

# Zbrinjavanje i reciklaža plastike

---

**Turk, Dragan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:460570>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository -  
Polytechnic of Međimurje Undergraduate and  
Graduate Theses Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

DRAGAN TURK

**ZBRINJAVANJE I RECIKLAŽA PLASTIKE**

ZAVRŠNI RAD

Čakovec, rujan 2023.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

DRAGAN TURK

**ZBRINJAVANJE I RECIKLAŽA PLASTIKE**

**DISPOSAL AND RECYCLING OF PLASTIC WASTE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor

Goran Sabol, mag. ing. geoling., v. pred.

Čakovec, rujan 2023.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Čakovec, 13. listopada 2022.

država: Republika Hrvatska  
Predmet: Održivo gospodarstvo otpadom-izvanredni

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 2022-OR-I-I

Pristupnik: Dragan Turk (0313014109)  
Studij: izvanredni preddiplomski stručni studij Održivi razvoj  
Smjer: Ekoinženjerstvo

Zadatak: Zbrinjavanje i reciklaža plastike

Opis zadatka:

Rad će obuhvatiti načine kako se plastika zbrinjava, reciklira i prerađuje te koje su prednosti i nedostaci iste. Također će se istaknuti primjeri dobre prakse te izvršiti analiza količina plastičnog otpada u Republici Hrvatskoj prema službeno dostupnim podacima. Praktični dio će obuhvaćati obradu i analizu podataka prema službenim izvješćima Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja za najmanje 3 godine unatrag te će se dati konačna procjena o prikupljenim količinama i načinu zbrinjavanja ove vrste otpada.

Zadatak uručen pristupniku: 13. listopada 2022.

Rok za predaju rada: 20. rujna 2023.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

---

Goran Sabol mag. ing. geoing. v. pred.

## ZAHVALA

Poštovanom mentoru želim zahvaliti na razumijevanju, usmjeravanju i strpljenju prilikom pisanja diplomskog rada, čime mi je omogućio kvalitetno obraditi i prezentirati temu.

Dragan Turk

## SAŽETAK

Suvremeni način života te ubrzani tempo rada uzrokuju pojavu sve veće količine plastičnog otpada. Plastične mase ljudi počinju otkrivati krajem 19. i početkom 20. stoljeća, a intenzivnije se koriste u drugoj polovini 20. stoljeća. Otpadna plastika utječe na svaku bitnu sferu čovjekova života. U širokim masama prevladava mišljenje o štetnosti plastičnih masa i plastičnih proizvoda, međutim uz pravilnu upotrebu smanjuju potrošnju energije. Većina ljudi doživljava plastične proizvode kao otpad. Ruralne i urbane sredine nemaju uređen sustav kojim bi utjecale na odvojeno prikupljanje otpada, pa uz neznanje i neodgovorno ponašanje te nedovoljnu kontrolu većina plastičnih proizvoda završi u okolišu. Plastika se odbacuje u okoliš i u more, odnosno vode, neadekvatno sakuplja i zbrinjava kroz komunalne tvrtke. Gomilanje otpada na odlagalištima i ograničeni kapacitet odlagališta predstavlja sve veći problem. Plastika se u prirodi razgrađuje izuzetno sporo, pa je o njejoj upotrebi i sanaciji važno voditi brigu prilikom razvoja i same proizvodnje. U tom pravcu razvijaju se mnoge metode oporabe plastičnog materijala s ciljem da se on ponovno iskoristi. Reciklaža i energetska oporaba moguća su rješenja ovog problema. Postupkom recikliranja koji ovisi o razvoju ekološke svijesti stanovništva, sakupljeni otpad odlazi u pogone za preradu i koristi se kao sirovina u daljnjem postupku proizvodnje. Recikliranje prikupljene otpadne plastike garantira najveće pozitivne učinke za okoliš i naročito za zdravlje ljudi. Otpadna plastika je ljudski proizvod koji se može dobro materijalno upotrijebiti, ali uz uvjet da je odvojeno sakupljena ili sortirana prema vrstama plastike. Energetska oporaba podrazumijeva iskorištavanje nastale topline, pod uvjetom da je sakupljen otpad goriv. Reciklažom otpada smanjuje se potreba za odlagalištima i gomilanjem otpada, umanjuje se potreba za novim sirovinama te se smanjuje onečišćenost životnog prostora.

U ovom završnom radu ističe se važnost zbrinjavanja i prerade plastike. Predstaviti će se načini kako se plastika može zbrinjavati, reciklirati i preraditi, koje su prednosti i nedostaci, te izdvojiti posebne kategorije otpada. Istaknut će se primjeri dobre prakse jer recikliranje otpada postaje sastavni dio našeg života.

U radu se želi prikazati analiza koja obuhvaća plastični otpad u Republici Hrvatskoj. Pomoću dostupnih podataka analizira se vrsta i količina sakupljenog plastičnog otpada, način upotrebe, zbrinjavanja i recikliranja u Republici Hrvatskoj.

Danas je izuzetno važno uskladiti i koristiti sve dostupne modele zbrinjavanja plastičnog otpada kako bi se očuvalo i zaštitilo prirodu i zdravlje ljudi te potaknulo održiv gospodarski

razvoj. Čovjek sam odlučuje o plastici i njoj upotrebi i na taj način može pridonijeti rješavanju problema ili ga još dodatno naglasiti.

