

# OBRADA KOMUNALNOG OTPADA I IZGRADNJA ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA

---

Željeznik, Toni

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac  
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:000523>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-12**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied  
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

ODJEL LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE

STUDIJ LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE

**TONI ŽELJEZNIK**

**OBRADA KOMUNALNOG OTPADA I IZGRADNJA  
ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2021.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**ODJEL LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE**

**STUDIJ LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE**

**TONI ŽELJEZNIK**

**OBRADA KOMUNALNOG OTPADA I IZGRADNJA  
ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA**

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor: mr.sc. Hrvoje Buljan, pred.

KARLOVAC, 2021.

## **ZAHVALE**

Zahvaljujem se mentoru mr.sc. Hrvoju Buljan dipl.ing.kem.tehn. za strpljenje, savjete i pomoć prilikom izrade ovog završnog rada.

Zahvaljujem se svojoj obitelji, kolegama i prijateljima na svojoj pomoći, podršci i razumijevanju tijekom trajanja ovog studija i tijekom izrade završnog rada.

# **OBRADA KOMUNALNOG OTPADA I IZGRADNJA ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA**

## **SAŽETAK**

Veliki problem Europske unije, kao i Republike Hrvatske, je problem velikih količina proizvedenog otpada. Iako je od ukupne količine ukupno proizvedenog otpada, manje od 10% komunalnog otpada, ipak se postavlja pitanje zbrinjavanja komunalnog otpada na najbolji mogući način. Odlaganje komunalnog otpada na odlagalište je najveći „neprijatelj“ okoliša. Dugi niz godina, pa tako i danas, Republika Hrvatska veliki dio komunalnog otpada odlaže na pripadajućim odlagalištima otpada kao privremeno rješenje problema. No problem se nastavlja sa zatvaranjem velikog broja odlagališta, pri čemu raste broj divljih odlagališta na kojima se odlaže otpad. Kako bi se smanjio broj divljih odlagališta u prirodi razvijeni su različiti procesi kojima se na neškodljiv način može konačno zbrinuti komunalni otpad. Prvenstveno se nastoji sanacijom onečišćenih prostora i riješiti smanjivanje broja tzv. „divljih odlagališta“.

Ključne riječi: komunalni otpad, okoliš, odlagališta.

## **MUNICIPAL WASTE TREATMENT AND CONSTRUCTION OF MUNICIPAL WASTE LANDFILL**

A major problem of European Union, as well as the Republic of Croatia, is the problem of large quantities of waste generated. Although less than 10% of the total amount of waste generated is municipal waste, the question of municipal waste disposal in the best possible way still arises. Disposal of municipal waste at the landfill is the biggest „enemy“ of the environment. For many years, including today, the Republic of Croatia disposes of a large part of municipal waste in its landfills as a temporary solution to the problem. But the problem continues with the closure of a large number of landfills with an increasing number of illegal dumpsites in dumping waste. In order to reduce the number of illegal dumpsites in nature, various processes have been developed that can finally dispose of municipal waste in a harmless way. Primarily, efforts are being made to rehabilitate polluted areas and to reduce the number of so-called „wild dumps“.

Key words: municipal waste, environment, landfills.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. KATEGORIZACIJA OTPADA.....	2
2.1. Podjela otpada prema svojstvima.....	2
2.1.1. Opasni otpad.....	2
2.1.2. Neopasni otpad.....	3
2.1.3. Inertni otpad.....	3
2.2. Podjela otpada prema mjestu nastanka .....	4
2.2.1. Komunalni otpad .....	4
2.2.2. Industrijski otpad .....	4
2.2.3. Ambalažni otpad .....	5
2.2.4. Građevinski otpad .....	5
3. METODE OBRAD E I ZBRINJAVANJA KOMUNALNOG I OSTALOG OTPADA .	6
3.1. Mehaničko-biološka obrada otpada.....	8
3.1.1. Osnovni koncepti mehaničko biološke obrade .....	8
3.2. Termička obrada komunalnog otpada .....	11
3.2.1. Energetska uporaba otpada-spaljivanje otpada .....	12
3.2.2. Proces energetske uporabe „Piróliza“ otpada .....	14
3.2.3. Proces rasplinjavanja kao način energetske uporabe.....	16
3.2.4. Proces termičke/katalitičke depolimerizacije.....	18
3.2.5. Kombinirani postupci obrade komunalnog otpada: baliranje-spaljivanje-utiskivanje.....	20
3.2.5.1. Baliranje otpada.....	20
3.2.5.2. Spaljivanje – Termoelektrane na otpad .....	21
3.2.5.3. Utiskivanje otpada u geološke formacije.....	22
4. ODLAGALIŠTE KOMUNALNOG OTPADA.....	23
4.1. Kategorije odlagališta otpada .....	24



4.2. Uvjeti i mjere vezane za planiranje, gradnju, rad te zatvaranje odlagališta komunalnog otpada i postupak nakon zatvaranja .....	25
4.2.1. Opći uvjeti za sve kategorije odlagališta otpada .....	26
4.2.2. Osnovna opremljenost odlagališta komunalnog otpada.....	28
4.2.3. Prihvat otpada na odlagališta te procesi koji se odvijaju na odlagalištu otpada .....	29
5. ZAKLJUČAK.....	32
LITERATURA .....	33

## POPIS PRILOGA

### Popis slika:

Slika 1 Znakovi označavanja opasnih svojstava kod opasnog otpada (ANONYMOUS, 2020.) .....	3
Slika 2 Potencijalne opcije mehaničko-biološke obrade otpada (SKOKO i sur.,2010.)9	
Slika 3 Energetska obrada otpada - spalionica otpada „Spittelau“ u Beču (ANONYMOUS, 2017.).....	13
Slika 4 Prikaz postrojenja za pirolizu (ANONYMOUS, 2020.).....	15
Slika 5 Postrojenja za rasplinjavanje. Lijevo je prikazan rasplinjač s fiksnim slojem, a desno je prikazan rasplinjač s istostrujnim tokom (ANONYMOUS, 2015.). .....	17
Slika 6 Neuređeno odlagalište komunalnog otpada (Glas Istre, 2021.) .....	26
Slika 7 Uređeno odlagalište komunalnog otpada (ANONYMOUS, 2015.).....	28
Slika 8 Shema prihvata otpada na odlagalištu (ANONYMOUS, 2007.) .....	29

### Popis tablica:

Tablica 1 Obrada i odlaganje komunalnog otpada u državama Europske Unije i u Republici Hrvatskoj (ANONYMOUS, 2005.) .....	6
---	---

## 1. UVOD

Sigurno se uvijek postavlja pitanje i barem ste se jednom zapitali što bi to ustvari mogao biti otpad bez obzira na definiciju kao stvar ili materijal koji posjednik mora ili namjerava odbaciti.

Jednostavnim riječima, svi predmeti koje koristite ili ste ih koristili su postali otpad, ili će postati otpad nakon korištenja jer taj predmet više ne možete koristiti te je izgubio svoju vrijednost. Zbog povećane urbanizacije, problem zaštite okoliša je upravo otpad i način na koji upravljamo otpadom. Razvojem tehnologije, razvili su se i različiti procesi obrade otpada kako bi se problem sveo na minimum.

U ovome radu bit će prikazani različiti procesi obrade komunalnog otpada koji bi mogli pridonijeti rješavanju problema sa prekomjernom količinom nastalog otpada, te će biti prikazana osnovna načela na osnovu kojih su izgrađena odlagališta otpada i nužna pravila i zakoni kojih se vlasnici odlagališta moraju pridržavati prilikom upravljanja odlagalištem.

## **2. KATEGORIZACIJA OTPADA**

Prema unificiranoj definiciji na razini Europske Unije i Republike Hrvatske, otpad je svaka tvar koju vlasnik odbacuje, planira ju odbaciti ili mora odbaciti. Također, otpadom se smatra i svaki predmet ili tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa kao sveobuhvatne brige za buduće generacije (ANONYMOUS, 2019.).

Otpad se dijeli prema svojstvima i prema mjestu nastanka. Prema svojstvima ga dijelimo na opasni otpad, neopasni otpad i inertni otpad, dok ga prema nastanku dijelimo na komunalni otpad, industrijski otpad, ambalažni otpad te građevinski otpad (ANONYMOUS, 2019.).

