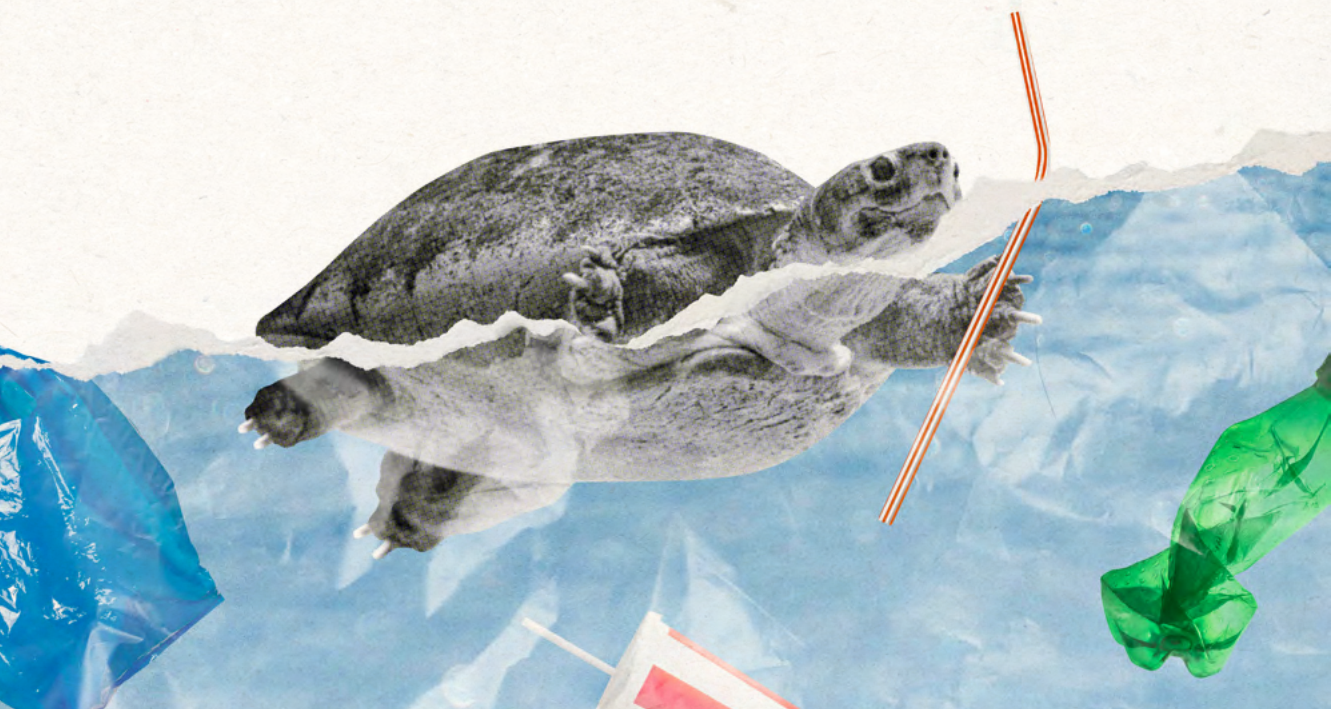
7.6. EDUKACIJA I PODIZANJE SVIJESTI JAVNOSTI

Na kraju ali sigurno i najvažnija mjera je edukacija građana. Opšte je uvjerenje da je nizak nivo svijesti i kulture među građanima kada je upravljanje otpadom u pitanju. Nepravilno odložen i neselektiran otpad je skoro svakodnevica. Zato je edukacija ključni korak ka odgovornom upravljanju otpadom. Ljudi ne mogu mijenjati navike ako ne razumiju zašto je važno pravilno odlaganje otpada i kako da to rade ispravno.

Nešto što se u mnogim društvima pokazalo kao najefikasnija metoda je edukacija predškolske i školske djece koja su mnogo brže usvajali navike i znanja kada je pravilno upravljanje otpadom u pitanju.

Takođe, od velike važnosti su i upotreba društvenih mreža i medija za promociju ekoloških poruka.