**Ključne riječi:** *gospodarenje plastikom, zbrinjavanje i prerada plastike, materijalna i energetska uporaba*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	8
<b>2. OTPAD I PODJELA OTPADA</b> .....	9
2.1. Principi gospodarenja otpadom .....	11
<b>3. PLASTIČNI OTPAD</b> .....	12
3.1. Povijest plastike .....	13
3.2. Problematika gospodarenja otpadom .....	13
3.3. Postupci obrade otpada .....	14
3.3.1. Mehaničko recikliranje polimera .....	16
3.3.2. Kemijsko recikliranje polimera .....	17
3.3.3. Energijska uporaba .....	19
<b>4. POSTUPCI RECIKLIRANJA I ZBRINJAVANJA PLASTIKE</b> .....	20
4.1. Zbrinjavanje ambalažnog otpada .....	20
4.2. Odvojeno sakupljanje otpada .....	22
4.3. Odlagališta otpada .....	24
4.4. Sustav zbrinjavanja plastičnog otpada u RH .....	26
<b>5. ZBRINJAVANJE PLASTIČNOG OTPADA U RH</b> .....	28
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	32
<b>7. POPIS TABLICA</b> .....	33
<b>8. POPIS SLIKA</b> .....	34
<b>9. POPIS LITERATURE</b> .....	35



## 1. UVOD

Razvojem društva, od agrarnog, industrijskog do potrošačkog, započeo je i intenzivan razvoj znanosti i tehnologije. Broj stanovnika neprestano raste, a prirodnih izvora je premalo i ne mogu se obnovljati brzinom koja je potrebna čovjeku. U želji da zadovolji sve svoje potrebe, čovjek koristi dostignuća suvremene tehnologije i postaje proizvođač otpada. U trenutku kada čovječanstvo počinje ozbiljnije shvaćati problem otpada i njegovog nakupljanja, postaje jasno da treba proizvoditi što manje otpada, ponovno ga upotrebljavati – reciklirati, pronaći nove metode uporabe ili zbrinuti otpad na adekvatan način prihvatljiv okolišu.

Intenzivnom urbanizacijom raste količina otpada, gubi se sustav organiziranog prikupljanja i otpad se počinje odlagati na različita nepredviđena mjesta. Ta mjesta karakteriziramo kao divlja odlagališta koja se nalaze najčešće u blizini samih naselja. Ona postaju izvor zaraznih bolesti što može potencijalno uzrokovati epidemiju. Proizvodi od plastike sastavni su dio našeg života. Razlozi za primjenu plastike su niska cijena prerade, mala masa, izdržljivost proizvoda i moderni dizajn.

Razgradnja različitih proizvoda od plastike traje od 100 do 1000 godina [1] pa sukladno tome nije poželjno njeno odlaganje u prirodu i okoliš. Plastikom je moguće otopiti i preoblikovati, ili pak nasjeckati i preoblikovati u poliestar za odjeću. Zbog toga se plastični otpad treba odvojeno prikupljati kako bi se omogućilo njegovo recikliranje.

Plastika se sakuplja odvojeno od ostalog otpada. Primjerice, u Republici Hrvatskoj plastika se sakuplja u žutim spremnicima, u koje se može odložiti: polietilenska vrećica, folija, boce od ulja, destilirane vode, kozmetike, ambalaža od prehrambenih proizvoda, posude od mliječnih proizvoda, plastični pribor za jelo, tanjuri, čaše. U njih se ne smije odlagati plastična ambalaža od motornih ulja i zaštitnih sredstava [2].

## 2. OTPAD I PODJELA OTPADA

Otpad je svaka tvar ili predmet koji se odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Ima dva temeljna svojstva: jedno svojstvo se odnosi na štetan utjecaj na okoliš i ljude, a drugo na mjesto nastajanja otpada i oblike u kojima se pojavljuje [3].

Tablica 1. Popis kategorija otpada [4]

	Vrsta otpada prema kategorijama
1	Otpad koji nastaje pri istraživanju, eksploatiranju i fizikalno-kemijskoj obradi mineralnih sirovina
2	Otpad od poljoprivrede, hortikulture, proizvodnje vodenih kultura, šumarstva, lovstva i ribarstva, pripremanja i prerade hrane
3	Otpad od prerade drveta i proizvodnje drvenih panela i namještaja, celuloze, papira i kartona
4	Otpad iz kožarske, krznarske i tekstilne industrije
5	Otpad od rafiniranja nafte, pročišćivanja prirodnog plina i pirolitičke obrade ugljena
6	Otpad iz anorganskih kemijskih procesa
7	Otpad iz organskih kemijskih procesa
8	Otpad od proizvodnje, formulacije, dobave i uporabe (PFDU) prevlaka (boje, lakovi i staklasti emajli), ljepila, sredstva za brtvljenje i tiskarska tinta
9	Otpad iz fotografske industrije
10	Otpad iz tehničkih procesa
11	Otpad od kemijske površinske obrade i prevlačenja metala i drugih materijala; otpad od hidrometalurgije obojenih metala
12	Otpad od mehaničkog oblikovanja te fizičke i mehaničke površinske obrade metala i plastike
13	Otpadna ulja i otpad od tekućih gnojiva
14	Otpad od organskih otapala, rashladnih i potisnih tvari
15	Otpadna ambalaža, apsorbeni, tkanine za brisanje, filtarski materijali i zaštitna odjeća koja nije specijalizirana na drugi način
16	Otpad koji nije drugdje specificiran u katalogu
17	Građevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući i iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija)

18	Otpad koji nastaje kod zaštite zdravlja ljudi i životinja i/ili srodnih istraživanja
19	Otpad iz građevina za gospodarenje otpadom, uređaja za pročišćavanje otpadnih voda izvan mjesta nastanka i pripremu pitke vode i vode za industrijsku uporabu
20	Komunalni otpad (otpad iz kućanstva i slični otpad iz ustanova i trgovinskih i proizvodnih djelatnosti) uključujući odvojeno sakupljanje sastojka komunalnog otpada

Prema svojstvima otpad se dijeli na:

- a) Opasni otpad – otpad koji sadrži jedno ili više svojstava: eksplozivnost, reaktivnost, zapaljivost, nagrizanje, nadražljivost, karcinogenost...
- b) Neopasni otpad – otpad koji nema neko od svojstava koje otpad čini opasnim.
- c) Inertni otpad – otpad koji nije topljiv, zapaljiv, biorazgradiv te ne reagira na bilo koji način, fizikalno ili kemijski. Ne utječe na zdravlje biljaka, životinja i ljudi te na kakvoću površinskih i podzemnih voda [4].