### **2.1. Podjela otpada prema svojstvima**

#### **2.1.1. Opasni otpad**

Opasni otpad je svaki otpad koji predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje ljudi i okoliš. Definira se kao otpad koji ima jedno ili više sljedećih svojstava: eksplozivnost, reaktivnost, zapaljivost, nadražljivost, štetnost, toksičnost, infektivnost, kancerogenost, mutagenost, teratogenost, ekotoksičnost, svojstvo oksidiranja, svojstvo nagrizanja i svojstvo otpuštanja otrovnih plinova nekom kemijskom reakcijom ili biološkom razgradnjom. Bilo koja vrsta otpada s obzirom na mjesto nastanka, svrstava se u opasni otpad ukoliko sadrži neko od svojstava opasnog otpada. U pravilu opasni otpad vrlo često nema samo jedno opasno svojstvo (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Manje količine opasnog otpada nastaju u kućanstvima i nazivaju se problematične tvari koje komunalni otpad može pretvoriti u opasni otpad. U problematične tvari koje sadrže opasna svojstva ubrajaju se boje, lakovi, baterije, akumulatori, otpadna ulja za motore, kiseline, lužine, razrjeđivači i slično (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).



Slika 1 Znakovi označavanja opasnih svojstava kod opasnog otpada (ANONYMOUS, 2020.)

### 2.1.2. Neopasni otpad

Neopasni otpad je otpad koji ne posjeduje niti jedno od svojstava opasnog otpada (ANONYMOUS, 2019.).

### 2.1.3. Inertni otpad

Inertni otpad je neopasni otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama. Inertni otpad nije topiv, goriv, ni na druge načine reaktivan ili biorazgradiv. Sa tvarima s kojima dolazi u dodir ne djeluje tako da bi to utjecalo na ljudsko zdravlje ili na povećanje čestica u okoliš. Ista situacija je kao i sa komunalnim otpadom. U slučaju miješanja sa tvarima sa opasnim svojstvima cjelokupna količina može postati opasni otpad (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Osim zakonskih kategorija otpada prema mjestu i svojstvima može se uvesti i još jedna podjela otpada, a to je na koristan i nekoristan otpad. Otpad može biti koristan otpad. Iz njega se pridobivaju sekundarne sirovine koje se mogu reciklirati i ponovno upotrijebiti (npr. metal, plastika, staklo, papir). Organski ostaci mogu se pretvoriti „humificirati“ (reciklirati u gorivo), a gorivu tvar se može energetske oporabiti uz energetske iskorištavanje. Suprotno navedenome je nekorisni otpad. Njega čini otpad koji se ne koristi, a često zbog izostanka obrade. Dio industrijskog i bolničkog otpada često završava na komunalnim odlagalištima, stoga i takav otpad može biti opasan (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

## **2.2. Podjela otpada prema mjestu nastanka**

### **2.2.1. Komunalni otpad**

Komunalni otpad je otpad iz kućanstava, otpad koji nastaje čišćenjem javnih površina i otpad sličan otpadu iz kućanstva, a koji nastaje u gospodarstvu ustanovama i uslužnim djelatnostima. Taj otpad se redovito prikuplja i zbrinjava u okviru komunalnih djelatnosti (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### **2.2.2. Industrijski otpad**

Otpad koji nastaje u proizvodnim procesima u industriji, gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, a po sastavu i svojstvima se razlikuje od komunalnog otpada. Industrija je najveći proizvođač otpada pa su upravo u ovoj kategoriji potencijali sustava gospodarenja otpadom u smislu smanjenja otpada i najveći (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### **2.2.3. Ambalažni otpad**

U ambalažni otpad spada ambalaža koja je preostala nakon što se proizvod raspakira. Obuhvaća sve proizvode u obliku kutija, posuda, omota i druge oblike koji služe držanju drugog proizvoda u svrhu njegove zaštite rukovanja, promidžbe i prodaje (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### **2.2.4. Građevinski otpad**

Građevinski otpad je otpad koji nastaje gradnjom, održavanjem i uklanjanjem građevina. Smanjivanje nastavka građevinskog otpada ide za načinima stvaranja centara za obradu građevinskog otpada, kada se cjelokupna količina otpada može iskoristiti (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### 3. METODE OBRADE I ZBRINJAVANJA KOMUNALNOG I OSTALOG OTPADA

Iako problem odlaganja otpada nije nov, ideja sustavnog i cjelovitog gospodarenja otpadom još nije sasvim saživjela. Ljudima je u cilju stvoreni otpad negdje odvesti, a rješenje pronalaze na odlagalištima otpada, gdje se gomilaju velike količine otpada. Te količine otpada uzrokuju štete zdravlja ljudi, te dugotrajna i velika onečišćenja okoliša koje se trebaju riješiti. Zbrinjavanje otpada kao dio cjelovitog gospodarenja otpadom podrazumijeva postupak obrade ili trajnog odlaganja na način siguran za ljudsko zdravlje, materijalna dobra i okoliš (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Tablica 1 Obrada i odlaganje komunalnog otpada u državama Europske Unije i u Republici Hrvatskoj (ANONYMOUS, 2005.)

	Austrija	Danska	Slovenija	Hrvatska
Otpad skupljen za recikliranje	34,3 %	14 %	10 %	10 %
Otpad skupljen za biološku obradu	21,7 %	-	12 %	1 %
Otpad skupljen za spaljivanje	14,7 %	81 %	-	-
Otpad skupljen i odložen na odlagališta	28,5 %	5 %	73 %	89 %

Zbrinjavanje otpada dio je cjelovitog sustava gospodarenja otpadom čiji su ciljevi smanjivanje količine otpada koji nastaje, smanjivanje količina otpada koje se odlažu na odlagalištima tijekom primarnog odvajanja korisnog otpada, smanjivanje udjela biorazgradivog otpada u odloženom komunalnom otpadu, smanjivanje negativnog utjecaja odloženog otpada na okoliš, klimu i ljudsko zdravlje, gospodarenje proizvedenim otpadom na principu održivog razvoja i energetske iskoristavanje otpada za proizvodnju energije (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).



U cilju smanjivanja količina otpada koje se moraju odložiti te u cilju uklanjanja ili barem smanjivanja štetnog utjecaja otpada na okoliš (npr. emisija plinova nastalih razgradnjom otpada, emisije u podzemne vode, sprječavanje izlivanja procijedih voda iz tijela odlagališta i sl.) suvremeni sustavi zbrinjavanja otpada obuhvaćaju različite tehnologije obrade i iskorištavanja otpada (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.)

Odabir tehnološkog postupka za obradu otpada mora se temeljiti na analizi isplativosti, uvažavajući mjere gospodarenja otpadom prema najboljoj dostupnoj tehnologiji koja ne zahtijeva visoke troškove (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### **3.1. Mehaničko-biološka obrada otpada**

Mehaničko-biološka obrada komunalnog otpada predstavlja skup različitih postupaka obrade otpada s mogućnošću proizvodnje produkata za daljnje iskorištavanje vrijednih svojstava otpada uz različite načine odlaganja ostatka (SKOKO i sur., 2010.).

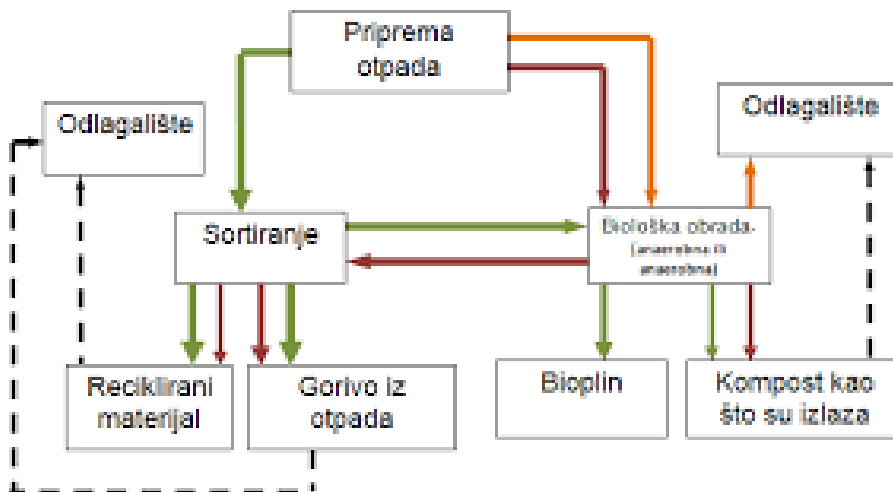
Mehaničko-biološka obrada otpada temelji se na mehaničkoj pripremi ulazne količine otpada i biološkoj obradi biorazgradivog dijela komunalnog otpada. Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada vrlo je reaktivna i predstavlja najveći problem koji se rješava u kontroliranim uvjetima i u relativno kratkom vremenu, uz smanjenje mase otpada koju je potrebno zbrinuti (SKOKO i sur., 2010.).