Kada je Glavni grad Podgorica u pitanju, Sekretarijat za Komunalne poslove je redovno vršio posjete školama i edukavao đake o pravilnoj selekciji otpada. Takođe Deponija d.o.o. daje svoj doprinos kroz konstantnu saradnju sa osnovnim i srednjim školama koje posjećuju pogone i upoznaju se na licu mjesta sa tretmanima različitih vrsta otpada. Takođe Deponija d.o.o. ima razvijenu saradnju sa Metalurško-tehnološkim fakultetom (MTF) čiji studenti svake godine odrađuju stručnu praksu kod njih. Ista kompanija je već imala više diplomskih i master radova sa studentima MTF-a na temama iz svog tehnološkog procesa.



8. LITERATURA I IZVORI

1. Dušica Pešević, *UPRAVLJANJE OTPADOM*, ISBN 978-99976-86-08-4. Banja Luka, Univerzitet u Banjoj Luci Prirodno-matematički fakultet, 2022.
2. Jerzy Dudek, Piotr Klimek, Grzegorz Kolodziejak, Joanna Niemczewska, Joanna Zaleska-Bartosz, *LANDFILL GAS ENERGY TECHNOLOGIES*, Instytut nafty i gazu, Kraków, 2010
3. Prof. dr sc. Aleksandra Anić Vučinić, *UPRAVLJANJE KOMUNALNIM OTPADOM - DOBRE PRAKSE U ZEMLJAMA EVROPSKE UNIJE*. Nikšić, FORS Montegero
4. Agnješka Maria Kuderer, Branislava Matić Savićević, Dejan Ubavin, Helga Stoiber, Hristina Stevanović Čarapina, Igor Jezdimirović, Ivana Milovac, Johan Felner i Siniša Mitrović., *BELA KNJIGA O DOBIJANJU ENERGIJE IZ OTPADA U SRBIJI*, ISBN 978-86-87145-16-0. Novi Sad : Inženjeri zaštite životne sredine, 2024
5. Stojan SIMIĆ, Rafinerija ulja a.d. Modriča Miroslav STANOJEVIĆ, Mašinski fakultet u Beogradu Goran ORAŠANIN, Srđan VASKOVIĆ, Jovana PAJKIĆ, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, "ENERGETSKI I EKOLOŠKI ASPEKTI PRIMENE GORIVA DOBIJENOG IZ OTPADA (RDF/SRF)" Zbornik Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji – Procesing, [S.l.], v. 29, n. 1, p. 187-194, mar. 2017
6. MIRJANA S. LAKOVIĆ, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, MILICA M. JOVIĆ, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, BRANISLAV V. STOJANOVIĆ, Univerzitet u Nišu, "KOTLOVI ZA SAGOREVANJE GORIVA U FLUIDIZOVANOM SLOJU" Pregledni rad, DOI: 10.5937/tehnika1504625L, 2015.
7. Dieter Stapf, Giovanni Ciceri, Inge Johansson, "TRENDS AND DRIVERS IN ALTERNATIVE THERMAL CONVERSION OF WASTE" IEA Bioenergy: September 2020
8. Ana Batrićević, Nikola Paunović, "WASTE DISPOSAL IN THE EUROPEAN UNION: NORMATIVE FRAMEWORK AND PRACTICE" Institute of Criminological and Sociological Research, 2017.
9. Vlada republike Slovenije, "PROGRAM RAVNANJA Z ODPADKI in PROGRAM PREPREČEVANJA ODPADKOV REPUBLIKE SLOVENIJE", Številka: 35405-17/2021-2550, 2022.