Prema mjestu nastanka otpad se dijeli:

- a) Komunalni otpad – otpad iz kućanstva, proizvodne i uslužne djelatnosti, otpad svrstan u grupu 20 i 15 u Katalogu otpada [5], Tablica 1.
- b) Proizvodni otpad – otpad koji nastaje tijekom proizvodnje u industriji, obrtu. Otpad svrstan u grupe od 1 do 19 u Katalogu otpada [5], Tablica 1.

Posebne kategorije otpada:

- a) ambalažni otpad
- b) otpadna vozila
- c) otpadne baterije / akumulatori
- d) elektronički otpad
- e) otpadna ulja – maziva
- f) otpadna ulja – jestiva
- g) otpadne gume [4].

Proizvođači proizvoda od kojih nastaju posebne kategorije otpada snose troškove utjecaja na okoliš po načelu „onečišćivač plaća“.



Slika 1. Opasni otpad – podjela [6]

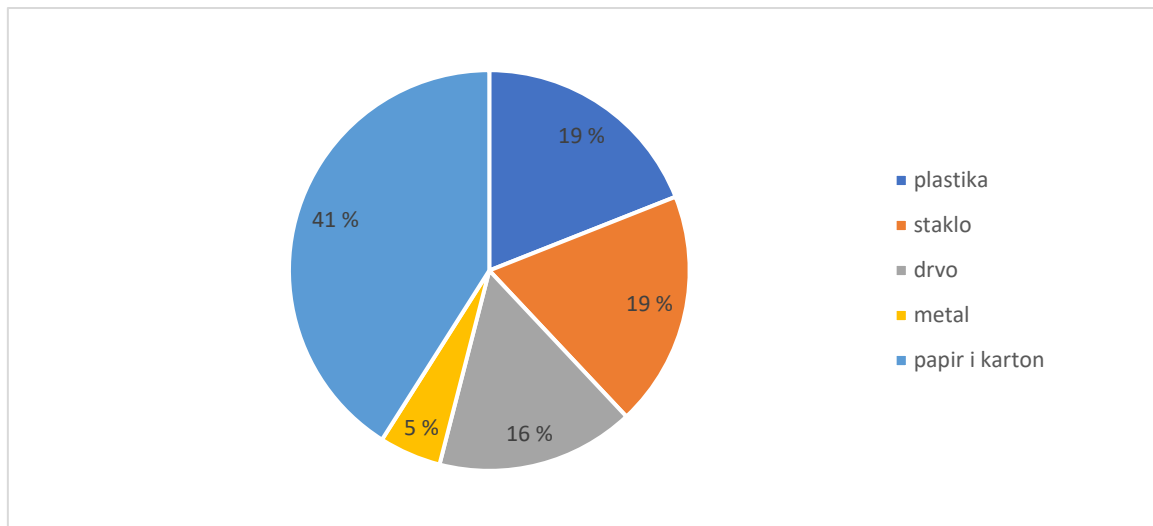
## 2.1. Principi gospodarenja otpadom

Zakonom o održivom gospodarenju otpadom utvrđuju se mjere za sprječavanje ili smanjenje štetnog djelovanja otpada na ljusko zdravlje i okoliš [7]. Cjeloviti sustav gospodarenja otpadom podrazumijeva primjenu raznih načina postupanja s otpadom s ciljem što sigurnijeg i djelotvornijeg načina upravljanja komunalnim otpadom. Tim postupcima trebalo bi se maksimalno smanjiti rizike od onečišćenja vode, zraka, tla i mora.

Načela gospodarenja otpadom:

- a) Načelo „onečišćivač plaća“ – ako otpad prouzroči ili bi mogao prouzročiti štetu, sve troškove sanacije snosi proizvođač proizvoda.
- b) Načelo „blizine“ – kod obrade otpada treba poštovati „načelo blizine“, što znači obradu u najbližoj instituciji vodeći se ekološkim načelima.
- c) Načelo „samodostatnosti“ – u skladu s geografskim osobinama prostora, gospodarenje otpadom provodit će država i graditi odgovarajuće građevine.
- d) Načelo „sljedivosti“ – razvrstavanje otpada s obzirom na proizvod i ambalažu [4].

Cilj je izbjegnuti i smanjiti količine otpada te smanjiti njegovo opasno djelovanje. Ako se količine otpada ne mogu smanjiti, on se može reciklirati i/ili oporabiti. Otpad koji se ne može iskoristiti, trajno se odlaže poštujući ekološka načela.



Slika 2. Europski otpad 2016. godine [8]

### 3. PLASTIČNI OTPAD

Plastika je skupina materijala na osnovi organskih polimera koji se mogu lijevati ili oblikovati, obično pri povišenim temperaturama i tlakovima [9]. Zbog svoje plastičnosti, sposobnosti da se nepovratno deformira bez loma i niske cijene, čini se prikladnom za izradu različitih proizvoda. U modernom društvu plastika je nezamjenjiv materijal jer poboljšava kvalitetu ljudskog života. Produljuje trajnost hrane, omogućuje siguran prijenos, a uz sve to uz minimalnu potrošnju fosilnih izvora energije i minimalne emisije ugljičnog dioksida.