#### **3.1.1. Osnovni koncepti mehaničko biološke obrade**

Uvođenjem mehaničko biološke obrade kao metode obrade otpada, zadovoljava se Direktiva Europske unije o otpadu, koja je postavila osnovne zadatke po pitanju zbrinjavanja otpada, a to su: sprječavanje nastajanja otpada, ponovna uporaba otpada, recikliranje te ostalo obnavljanje (energetsko iskorištavanje i sl.), te na kraju odlaganje koje bi trebalo biti zanemarivo (SKOKO i sur.,2010.).

Ovaj proces se zasniva na konceptu kombiniranja mehaničke i biološke obrade otpada kako bi se postigli sljedeći ciljevi:

- maksimalna količina obnovljivih sirovina (staklo, metal, plastika, papir i dr.);
- proizvodnja komposta i obrađenog materijala sličnog kompostu;
- proizvodnja krutog goriva iz otpada;
- proizvodnja bio-stabiliziranog materijala za odlaganje;
- proizvodnja bioplina za proizvodnju toplinske i/ili električne energije
- proizvodnja visoko kvalitetnog krutog goriva definiranih svojstava.



Slika 2 Potencijalne opcije mehaničko-biološke obrade otpada (SKOKO i sur.,2010.)

Glavni ciljevi mehaničke obrade otpada su priprema otpada za postupak biološke obrade, uklanjanje neprikladnih komponenti iz ulaznog netretiranog otpada, povećanje količine obnovljivih sirovina izdvojenih iz otpada (odvajanje materijala za ponovnu uporabu, kao što su metal, staklo, plastika i papir), rafiniranje izlaznih produkata (SKOKO i sur., 2010.).

Prva faza je priprema otpada, tako da se opasne tvari uklone, kao na primjer baterije, lijekovi, boje i slično, te glomazni otpad, koji bi mogao stvarati probleme u daljnjem procesu.

Ovom predobradom dobiva se usitnjen i homogeniziran otpad koji je pogodan za daljnji proces dobivanja goriva iz otpada, odvajanje materijala za recikliranje ili biološku obradu, ovisno o izabranoj mehaničko-biološkoj obradi, (MBO) kao najprihvatljivijoj tehnologiji gospodarenja komunalnim otpadom (SKOKO i sur.,2010.).

Pri odvajanju otpada koristi se mehaničko odvajanje za dobivanje različitih frakcija iz miješanog komunalnog otpada. Ista može biti prije ili poslije biološke obrade ovisno o krajnjem cilju obrade: proizvodnja komposta, proizvodnja bioplina, proizvodnja goriva iz otpada, odlaganje. Prilikom mehaničkog odvajanja iskorištavaju se fizikalna svojstva komponenata otpada kao što su gustoća, oblik, težina, magnetizam i električna vodljivost i slično. Odvajanjem otpada dobivaju se različiti materijali pogodni za recikliranje (papir, metal, plastika, staklo) (SKOKO i sur., 2010.).

Biološka obrada slijedi prije ili poslije mehaničke obrade ovisno o krajnjem cilju. U nekim procesima se sav komunalni otpad biološki tretira da se dobije stabiliziran i homogeniziran ostatak koji ide na odlagalište. Biološkom obradom se nastoji u što većoj mjeri razgraditi organska komponenta otpada. Osnovni razlog je taj što se njenim odlaganjem unutar odlagališta stvara metan (CH<sub>4</sub>) koji je staklenički plin i koji samim tim izaziva opterećenje okoliša (SKOKO i sur., 2010.).

### 3.2. Termička obrada komunalnog otpada

Energetska, odnosno termička obrada komunalnog otpada je skupina postupaka kojima se smanjuje volumen otpada, pri čemu se izdvajaju ili uništavaju potencijalno opasne tvari iz otpada (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.). Uz to, energetsom obradom je moguće iskoristiti energetska vrijednost otpada uz proizvodnju električne energije ili toplinske energije. Postupci energetske obrade se dijele na:

- spaljivanje (izgaranje)
- pirolizu (otplinjavanje)
- rasplinjavanje ( sa ili bez plazme)
- termičku/katalističku depolimerizaciju
- sušenje
- dezinfekciju (sterilizacija)
- hidriranje
- drugi postupci i kombinacije postupaka

Posebim propisom je definirano da se u sustavu zbrinjavanja komunalnog otpada mora uvijek primjenjivati energetska iskorištavanje otpada. Iz perspektive energetske optimizacije, prije termičke obrade, poželjno je izdvojiti teže gorive tvari anorganskog porijekla (metal, staklo i sl.), a u organskom ostatku smanjiti udio vlage (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### 3.2.1. Energetska uporaba otpada-spaljivanje otpada

Energetska uporaba otpada-spaljivanje otpada je najrasprostranjenija tehnologija obrade otpada koja predstavlja oksidaciju zapaljivih tvari sadržanih u otpadu. Na taj način se otpad, odnosno njegova organska komponenta prevodi u pepeo (kruta komponenta), dimne plinove (plinovitu komponentu) te energiju. Pepeo se uglavnom sastoji od anorganskih sastojaka otpada te može biti u obliku grudica (kao krutina) ili lebdećih čestica koje mogu biti sadržane u dimnim plinovima. Dimni plinovi se moraju pročistiti od raznih plinovitih (anorganskih i organskih) onečišćenja prije ispuštanja u atmosferu (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Postoje razne modifikacije tehnoloških postupaka spaljivanja kao što su spaljivanje na rešetki, u rotacijskoj peći i fluidiziranom sloju. Ta se postrojenja često primjenjuju i za spaljivanje drugih vrsta otpada, osim komunalnog otpada, uz prilagodbu temperature spaljivanja i drugih uvjeta, a toplina koja je dobivena tim procesom može se pretvoriti u energiju (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Proces spaljivanja otpada odvija se u pripadajućim spalionicama otpada. Najviše spalionica miješanog komunalnog otpada se gradi i izvedeno je s izgaranjem na pokretnoj rešetki. Najčešće spalionice miješanog komunalnog otpada imaju dvije ili tri linije za izgaranje, gdje na svakoj liniji mogu spaliti i do 15 tona otpada u jednom satu. Kod spalionica u središtu pozornosti je prijam otpada, vođenje postrojenja te nadzor i evidencija plinovitih emisija. Suvremene spalionice su izvedene prema najboljem stanju tehnike, a najveći dio opreme, do 70 posto je postrojenje za čišćenje dimnih plinova. Propisi Europske unije koji određuju najviše dopuštene štetne plinovite emisije iz spalionica su među najstrožima u svijetu, a toliko su strogi da su ostali nepromijenjeni zadnja tri desetljeća. Spalionice otpada rade uspješno u gotovo svim većim europskim gradovima, koje se u pravilu obnavljaju nakon dvadeset godina uz dodatno povećanje kapaciteta i dodavanje pratećih sadržaja (Pariz – trgovački centri, Kopenhagen – skijalište) (MILANOVIĆ, 2020.).

Bečka spalionica otpada „Spittelau“ je jedna od najsuvremenijih postrojenja za spaljivanje otpada koja sadrži visoko učinkovit sustav za pročišćivanje otpadnih plinova koje po godini prerađuje oko 250.000 tona otpada na najvišoj razini zaštite

okoliša, a energija nastala spaljivanjem otpada koristi se za opskrbljivanje toplinom (ANONYMOUS, 2017.).