10. Ministarstvo za okolje, podnebje in energijo “SEZNAM ODLAGALIŠČ V REPUBLIKI SLOVENIJI” Uradni list RS, št. 44/22, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE in 23/24
11. Đurđica Požgaj, dr. sc. Eda Puntarić, Marcela Kušević – Vukšić, dr. sc. Marijana Zanoški Hren, Laila Gumhalter Malić, Vibor Bulat, Gordana Vešligaj, Jasna Kufrin, Neven Mileusnić, “PREGLED PODATAKA O ODLAGANJU I ODLAGALIŠTIMA OTPADA ZA 2023. GODINU” Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije
12. “PLAN GOSPODARENJA OTPADOM REPUBLIKE HRVATSKE ZA RAZDOBLJE 2023. – 2028. GODINE” Narodne novine broj 84, zagreb, 22. srpnja 2023.
13. dr. sc. Branimir Fuk, dipl. ing. rud.” SPALIONICE OTPADA U HRVATSKOJ –FIKCIJA ILI POTREBA” Sigurnost 64 (4) 423 - 427 (2022)
14. “UPRAVLJANJA OTPADOM U REPUBLICI SRBIJI ZA PERIOD 2022-2031. GODINE” (“Sl. glasnik RS”, br. 12/2022)
15. Nikos GARGOULAS, Andreas MENTZIS, Anna KARKAZI, Christina GOGOLOU, Bojan LALOVIC, Pierre BUREAU, Aleksandar DUBORIJA, Milos MARKOVIC, Bojan BATINIC, Vesna CETKOVIC “ DRŽAVNI PLAN UPRAVLJANJA OTPADOM ZA PERIOD 2025.-2029. (predlog)” Ministarstvo turizma, ekologije, održivog razvoja i razvoja sjevera (2025)
16. Dubois, Maarten ; Sims, Edward ; Moerman, Tim ; Watson, David ; Bauer, Bjorn ; Bel, Jean-Benoît ; Mehlhart, Georg, “GUIDANCE FOR SEPARATE COLLECTION OF MUNICIPAL WASTE” Document prepared by EY, PlanMiljø, ACR+, RWA and Öko-Institut, (2020)
17. Matheus Oliveira, Ana Ramos, Tamer M. Ismail, Eliseu Monteiro, Abel Rouboa, “A REVIEW ON PLASMA GASIFICATION OF SOLID RESIDUES: RECENT ADVANCES AND DEVELOPMENTS”, MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) Article in Energies · February 2022
18. TECHNOLOGY PRESENTATION WASTE TO ENERGY, DOOSAN LENTJES GROUP 2024
19. Santa Margarida Santos, Ana Carolina, Leandro Gomes, Catarina Nobre, Paulo Brito, WASTE GASIFICATION TECHNOLOGIES: A BRIEF OVERVIEW, MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) Article in Waste, 17 December 2022
20. “Crna Gora, ekološka država: 30 godina (ne)promijenjene svijesti”, Agencija za istraživanje javnog mnjenja “Damar”
21. <https://eur-lex.europa.eu/>
22. <https://www.monstat.org/cg/page.php?id=1007&pageid=64>
23. <https://www.cewep.eu/waste-to-energy-plants-in-europe-in-2022/>

24. <https://www.babcock.com/home/renewable/waste-to-energy/waste-to-energy-technologies/>
25. “Waste2energy machine presentation” <https://wpowerotech.ro/#/products/technology>
26. “RCERO Ljubljana – najsavremenija i održiva tehnologija upravljanja otpadom po principima cirkularnosti”, *Reciklaza.biz*, <https://reciklaza.biz/dogadaji/rcero-ljubljana-najsavremenija-i-odrziva-tehnologija-upravljanja-otpadom-po-principima-cirkularnosti/>
decembar 2022
27. Marija Dedić, “Posetili smo RCERO, najmoderniju fabriku za upravljanje otpadom u regionu”, *Centar za promociju cirkularne ekonomije*, <https://cirkularnaekonomija.org/posetili-smo-rcero-najmoderniju-fabriku-za-upravljanje-otpadom-u-regionu-preradu-otpad-iz-56-opstina-i-proizvode-energiju-za-sopstvene-potrebe/>
28. Prir. M.L., “Slovenija planira izgradnju tri postrojenja za spaljivanje otpada”, *Eco portal- novosti o čistoj energiji*, <https://www.ecoport.me/slovenija-planira-izgradnju-tri-postrojenja-za-spaljivanje-otpada/>
29. Vladimir Spasić, “Prva spalionica otpada u Hrvatskoj biće izgrađena kod Šibenika”, *BALKAN GREEN ENERGY NEWS*, <https://balkangreenenergynews.com/rs/prva-spalionica-otpada-u-hrvatskoj-bice-izgradjena-kod-sibenika/>
30. Regionalna sanitarna deponija Možura d.o.o. Bar, <https://mozura.me/>
31. Deponija d.o.o. Podgorica, <https://deponija.me/>
32. “3D soba” (FIN-ING d.o.o.), <https://www.3dsoba.me/>
33. <https://www.terex.com/zenrobotics/robots/overview>