Podjela plastičnog otpada:

- a) odjeća – uz prirodna, sadrži i sintetska vlakna (najlon, plastika...)
- b) obuća – izrađena od neke vrste polimera (koža, najlon, plastika)
- c) sportska oprema – teniska loptica, košarkaške lopte, vanjski sloj loptice za golf, teniski reket...
- d) digitalna elektronika – izolatori...
- e) ambalaža za hranu i posude u kućanstvu
- f) medicinska oprema – kontaktne leće, umjetni zubi i kukovi, kapsule lijekova, okviri naočala, kateteri
- g) kozmetika – dlake na četkici za zube, bočice...
- h) građevni materijal – najlon, tepisi, folije, linoleum, stiropor
- i) bazeni i oprema za vodu – stranice bazena, podloge, površinski dijelovi saune
- j) dijelovi automobilske opreme, raketa i aviona.

### 3.1. Povijest plastike

Prve plastične mase dobivale su se iz bjelančevina (jaja, krv). Oko 1600. g. pr. K. srednjoamerički Indijanci izrađivali su različite predmete od kaučuka [10]. Noviteti industrijske revolucije podrazumijevaju i plastične mase, dobivene kemijskim putem iz prirodnih sirovina – npr. vulkanizacija kaučuka sumporom i proizvodnja gume. Nakon 1. svj. rata u industrijsku se proizvodnju uvode novi sintetski polimeri i prva poliamidna vlakna – najlon. Intenzivnu proizvodnju plastičnih masa bilježimo za vrijeme 2. svj. rata i neposredno nakon njega. Godine 1941. izumljen je PET kao sirovina za izradu poliesterskih filmova te za puhanje boca [11]. Svjetska proizvodnja plastičnih masa 1950. godine iznosila je 1,5 milijuna tona, a 2015. godine narasla je na 322 milijuna tona [9].

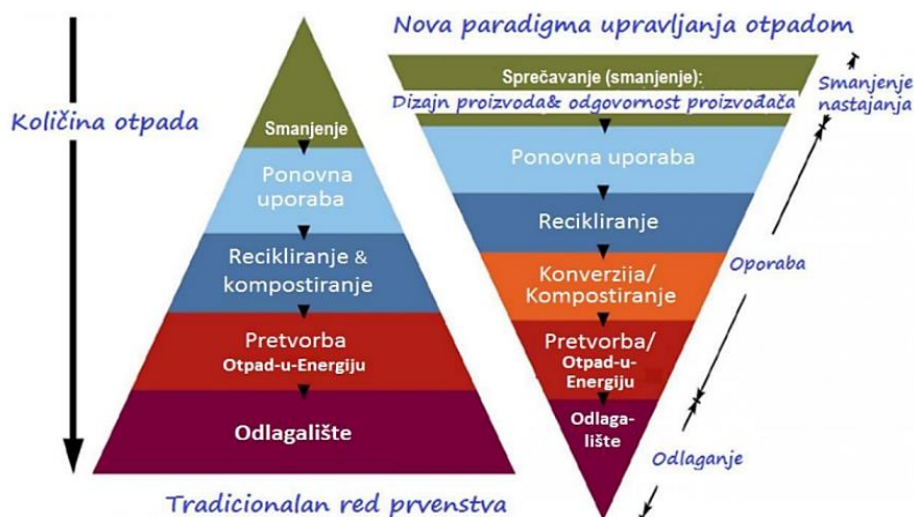
### 3.2. Problematika gospodarenja otpadom

Zakonom o održivom gospodarenju otpadom utvrđuju se mjere kojima se nastoji spriječiti ili smanjiti štetno djelovanje otpada na ljudsko zdravlje i okoliš [7]. Cilj je maksimalno smanjiti rizik od onečišćenja vode, zraka, tla i mora.

Želimo li pravilno postupati s otpadom, moramo početi smanjivati ili u potpunosti izbjegavati nastanak otpada, odnosno ponovno ga koristiti, tj. reciklirati i oporabiti.

Pravilno sustavno i cjelovito gospodarenje otpadom podrazumijeva primjenu koncepta „4R + 3E“ mjera:

1. *reduce* (smanjenje količine otpada na izvoru)
2. *reuse* (ponovna uporaba predmeta bez prethodne obrade)
3. *recycle* (prerada otpada, materijalno i energijsko iskorištavanje otpada)
4. *recover* (obnavljanje, ponovna upotreba za istu namjenu, ali uz obradu)
1. *educate* (educirati građane o odgovornom postupanju s otpadom)
2. *economise* (smanjiti troškove gospodarenja otpadom, uključiti načelo „onečišćivač plaća“)
3. *enforce* (primijeniti koncepte učinkovitog postupanja s otpadom) [4].