Otpad koji se dovodi u postrojenje spalionice se najprije važe i skladišti u spremniku površine od oko 7.000 m<sup>3</sup>. Otpad se kranovima prebacuje u dvije peći gdje se zatim spaljuje. Proizvedeni vrući otpadni plinovi prolaze kroz izmjenjivač topline, koji stvara paru koja se zatim koristi za proizvodnju toplinske i električne energije. Nakon pročišćavanja, otpadni plinovi se ispuštaju u atmosferu na visini od 126 metara (ANONYMOUS, 2017.).



Slika 3 Energetska obrada otpada - spalionica otpada „Spittelau“ u Beču (ANONYMOUS, 2017.)

Prema podacima, nakon sanacije u koju je uloženo oko 130 milijuna eura, električnom energijom je opskrbljeno oko 50.000 kućanstava sa godišnjom proizvodnjom električne energije od 120 GWh, 500 GWh proizvodnje topline godišnje, gdje je toplinskom energijom i toplom vodom opskrbljeno čak 60.000 kućanstava (ANONYMOUS, 2017.).

### 3.2.2. Proces energetske uporabe „Piroliza“ otpada

Piroliza je termičko-kemijski proces razgradnje organskog sadržaja na povišenim temperaturama bez prisutnosti kisika. Uključuje istovremenu promjenu kemijskog sastava i fizičkog stanja i sam proces je ireverzibilan. Proces sličan pirolizi se odvija u prirodi u požarima gdje drvena građa i vegetacija dolazi u kontakt s lavom u vulkanskim erupcijama (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

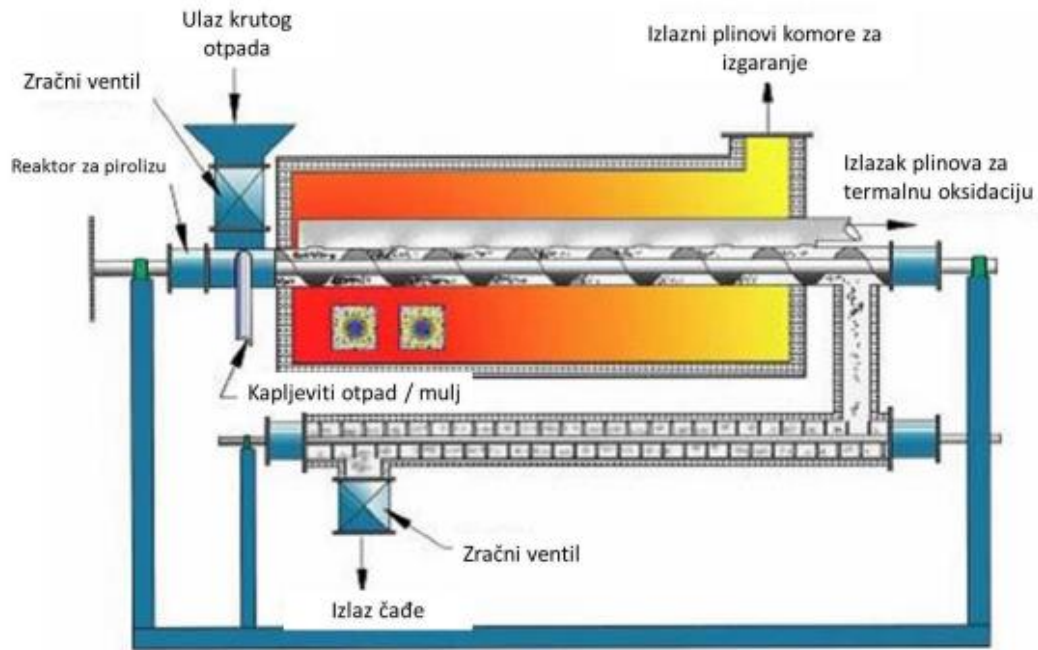
Tijekom procesa pirolize dolazi do nastanka plinske (tzv. pirolitički plin), kapljevite (pirolitičko ulje) te krute (kruti ostatak bogat ugljikom) komponente. Sličan proces se primjenjuje u industriji za dobivanje koksa, metanola i tako dalje, kod kojeg dolazi do razlaganja molekula pri povišenoj temperaturi i u odsutnosti kisika (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Prema rasponu temperatura pri kojima se odvija piroliza mogu se razlikovati u tri varijante:

- niskotemperaturna do 500 °C;
- srednjetemperaturna od 500 °C do 800 °C;
- visokotemperaturna viša od 800 °C

S povećanjem temperature reakcije dolazi do povećavanja udjela pirolitičkog plina u produktima reakcije, a smanjuje se udio krute i tekuće faze. Pirolitički plin se obično spaljuje, a kruta faza se spaljuje ili se prvo rasplinjuje, a zatim se spaljuju nastali plinovi. Dimni plinovi se mogu uvesti u generator para te se dobivena para iskorištava za grijanje ili pokretanje turbine spojene s električnim generatorom (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).





Slika 4 Prikaz postrojenja za pirolizu (ANONYMOUS, 2020.)

### 3.2.3. Proces rasplinjavanja kao način energetske uporabe

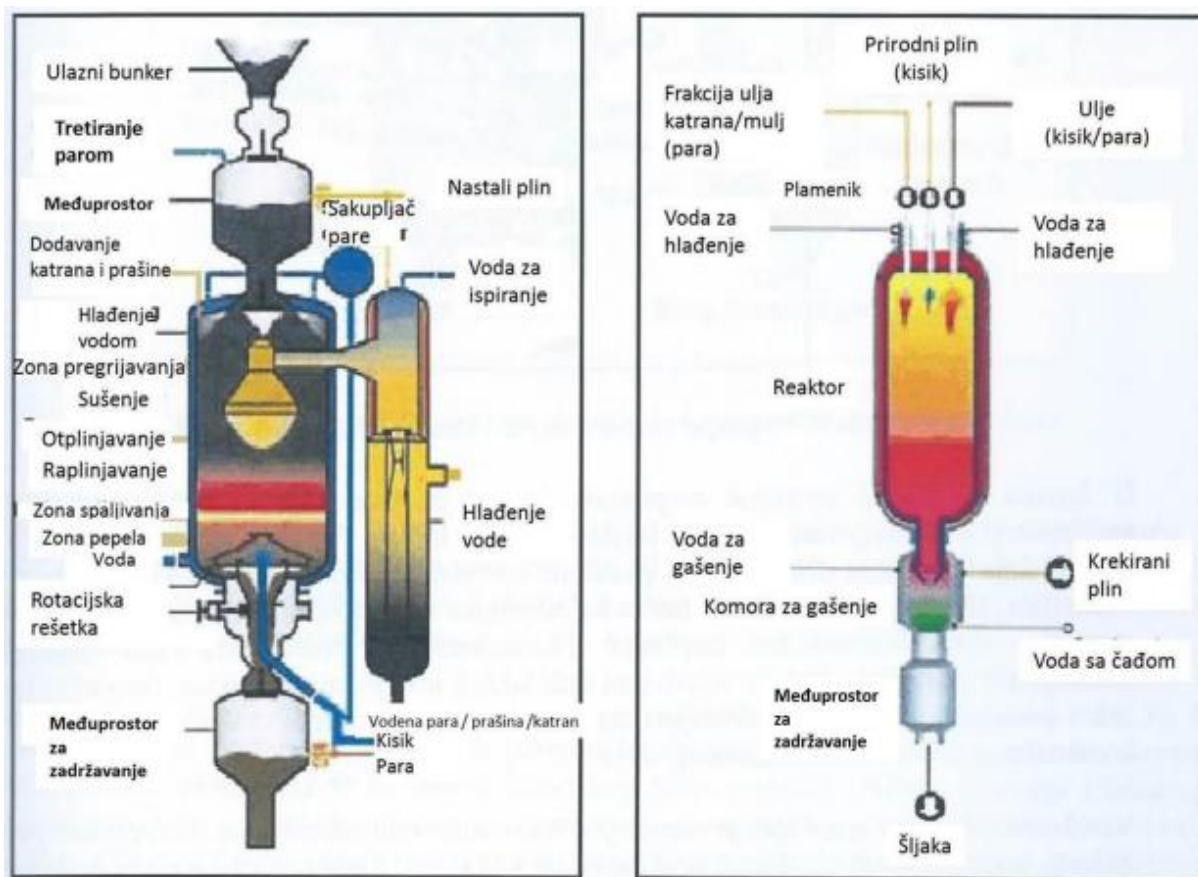
Proces rasplinjavanja je oblik nepotpunog sagorijevanja krutog goriva (ugljen, biomasa, drveni ugljen, gradski otpad), a produkt tog procesa je sintetski plin. Sintetski plin se može koristiti kao pogonsko gorivo, najčešće za pogon vozila ili za proizvodnju električne energije pomoću agregata (ANONYMOUS, 2016.).