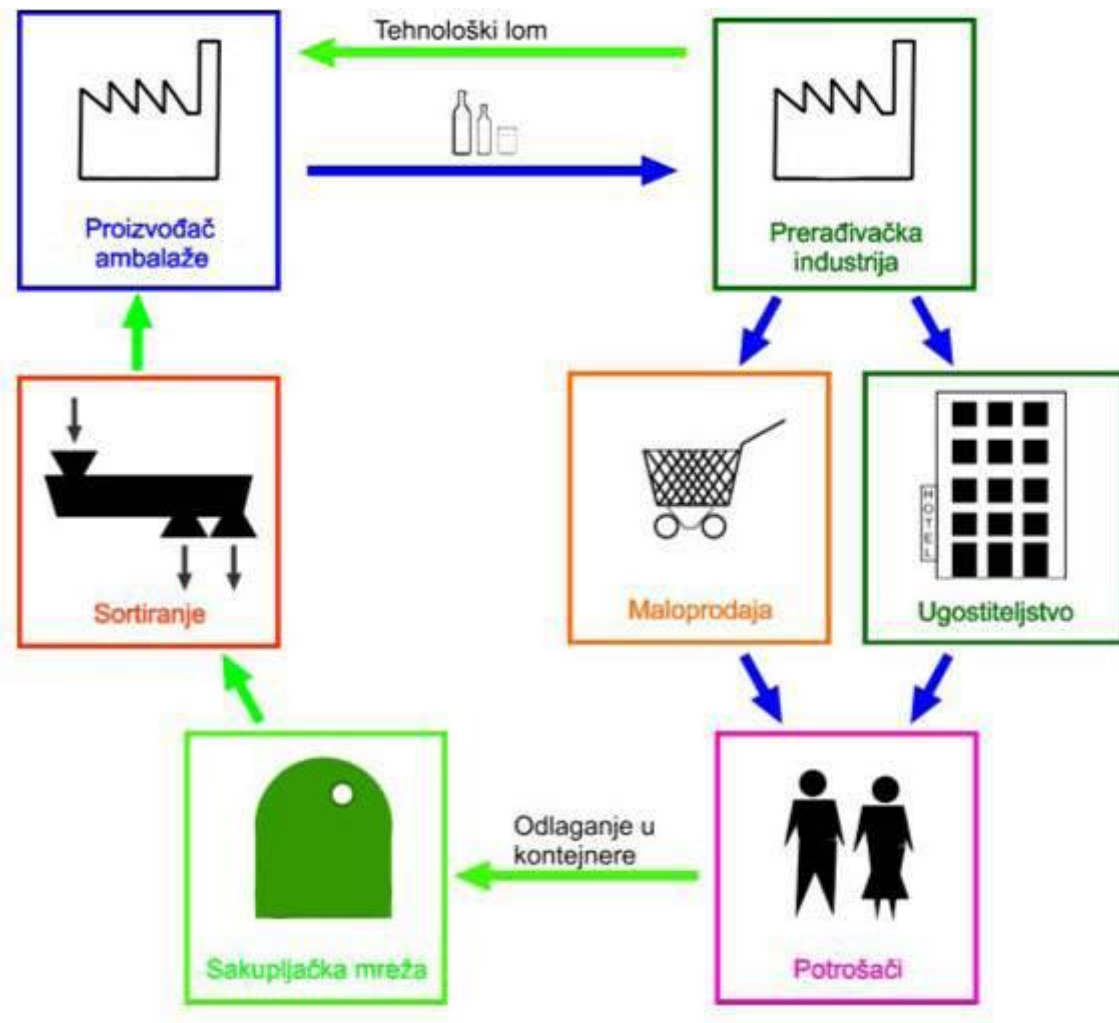
Slika 3. Nova paradigma gospodarenja otpadom [4]

Red prvenstva jedna je od osnovnih paradigmi u sustavu gospodarenja otpadom koji se treba poštovati. Red prvenstva primjenjuje se s ciljem da se spriječi nastanak otpada, primijene propisi i odredi politika gospodarenja otpadom. Prevencija započinje samom kupnjom proizvoda – ne kupujemo proizvode koji su napravljeni ili upakirani u nereciklirajuće materijale. Svaki se otpad može iskoristiti ako ga ne pomiješamo, pri čemu nastaje smeće. Zato je izuzetno važna edukacija ljudi i odvojeno prikupljanje iskoristivih otpadnih tvari kao što su papir, plastika, staklo, metal, biootpad. Odvojeno odlaganje otpada postiže se korištenjem posebnih spremnika – točno određena vrsta, boja i veličina spremnika. Recikliranje je postupak sakupljanja odbačenih proizvoda, a imaju mogućnost da se ponovno upotrijebe ili pretvore u neki drugi proizvod. Zbrinjavanje otpada podrazumijeva pravilno odlaganje otpada na uređena i zakonom predviđena mjesta s ciljem da se ne šteti okolišu i zdravlju.

### 3.3. Postupci obrade otpada

Oporaba je način korištenja otpadnog materijala [4]. S ciljem da se količina otpada na odlagalištu mora smanjiti, nude se brojni postupci kao rješenje:

- primarno recikliranje otpada poznatog porijekla
- mehaničko recikliranje – odvajanje i razvrstavanje polimera
- kemijsko recikliranje – vrši se depolimerizacija na monomere ili druge vrijedne sirovine
- energijska oporaba – smanjenje organskog materijala spaljivanjem.



Slika 4. Životni vijek polimernog otpada [12]

Kod mehaničkog recikliranja treba biti veća količina istovrsnog materijala. Od otpadne plastike i gume dobiva se granulat ili prah koji se dalje koristi u proizvodnji. Kod mehaničkog recikliranja koriste se gume osobnih automobila ili radnih strojeva, koje su oštećene ili stare. Kod kemijskog recikliranja iskorištavaju se svojstva plastike i gume, a novi proizvod ima izmijenjenu funkciju i strukturu. Za kemijsku uporabu pogodni su svi polimeri: duromeri, elastomeri, elastoplastomeri i plastomeri. Ako se nastoji potpuno zbrinuti otpad, koristi se energijska uporaba. Primjenjuje se za otpad koji se ne može reciklirati, ali daje toplinsku i električnu energiju. Pozitivni učinci energijske uporabe otpada:

- nema štetnog utjecaja kod odlaganja otpada
- prema direktivama EU-a otpad se više ne smije neobrađen odlagati na odlagališta
- iskorištava se kemijska energija u otpadu (goriva tvar)
- primjenjuje se kada su troškovi recikliranja previsoki [13].