Proces rasplinjavanja još nije raširen postupak u termičkoj obradi otpada, ali postaje sve veća pažnja potencijalnih investitora te šire javnosti zbog toga što se ovim procesom na prilično siguran način može riješiti problem otpada te se iz njega može dobiti potrebna energija. Razlikujemo nekoliko načina provedbe procesa rasplinjavanja s obzirom na primijenjeni tip, tzv. rasplinjač. S obzirom na princip primjene reaktora postoje:

- reaktor s fiksnim slojem kroz koji se sredstvo za rasplinjavanje dovodi ili u istom ili nasuprotnom smjeru od ulaza goriva bogatim ugljikom
- reaktor s fluidiziranim slojem
- reaktor sa strujom plazme (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.)

Količina i produkti koji izlaze iz samog procesa mogu se razlikovati ovisno o primjeni određene tehnologije, kao i tipu i kvaliteti ulazne sirovine. Drugim riječima, razlikuje se udio sintetskog plina čime se određuje njegova energetska vrijednost. Da bi se sintetski plin mogao upotrijebiti kao gorivo za dobivanje toplinske i električne energije, ulazna goriva tvar mora biti homogenog sastava, što znači da je za komunalni otpad potrebna predobrada (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Postoje manja postrojenja u kojima je rasplinjavanje upotrijebljeno za obradu tekućeg opasnog otpada ili za obradu visokoenergetskih materijala kao što je plastični otpad. Tijekom termičke obrade komunalnog otpada, rasplinjavanje se može primijeniti tek nakon procesa pirolize koja služi kao naknadna metoda za obradu krute faze (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).



Slika 5 Postrojenja za rasplinjavanje. Lijevo je prikazan rasplinjač s fiksnim slojem, a desno je prikazan rasplinjač s istostrujnim tokom (ANONYMOUS, 2015.).

U procesu rasplinjavanja također je prisutna i primjena modela „plazme“. Ovisno o dostupnoj tehnologiji, postoje dvije uloge plazme. Prva uloga je da se koristi samo za rasplinjavanje organske komponente, a druga uloga je ta da se koristi za pročišćavanje nastalog plina nakon spaljivanja. Primjenom plazme eliminira se nastajanje štetnih plinova dioksina i furana koji mogu nastati u procesu spaljivanja. Razlog tome je taj što je plazma proces gdje se propuštanjem električne energije kroz plin postižu temperature od 5000 °C do 15000 °C te uslijed tako visokih temperatura dolazi do razlaganja organskih i taljenja anorganskih komponenti otpada. U plinovitoj fazi dolazi do snažne razgradnje organskih molekula što gotovo u potpunosti eliminira štetne tvari što je jedna od glavnih prednosti plazma postupka. Nakon taljenja, anorganske tvari se vitrificiraju te se mogu odlagati ili koristiti kao građevni materijal (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### 3.2.4. Proces termičke/katalitičke depolimerizacije

Proces termičke depolimerizacije otpada je tehnologija kojom se zbrinjava otpad stvaranjem energije te se time dobiva tekuće gorivo (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Procesom termičke depolimerizacije cijepaju se dugi lanci organskih spojeva na kraće lance, obično između 10 – 20 atoma ugljika te su tako nastali spojevi ekvivalent spojevima koji su sastavne komponente sirove nafte. Pod djelovanjem tlaka i temperature, dugački polimerni lanci koji sadržavaju ugljik, vodik i kisik razgrađuju se na kratke takozvane petrokemijske ugljikovodike sa maksimalno 20 atoma ugljika. Kada se takva tehnologija primjeni na komunalnom otpadu koji sadrži 80 – 90% organske komponente, kao krajnji proizvod moguće je dobiti sintetičko dizel gorivo, koje je po svom sastavu gotovo identično fosilnom gorivu. Proces termičke depolimerizacije se može provoditi kao proces termičke depolimerizacije, katalitičke depolimerizacije ili kao kombinacija ta dva procesa (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Kod termičke depolimerizacije prisutna je visoka temperatura (<400 °C) da razbije duge lance ugljikovodičnih molekula u kraće kako bi se stvorilo fosilno gorivo. Nedostatak ovog procesa je taj što zahtijeva preveliku količinu uložene energije, te je zbog toga nedovoljno energetski, ekonomski i ekološki učinkovit. Termička depolimerizacija samo razbija duge lance u kraće, te se veće molekule ne mogu stvoriti. Na taj način manje molekule kao ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) i metan (CH<sub>4</sub>) ne mogu biti konvertirane u tekuće gorivo, odnosno naftu. Zbog toga proces termičke depolimerizacije zahtijeva dodatnu rafinaciju (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Katalitička depolimerizacija se odvija na relativno nižim temperaturama te na približno atmosferskom tlaku. Zbog nižih temperatura da bi se odvijalo razbijanje dugih ugljikovodičnih lanaca u kraće lance potrebna je prisutnost katalizatora koji na sebe može primiti određeni postotak kationa, prvenstveno teške metale (kadmij, živu, olovo) uz otpuštanje alkalijskih i zemnoalkalijskih metala koji tvore stabilne soli sa prisutnim anionima (kloridi, fosfati, sulfidi) (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Zahvaljujući prisutnošću katalizatora koji dozvoljava da se proces odvija ispod 400 °C, ne dolazi do nastajanja ugljičnog dioksida, furana i dioksina. Za razliku od termičke depolimerizacije, vidljivo je da je katalitička depolimerizacija dominantnija kao mogući proces obrade otpada u cilju proizvodnje tekućeg „fosilnog“ goriva s ekonomskog, energetskog, ali i ekološkog aspekta. Izlazni produkti ovog procesa su tekuća frakcija, odnosno sintetičko dizel gorivo, plinovita frakcija uključujući sintetski plin i metan te kruti ostatak (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### **3.2.5. Kombinirani postupci obrade komunalnog otpada: baliranje-spaljivanje-utiskivanje**

Osim mehaničko-biološke obrade i termičke obrade u svrhu zbrinjavanja teškog otpada, mogu se primijeniti i drugi postupci koji nisu obuhvaćeni Planom gospodarenja otpadom, ukoliko su u granicama propisanih uvjeta i posebnih propisa. Jedan takav postupak se naziva postupak baliranje-spaljivanje-utiskivanje, (BSO) koji je osmišljen kao sustav koji povezuje tri najrazvijenije tehnologije na području zbrinjavanja otpada. Ideja ovog postupka je omogućiti zbrinjavanje čvrstog otpada bez deponija uz korištenje alternativne sirovine za termičku proizvodnju energije (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

#### **3.2.5.1. Baliranje otpada**

Baliranje je izoliranje prikupljenog otpada od okoliša. To je relativno nova tehnologija zbrinjavanja čvrstog otpada kojim se privremeno rješava potreba odlaganja i omogućava transport tog otpada do lokacije na kojoj se može obraditi (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Baliranjem se smanjuje volumen otpada 2 do 3 puta te je ekonomski prihvatljivije od prijevoza otpada u rasutom stanju. Postupkom baliranja komunalnog otpada smanjuje se količina procjedne vode, te emisija štetnih plinova u okoliš. Takav usitnjeni i balirani otpad može poslužiti kao kvalitetan energent. Procesom baliranja ne mijenja se fizički ili kemijski sastav čvrstog otpada, a produkt baliranja je bala. Sam proces baliranja traje nekoliko minuta, a masa bale iznosi oko jednu do jednu i pol tonu (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Postupak baliranja provodi se na sljedeći način:

1. Nakon dostave otpad se obrađuje drobljenjem, prešanjem i baliranjem, te se u komori postepeno tlači na tri do četiri puta manji volumen i spiralno se umata u cilindričnu balu.

2. Bala se zatim omotava politenom. Politenska masa, osim što je čvrsta, također je ekološki prihvatljiva, moguće ju je reciklirati ili spaliti, pri čemu su glavni produkti CO<sub>2</sub> i voda.
3. Bala se prebacuje na postolje za zamatanje. Prebacivanje se izvodi polugama koje u postupku baliranja predstavljaju bočne strane komore.
4. Balirani otpad se zamotava rastezljivom i nepropusnom folijom čime se otpad u potpunosti izolira od okoliša. Dok se bala zamata, poluge se vraćaju u početni položaj kako bi bile spremne za formiranje nove bale.
5. Gotove bale se transportiraju u skladište sa vodonepropusnim tlom (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Uređaji za baliranje se pokazuju kao prikladna tehnologija za sanaciju deponija, pošto se mogu koristiti za saniranje čitavih deponija brzo i efikasno, koje su obično rasute po svakavim lokacijama (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### **3.2.5.2. Spaljivanje – Termoelektrane na otpad**

Kao što je već navedeno, usitnjeni i balirani otpad može poslužiti kao kvalitetan energent. Također, visoka energetska vrijednost se može postići spaljivanjem otpada u posebnim termoelektranama. Spaljivanjem 300.000 tona otpada godišnje može se proizvesti količina toplinske energije za koju je u klasičnoj termoelektrani potrebno potrošiti 50.000 tona ugljena i 10 milijuna kubika zemnog plina. Termoelektrana na otpad koja godišnje spaljuje 300.000 tona otpada daje 220.000 MWh električne energije te više od 300.000 MWh toplinske energije (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Prednost termoelektrana na otpad u odnosu na klasične termoelektrane je višestruka. Umjesto neobnovljivih izvora energije kao što su ugljen, naftni derivati ili plin, kao energent se koristi otpad, a u ukupne prihode ulaze i vrijednost proizvedene energije i vrijednost naknade za zbrinjavanje otpada. Ostaci nakon spaljivanja su pepeo i šljaka u filterskom postrojenju koje ovisno o sastavu u bali mogu sadržavati dioksine, teške metale i ostale štetne čestice, no za zbrinjavanje filterskog pepela

služi treća metoda ovog procesa, a to je utiskivanje (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

### **3.2.5.3. Utiskivanje otpada u geološke formacije**

Utiskivanje je trajno zbrinjavanje ostatka termičke obrade otpada u duboke i izolirane geološke formacije iz kojih je iscrpljena nafta. Opasni otpad se time pohranjuje u pukotine sedimentnih stijena koje se u Zemljinoj kori nalaze na dubinama od nekoliko kilometara i koje su od ostalih geoloških slojeva izolirane nepropusnim naslagama stijena (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Metoda utiskivanja se već koristi u naftnim industrijama kao reverzibilni proces kojim se otpadne tvari iz probušenog naftnog sloja vraćaju tamo odakle su s naftom i izvađene. U iscrpljena naftna ležišta na isti se način vraća i otpad iz proizvodnje naftnih derivata koji također sadrži i teške metale (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).



## 4. ODLAGALIŠTE KOMUNALNOG OTPADA

Odlagalište komunalnog otpada je građevina koja je namijenjena odlaganju otpada na površinu ili ispod površine (podzemno odlagalište), što također uključuje:

- inertno odlagalište otpada na kojem proizvođač otpada odlaže svoj otpad na samom mjestu nastanka
- stalno odlagalište otpada, ili njegov dio, koje se može koristiti za privremeno skladištenje otpada (za razdoblje dulje od jedne godine)
- iskorištene površinske kopove (eksploatacija polja) ili njihove iskorištene dijelove nastale rudarskom eksploatacijom ili istraživanjima koji su pogodni za odlaganje otpada i koji su predviđeni i mogući sukladno posebnim propisima koji reguliraju rudarstvo (ANONYMOUS, 2015).

Također, u odlagalište otpada se ne ubrajaju:

- građevine ili skladišta gdje se otpad istovaruje radi njegove pripreme za daljnji prijevoz do mjesta uporabe ili zbrinjavanja na drugim lokacijama,
- mjesto skladištenja otpada prije uporabe ili zbrinjavanja u razdoblju do tri godine ili mjesto skladištenja otpada prije zbrinjavanja u razdoblju do godine dana (ANONYMOUS, 2015.).

Podzemno odlagalište je mjesto za stalno odlaganje otpada pod zemlju u pogodnu duboku geološku šupljinu kao što su iskorišteni rudnici soli ili kalija, ili bušotine koje su nastale rudarskom eksploatacijom. Pravna ili fizička osoba koja upravlja odlagalištem i koja je odgovorna za rad odlagališta je odlagatelj (ANONYMOUS, 2015.).

Na odlagališta otpada je zabranjen prihvati:

- tekućeg otpada, osim taloga ili mulja, iz uređaja za pročišćivanje voda sa tijela odlagališta na kojem su sakupljene procjedne vode i pročišćene,
- lako zapaljivog ili zapaljivog otpada te otpada koji je u uvjetima odlagališta eksplozivan, nagrizaćući ili oksidirajući,
- bolničkog i drugog kliničkog otpada koji nastaje u medicinskim i veterinarskim ustanovama i koji ima svojstva opasnog medicinskog otpada,

- otpadnih guma,
- klasičnog otpada, životinjskih leševa i prerađevina ukoliko nisu termički obrađeni
- otpadnih industrijskih i automobilskih baterija i akumulatora,
- otpadnih motornih vozila te njihovih neobrađenih sastavnih dijelova (ANONYMOUS, 2015.).

Što se tiče podzemnih odlagališta komunalnog otpada, nije dozvoljeno, odnosno zabranjeno je odlaganje otpada gdje bi prilikom odlaganja moglo doći do različitih fizikalnih, kemijskih ili bioloških promjena (ANONYMOUS, 2015.).

#### **4.1. Kategorije odlagališta otpada**

Odlagališta otpada možemo podijeliti u tri kategorije:

- odlagalište za inertan otpad,
- odlagalište za opasni otpad,
- odlagalište za neopasni otpad (ANONYMOUS, 2015.).

Također, u kategoriji odlagališta za neopasni otpad mogu se utvrditi sljedeće podkategorije odlagališta:

- Bioreaktorsko odlagalište,
- Odlagalište za odlaganje otpada za stabiliziranu frakciju otpada nakon postupka mehaničko-biološke obrade,
- Odlagalište anorganskog neopasnog otpada s niskim sadržajem organske ili biorazgradive tvari (ANONYMOUS, 2015.)

Otpad je dozvoljeno odlagati samo na odlagališta inertnog, opasnog i neopasnog otpada uz ispunjenje pripadajućih uvjeta (ANONYMOUS, 2015.).

#### **4.2. Uvjeti i mjere vezane za planiranje, gradnju, rad te zatvaranje odlagališta komunalnog otpada i postupak nakon zatvaranja**

Postupak odlaganja otpada na odlagališta može se obavljati samo ako posjeduje dozvolu za obavljanje djelatnosti odlaganja otpada i smije odlagati isključivo vrste otpada propisane dozvolom za odlaganje. Prilikom prihvata otpada za odlaganje na odlagalište, osoba odgovorna za gospodarenje otpadom ili njegov zamjenik mora biti prisutan na odlagalištu. Također, osoba koja gospodari odlagalištem mora osigurati osobi odgovornoj za gospodarenje otpadom ili njegovom zamjeniku stručno obrazovanje te je dužan osigurati edukaciju osoblju koje je zaduženo za rad na odlagalištu putem unutarnje edukacije ili edukacija putem vanjske stručne osobe (ANONYMOUS, 2015.).

Uz zahtjev za izdavanje dozvole za obavljanje djelatnosti odlaganja otpada, potrebno je priložiti sljedeće podatke:

- ukupni kapacitet odlagališta,
- opis lokacije uz koju su uključena geološka i hidrogeološka svojstva,
- mjere sprječavanja i onečišćenja okoliša,
- plan rada odlagališta otpada, uključujući i plan gospodarenja otpada na odlagalištu,
- izvedbu monitoringa i nadzora rada odlagališta,
- plan zatvaranja odlagališta i mjere za sprječavanje štetnih utjecaja na okoliš nakon njegova zatvaranja,
- financijsko jamstvo koje osigurava podnositelj zahtjeva potrebno za osiguranje troškova poput projektiranja, izgradnje te sanacije odlagališta, operativnih troškova rada odlagališta, posebne naknade za opterećivanje okolišta otpadom i procijenjenih troškova zatvaranja odlagališta, održavanja i nadzora nakon zatvaranja na vrijeme od najmanje 30 godina,
- elaborat o procjeni rizika trajnog skladištenja otpada u podzemnom odlagalištu. (ANONYMOUS, 2015.).