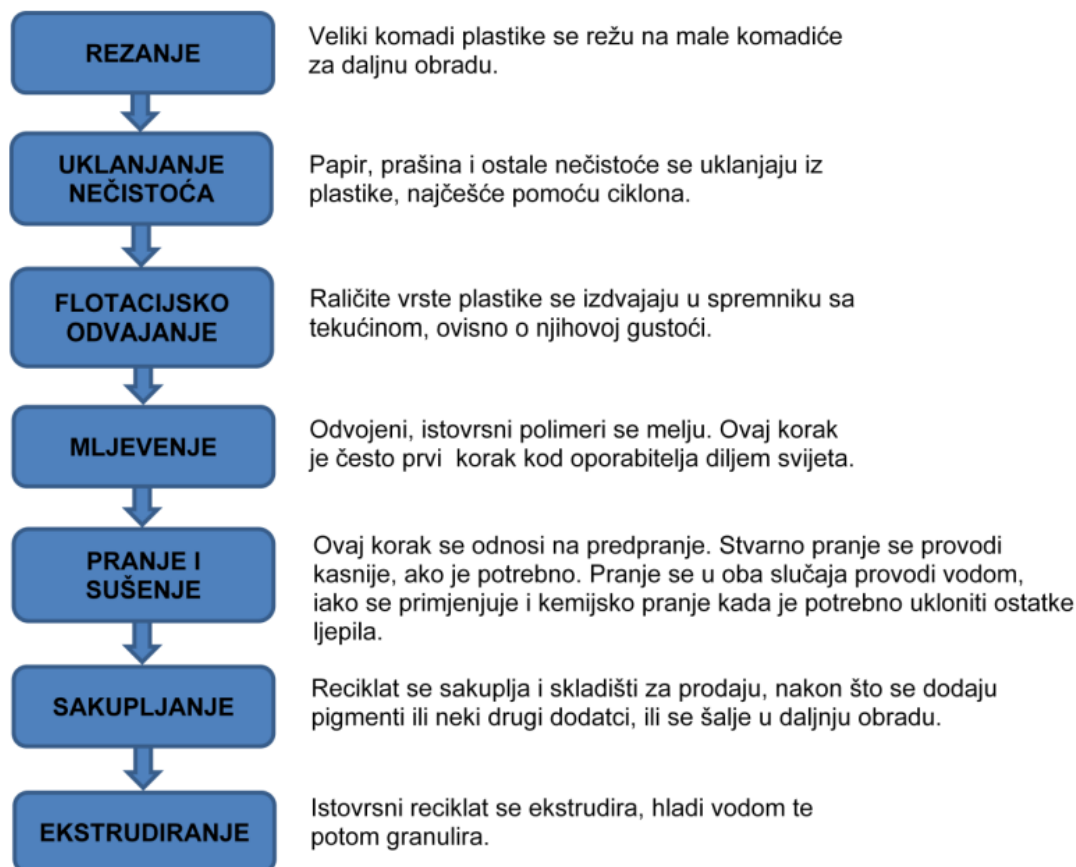


### 3.3.1. Mehaničko recikliranje polimera

Mehaničko ili sekundarno recikliranje postupak je uporabe čvrstog plastičnog otpada kako bi se ponovno upotrijebio u pogonima za proizvodnju plastike. Postupak je predstavljen 1970-ih godina, a može se primijeniti za istovrsne polimere (PE, PP, PS), a za onečišćeni otpad zahtijeva dodatne pripreme – razvrstavanje i pranje otpada. U tom slučaju proizvodi se kvalitetan, čist i homogen reciklat. Glavni problem mehaničkog recikliranja su oštećenost i raznovrsnost plastičnog otpada. Svakodnevni proizvodi – cijevi, vrećice za namirnice... – građeni su od reciklata proizvedenog na taj način. Kod industrijskog otpada sirovina je odlična za mehaničko recikliranje. Ona je onečišćena, najčešće istovrsna i ima je u ogromnim količinama, Mehaničko recikliranje je skup i energijski osjetljiv proces, pa se nastoji što više pojednostavniti, u smislu preskakanja nekih koraka ako je to moguće. Plastika, papir, guma... (organski materijali) ne mogu se beskonačno upotrebljavati jer gube neka svojstva. Granica upotrebe je kod nekih postavljena na 10 ponovnih prerada. Za uspješnu uporabu, osim materijala, energije i troškova, treba voditi računa i o primjeni i tržištu za reciklat. Gumeni se materijali mehanički oporabljaju postupkom kidanja veza – *masticiranja*<sup>1</sup>, a koriste se u proizvodnji asfaltnih smjesa.

---

<sup>1</sup> *Masticiranje – proces nepovratnog snižavanja molekularne mase kaučuka djelovanjem mehaničke energije i kisika.*



Slika 5. Shema mehaničkog recikliranja plastičnog otpada [12]

### 3.3.2. Kemijsko recikliranje polimera

Kemijsko ili tercijsno recikliranje je postupak koji pretvara polimerne materijale u manje molekule, kapljevine ili plinove koji se koriste za proizvodnju novih petrokemijskih proizvoda i polimera. Pojam „kemijsko“ primjenjuje se zbog promjena do kojih dolazi u kemijskoj strukturi polimera. Proizvodi kemijskog recikliranja mogu se koristiti kao gorivo uz primjenu procesa *depolimerizacije*<sup>2</sup> koji se odlikuje visokom profitabilnošću, osiguravajući pri tome visoku proizvodnost uz minimalni otpad [14].

Postoji mnogo tehnologija u kojima se koristi plastični otpad, ali je većina njih izuzetno skupa i traži istovrsni otpad u velikim količinama.

<sup>2</sup> Depolimerizacija – proces razdvajanja polimera na sastavne monomere ili na polimere niže relativne mol. mase.

Tehnologije kemijskog recikliranja su:

- Proliza – postupak toplinske razgradnje plastičnog otpada, uz povišenu temperaturu do 800 °C bez prisustva zraka.



Slika 6. Otpadni plastični stroj za pirolizu [15]

- Rasplinjavanje – proces razgradnje plastičnog otpada, pri visokim temperaturama, djelomičnom oksidacijom u sintetski plin koji se koristi kao sirovina ili gorivo u kemijskoj industriji za proizvodnju kemikalija (metanol, amonijak, octena kiselina...).
- Spaljivanje plazmom – proces razgradnje molekularne strukture bilo kojeg materijala koji u svom sastavu ima ugljik koji se pretvara u sintezni plin.
- Hidroliza – kemijska reakcija organskih tvari s vodom pri čemu se formiraju dvije nove tvari; dvije molekule se spajaju u jednu veću i izbacuju molekulu vode.
- Hidriranje – postupak u kojem se pri visokom tlaku i temperaturi između 450 i 500 °C uz prisustvo vodika ugljikovodici pretvaraju u plin, ulje i koks. Tim postupkom se proizvode benzin, dizelsko ulje i drugi petrokemijski spojevi.
- Recikliranje otapanjem.

Najčešći postupak je piroliza, rasplinjavanje te spaljivanje plazmom. Prikladni su za velike količine mješovitog otpada, a jeftiniji kod izgradnje postrojenja. Prednost kemijskog recikliranja je mogućnost obrade različitog i onečišćenog plastičnog otpada koji je teško razvrstati.

### 3.3.3. Energijska uporaba

Energijske uporabe temelje se na iskorištavanju topline koju sadrže polimeri (gorivi materijali) Neiskoristiv otpad se spaljuje, a time se smanjuje obujam otpada na odlagalištu.

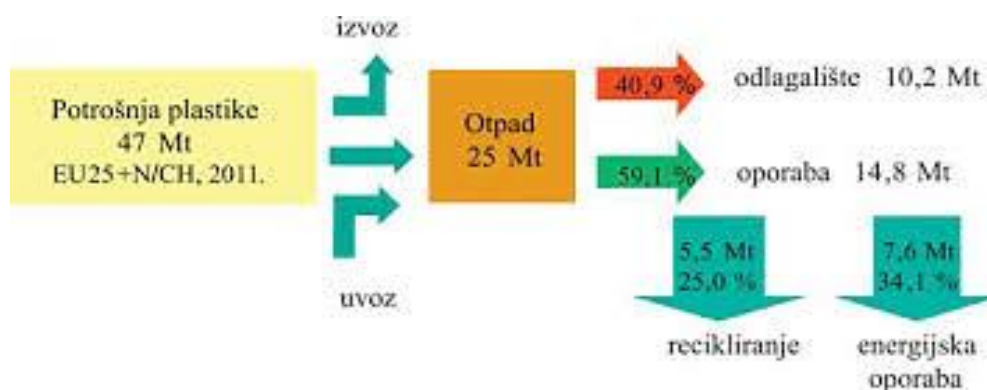
Provodi se pomoću čistog kisika, a osnovna je prednost da zahtijeva manje uređaje za pročišćivanje dimnih plinova koji se zbog visoke temperature (1600 °C) sastoje od 48 % ugljičnog dioksida i 1,5 % ugljičnog monoksida.

Postupci energijske uporabe:

- spaljivanje plastičnog otpada
- uporaba plastičnoga i gumenog otpada u cementnim pećima
- energijska obrada plastičnog otpada zajedno s muljem [4].

Spalionicama je prvenstveni cilj smanjenje obujma otpada, a energane na principu izgaranja iskorištavaju nastalu toplinu za proizvodnju električne energije.

Europska unija je 2000. godine izdala *Direktivu o spaljivanju* [16] koja traži niže koncentracije emisija iz energana na otpad (10 puta niže) u odnosu na veliku termoelektiranu na ugljen. Stare spalionice imale su loš ugled u društvu zbog ispuštanja određenih toksina, najviše dioksina i furana. [4]



Slika 7. Upotreba plastičnog otpada u EU 2011. godine [17]

---

## 4. POSTUPCI RECIKLIRANJA I ZBRINJAVANJA PLASTIKE

Priprema plastičnog otpada za zbrinjavanje i recikliranje sastoji se od dvije faze:

- a) Obrada polimernog otpada koja obuhvaća:
  - prikupljanje, razdvajanje, pranje i usitnjavanje pri čemu nastaje oporavljen materijal / sekundarna sirovina
- b) Recikliranje (produkata i energije) koje obuhvaća:
  - mehaničko, kemijsko recikliranje, energijski oporavak spaljivanjem i biorazgradnju.

Recikliranje polimernih materijala je različito, ovisno o svojstvima:

- materijalno – iskorištavanje materijala/tvari
- biološko – uključivanje u kružni tok u prirodi / biorazgradnja
- energetska – iskorištavanjem energije [4].

### 4.1. Zbrinjavanje ambalažnog otpada

Prikupljanje plastične ambalaže predstavlja dobro organiziran sustav koji se provodi kroz prikupljanje u spremnicima, na organiziranim otkupnim mjestima i reciklažnim dvorištima. Zbog različitih vrsta plastičnih materijala koji se koriste, razdvajanje otpadnih plastičnih materijala predstavlja osnovni uvjet za kvalitetno recikliranje. Cijena recikliranja ovisi o tržišnoj cijeni sekundarne sirovine i reciklata te o kvaliteti razdvajanja. Ako je moguće, najbolje je prikupljati otpad na samom mjestu nastanka, čime postizemo najjednostavnije i najkvalitetnije prikupljanje.

Preduvjet za uspješno recikliranje je odvojeno sakupljanje ambalaže i to kroz adekvatno označavanje ambalaže i edukaciju potrošača.