Slika 6 Neuređeno odlagalište komunalnog otpada (Glas Istre, 2021.)

#### **4.2.1. Opći uvjeti za sve kategorije odlagališta otpada**

Lokacija odlagališta otpada mora biti udaljena najmanje 500 metara od naseljenog područja gdje stalno borave ljudi, osim lokacije centra za gospodarenje otpadom. Lokacija nije dozvoljena u zoni sanitarne zaštite izvorišta voda namijenjenih za ljudsku potrošnju, u utjecajnom području izvorišta voda namijenjenih za ljudsku potrošnju koje se stavljaju na tržište kao proizvod ( prirodna izvorna i mineralna voda), u području koje je pod utjecajem poplava, ako lokacija nije zaštićena odgovarajućim vodnim građevinama od štetnog djelovanja voda, u području ugroženom od klizišta, erozija i bujica ako taj utjecaj nije moguće spriječiti tehničkim mjerama te se tu ubrajaju i lokacije u blizini zone utjecaja na prirodnu ili kulturnu baštinu (ANONYMOUS, 2015.).

U svrhu zaštite vode i tla, dno odlagališta mora biti najmanje 1 metar iznad najviše moguće razine podzemne vode. Podzemni dio tla odlagališta, najmanje na području

tijela odlagališta, mora biti geološki i hidrogeološki jedinstven i takvog geološkog sastava da osigurava zaštitu tla te onečišćenje podzemne i površinske vode. Takva zaštita se obično postiže kombinacijom geološke barijere (temeljno tlo) i donjeg brtvenog sloja za vrijeme aktivnog korištenja odlagališta te kombinacijom geološke barijere i površinskog brtvenog sloja nakon prestanka rada odlagališta (ANONYMOUS, 2015.).

Prosječna vodonepropusnost tla na području temeljnog dijela i bočnih strana tijela odlagališta mora biti manja od:

- za odlagalište za opasni otpad u debljini tla najmanje od pet metara,
- za odlagalište za neopasni otpad u debljini tla od najmanje jednog metra,
- za odlagalište za inertni otpad u debljini tla od najmanje jednog metra (ANONYMOUS, 2015.).

Za tijelo odlagališta potrebno je urediti temeljno tlo i bočne strane tijela odlagališta na način da osigurava stabilnost odlagališta i izvedbu brtvenih i drenažnih slojeva. Na odlagalištu za opasni i neopasni otpad mora se osigurati odvod procijedih voda kroz drenažni sloj i njihovo sakupljanje izvan tijela odlagališta. Sakupljene procijedne vode se moraju pročistiti prije ispusta u prijemnik. Ukoliko dođe do prodora otpada u drenažni sloj, prodor se mora odmah spriječiti odgovarajućim prihvatljivim tehničkim rješenjima (ANONYMOUS, 2015.).

Površine ispunjenih dijelova tijela odlagališta za opasni i neopasni otpad treba prekrivati i osigurati potrebno površinsko brtvljenje s ugrađenim sustavom površinske odvodnje oborinske vode i sustavom otplinjavanja. Oborinske vode ne smiju doći u kontakt s ispunjenim tijelom odlagališta i moraju se sakupljati odvojeno od procijedih voda (ANONYMOUS, 2015.)

Ukoliko na odlagalištu nastaje odlagališni plin, potrebno je osigurati sustav sakupljanja odlagališnog plina koji se mora obraditi i koristiti. Ukoliko se sakupljeni odlagališni plinovi ne mogu upotrijebiti za dobivanje energije, treba ih spaliti na području odlagališta ili spriječiti njihovu emisiju u zrak upotrebom drugih postupaka koji su jednako vrijedni spaljivanju odlagališnih plinova (ANONYMOUS, 2015.).

#### 4.2.2. Osnovna opremljenost odlagališta komunalnog otpada

Na ulazu u odlagalište komunalnog otpada mora biti postavljen natpis s navedenim imenom osobe koja gospodari odlagalištem, vrste odlagališta te radnim vremenom. Odlagalište mora biti ograđeno najmanje dva metra visokom ogradom i treba se stalno nadzirati kako bi se spriječio nenadzirani unos otpada (ANONYMOUS, 2015.).

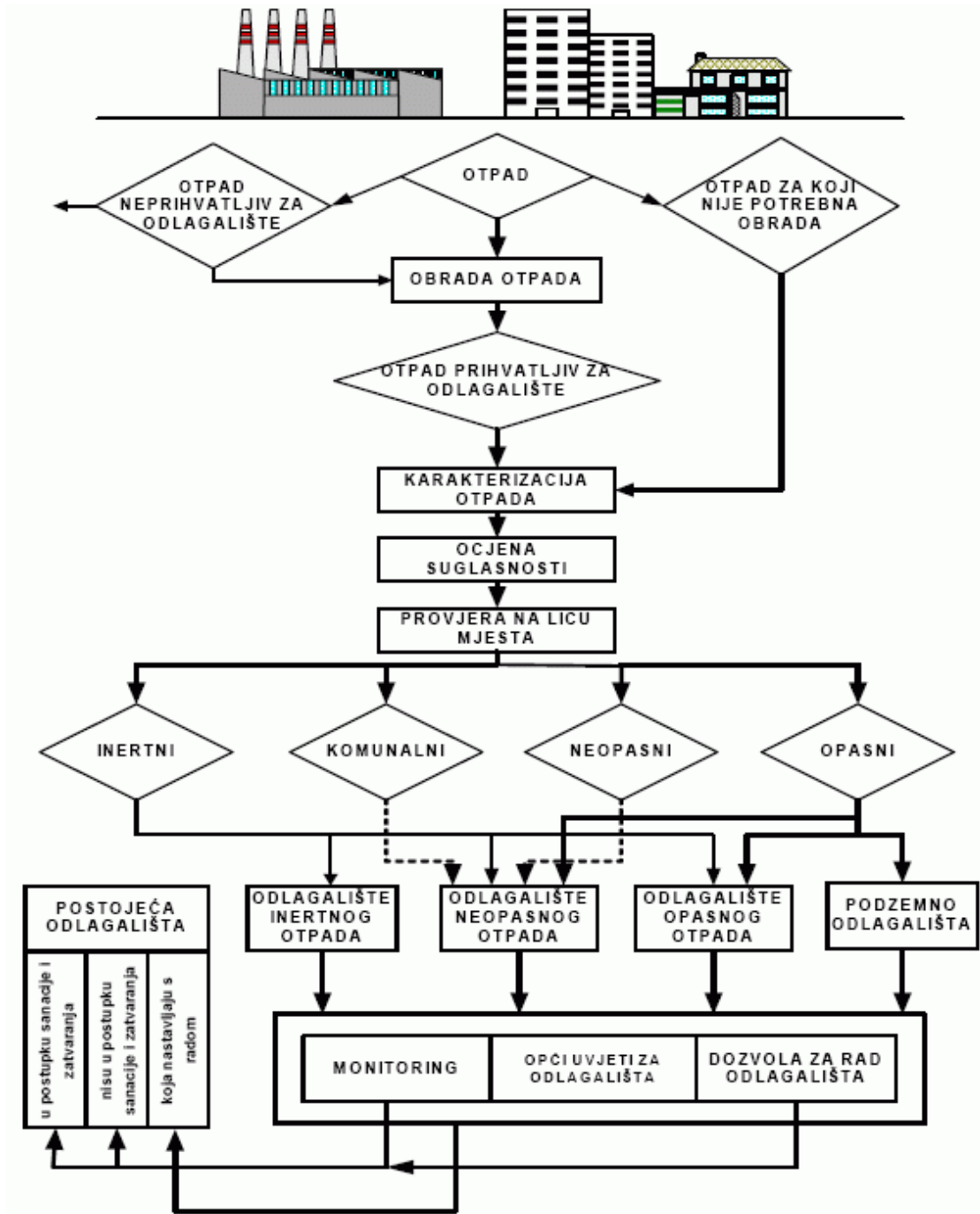
Odlagalište mora omogućiti dovoljno velike površine za izvođenje postupaka preuzimanja i provjere predanog otpada te za parkiranje i okretanje dostavnih vozila. Također, odlagalište mora biti opremljeno uređajima za sprječavanje prenošenja prašine i nečistoća sa transportnih vozila s odlagališta na kolnike javne ceste te isto tako, odlagalište mora imati pristup na javnu cestu. Uz to, mora imati uređen dovoljan skladišni prostor za privremeno skladištenje otpada prije odlaganja. Protupožarni pojas također mora biti uključen u osnovnu opremljenost odlagališta i to širine između četiri i šest metara (ANONYMOUS, 2015.).

Odlaganje otpada na odlagalište se provodi tako da se osigura stabilnost otpadne mase i popratnih struktura posebno u pogledu izbjegavanja klizišta. U slučaju postavljanja umjetnog brtvenog sloja, uzevši u obzir morfologiju odlagališta, treba ispitati da li je geološki supstrat dovoljno stabilan da spriječi slijeganje koje bi moglo izazvati štetu na umjetnom brtvenom sloju (ANONYMOUS, 2015.).



Slika 7 Uređeno odlagalište komunalnog otpada (ANONYMOUS, 2015.)

#### 4.2.3. Prihvat otpada na odlagališta te procesi koji se odvijaju na odlagalištu otpada



Slika 8 Shema prijvata otpada na odlagalištu (ANONYMOUS, 2007.)

Na slici broj 8 je prikazana shema prijvata otpada na odlagalištu. Na samom ulazu otpad se razdvaja s obzirom na to udovoljava li kriterijima za odlaganje, drugim



riječima, je li taj otpad prihvatljiv za odlaganje bez obrade ili nakon odgovarajuće obrade. Otpad se provjerava u tri koraka, a to su:

1. Karakterizacija otpada,
2. Ocjena sukladnosti
3. Provjera na licu mjesta (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Nakon provjere, s obzirom na svojstva otpad se odlaže na odgovarajuću kategoriju odlagališta. Inertni i opasni otpad se posebno odlažu, a komunalni i neopasni otpad idu zajedno na odlagalište neopasnog otpada. Svako odlagalište mora zadovoljavati općim uvjetima za odlagališta i imati odgovarajuću dozvolu za rad (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Na odlagalištu otpada se odvijaju razni mikrobiološki, kemijski i fizički procesi. U tijelu odlagališta dolazi do razgradnje mješovitog komunalnog otpada bogatog biorazgradivim tvarima. Razgradnja otpada na odlagalištu se može podijeliti u četiri faze:

1. Aerobna faza traje od istovara otpada dok se sav kisik unutar otpada ne potroši. Može trajati nekoliko dana, do nekoliko mjeseci, ovisno o uvjetima vlage i temperature. Kada razina kisika padne, na kraju ove faze se stvaraju anaerobni uvjeti.
2. U kiseloj fazi prevladavaju anaerobni uvjeti iz prethodne faze. U prvom stupnju hidralizirajući fermentativni mikroorganizmi proizvode enzime koji razgrađuju kompleksne organske spojeve kao što su celuloza i škrob u jednostavnije produkte (masne kiseline i alkohole). Tijekom drugog stupnja acetogene bakterije razgrađuju ove spojeve u jednostavnije organske kiseline kao što je octena kiselina. Pri tome dolazi do pada pH i otapanja prisutnih teških metala, raste koncentracija ugljičnog dioksida i proizvodi se mala količina vodika. Ova faza može trajati od nekoliko tjedana, do nekoliko mjeseci, pa i godina, također ovisno o uvjetima.
3. Inicijalna metanogena faza obuhvaća aktivnost druge grupe mikroorganizama koji razgrađuju organske kiseline pri čemu nastaju metan i ugljični dioksid. U ovoj fazi pH vrijednosti se počinju vraćati prema neutralnom području, a sama faza može potrajati mjesecima.



4. U stabilnoj metanogenoj fazi preostali vodik se troši za redukciju metana, ugljičnog dioksida i vode. Vremensko trajanje ove faze se proteže na nekoliko mjeseci do nekoliko godina nakon deponiranja otpada, a može potrajati i nekoliko desetljeća (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Odlagališta otpada s prikupljanjem deponijskog plina su tipično projektirana za period od 10 do 15 godina. Volumenski dio metana u deponijskom plinu se kreće od 35% do 60%, a ostatak je uglavnom ugljični dioksid (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

Iscrpljivanjem kapaciteta supstrata, odnosno otpada, dolazi do smanjenja mikrobiološke aktivnosti. Sve razgradive tvari su oksidirane i plin unutar odlagališta poprima karakteristike plina u zemlji (LONČARIĆ-BOŽIĆ i KUŠIĆ, 2012.).

## 5. ZAKLJUČAK

Općenito, smanjivanje količine otpada u prirodi i na odlagalištima može se postići objašnjenim metodama obrade komunalnog otpada.

Postupak spaljivanja otpada je široko primijenjen, no kao problem u tom postupku je prikazana emisija štetnih plinova. Gledajući primjer rada spalionice Spittelau u Beču, znatno se može smanjiti problematika štetnih plinova, a količina proizvedenog pepela može se iskoristiti u građevinarstvu, pošto pepeo može poslužiti kao sirovina za proizvodnju građevinskog materijala.

Energetska uporaba kao proces pirolize se temelji na razgradnji različitih biorazgradivih materijala, dok je proces rasplinjavanja relativno nov, no postoji proces plazma rasplinjavanja kojim se rasplinjavaju organske komponente i koji može poslužiti za pročišćavanje nastalog plina nakon procesa spaljivanja.

Veoma učinkovit postupak obrade komunalnog otpada je prikazan kao kombinirani postupak gdje se prvo volumen otpada smanjuje postupkom baliranja, zatim se spaljuje pri čemu se stvara toplinska energija, a produkt koji nastane nakon spaljivanja se procesom utiskivanja pohrani u pukotine stijena u velikim dubinama.

Također velika količina otpada je odložena i na odlagališta. Problematika toga je što svako odlagalište ima određen kapacitet otpada koji može primiti i kada je taj kapacitet postignut, odlagalište se zatvara. Potencijalno rješenje ovog problema je u gore navedenim metodama obrade otpada, kako bi količina otpada koja se odloži na odlagališta bila u što manjem broju i s vremenom bi se riješila problematika prekomjerne količine otpada.

## LITERATURA

1. ANONYMOUS (2015.): Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagalište otpada, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_10\\_114\\_2184.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_10_114_2184.html) (20.4.2021.)
2. ANONYMOUS (2016.): <https://hr.wikipedia.org/wiki/Rasplinjavanje> (7.4.2021.)
3. ANONYMOUS (2017.): <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/46/struja-i-toplina-za-desetke-tisuca-beckih-kucanstava> (2.4.2021.)
4. ANONYMOUS (2019.): Zakon o održivom gospodarenju otpadom („Narodne novine“, broj 94/13, 73/17, 14/19, 98/19), <https://www.zakon.hr/z/657/Zakon-o-odr%C5%BEivom-gospodarenju-otpadom> (10.3.2021.)
5. LONČARIĆ-BOŽIĆ, A., H. KUŠIĆ (2012.): „Upravljanje otpadom“, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, [https://loomen.carnet.hr/pluginfile.php/267481/mod\\_resource/content/2/Upravljanje\\_otpadom\\_skripta\\_2012.pdf](https://loomen.carnet.hr/pluginfile.php/267481/mod_resource/content/2/Upravljanje_otpadom_skripta_2012.pdf) str. 5-7, 78, 86-94, 100-102 (5.7. 2021.)
6. MILANOVIĆ, Z. (2020.): <https://www.tehnoeko.com/hr/4400/Spaljivanje-tabu-tema-pred-kojom-neki-u-RH-stavljaju-glavu-u-pijesak?cctest&> (2.4.2021.)
7. SKOKO D., M. MULABDIĆ, D. FUNDURULJA (2010.): „Osvrt na koncepte MBO i biološkog reaktora za odlagalište otpada“, [http://gospodarenje-otpadom.yolasite.com/resources/DANIJELA\\_SKOKO.pdf](http://gospodarenje-otpadom.yolasite.com/resources/DANIJELA_SKOKO.pdf) str. 1-4 (16.3.2021.)