Sustav sakupljanja plastične ambalaže posebno je organiziran jer obuhvaća oko 40 % u ukupnom udjelu komunalnog otpada [18]. Sukladno tome u zemljama EU-a i razvijenim zemljama svijeta primjenjuju se različiti sustavi sakupljanja ambalažnog otpada, a najčešći su:

- sustav sakupljanja po kućanstvima – od članova kućanstva zahtijeva se da prepoznaju i odvoje otpad koji se može reciklirati
- sustav kontejnera na lokacijama – ambalažni otpad iz kućanstva odnosi se na određena mjesta gdje su smješteni kontejneri



Slika 8. Sustav kontejnera za prikupljanje otpada [19]

- sustav pologa (depozita) – za povrat ambalaže dobiva se novčana naknada. [18]

Da bi se olakšalo razdvajanje plastičnog otpada, dogovoreno je označavanje pojedinih vrsta plastike prema Normi ISO 14000 koja propisuje sljedeće označavanje:

Tablica 2. Označavanje plastika prema normi ISO 14000 [20]

Brojčana oznaka	01	02	03	04	05	06	07
Oznaka vrste plastičnog materijala	PET	PE-HD	PVC	PE-LD	PP	PS	O*

\*ostali višeslojni materijali (laminirani)



Slika 9. Ekološke oznake na ambalaži [18]

## 4.2. Odvojeno sakupljanje otpada

Prikupljeni otpad treba razdvojiti – moguće na dva načina, ručno i automatizirano.

- Ručno razdvajanje je na temelju vizualnih svojstava – prema boji i prozirnosti proizvoda. Niska je čistoća razdvojenog otpada i mali kapacitet razdvajanja (tek 60 – 80 kg boca/h). Zahtijeva puno ljudskog rada pa je i skupo.



Slika 10. Ručno razdvajanje otpada [21]

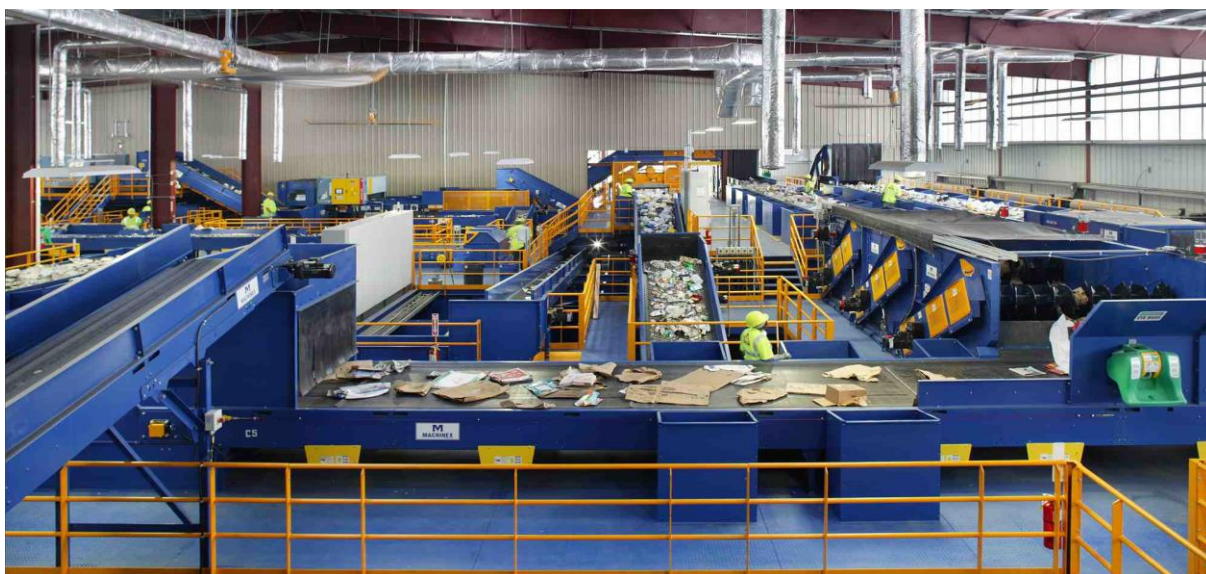
- Automatizirano razdvajanje radi na principu identifikacije otpadnih plastičnih materijala pomoću različitih vrsta senzora. Baziraju se na različitim svojstvima: kemijskim, optičkim, električnim ili fizikalnim svojstvima različitih otpadnih materijala. Rezultat je velika čistoća razdvojenog otpada, veliki kapacitet razdvajanja i niža cijena postupka.

Procesi razdvajanja su:

1. Metode flotacijskog taloženja – bazira se na izboru fluida koji je posrednik između materijala koji se namjerava odvojiti. To može biti voda, metanol, otopine soli (NaCl, ZnCl<sub>2</sub>). Prednost ove metode je niska cijena postupka, jednostavno razdvajanje u koje je uključeno i pranje otpada. Voda se mora nakon postupka pročistiti jer je onečišćena. Ova metoda razdvajanja je vrlo spora, teško se kontrolira postupak, a dobiveni polimeri su relativno niske čistoće. [18]
2. Suho odvajanje – podrazumijeva grubo odvajanje na transportnoj traci otpuhivanjem zrakom. Pogodno za razdvajanje otpada koji se sastoji od više



- komponentata (npr. plastika – metal). Na materijalu ostaju onečišćenja od upotrebe, a širi se i neugodan miris od ostataka koji su zalijepljeni na plastiku. [18]
3. Ciklonsko razdvajanje – principom centrifugalnog ubrzanja razdvajaju se smjese polimera i kontaminirane čestice. Ovim postupkom dobiva se otpad visoke čistoće. [22]
  4. Hidrociklonsko – centrifugalno razdvajanje – mogu se razdvajati čvrste čestice, mjehurići plina ili druge tekućine koje se ne miješaju. Odvija se uz prisutnost tekućine. [22]
  5. Razdvajanje spektroskopskim metodama – pogodan za razdvajanje miješanog plastičnog otpada. Razlikuje otpad prema vrsti polimera. Izdvaja do 4000 kg/h otpada visoke čistoće. [22]
  6. The Plastic sorting module for the New Millenium – iz jednog ulaza heterogene plastike izlaze tri razdvojene linije plastike: prozirna, neprozirna razvrstana po boji i materijalu istovremeno. Kapacitet rada je 4 – 6 tona/h. [22]



Slika 11. Automatizirano razdvajanje otpada [23]



### 4.3. Odlagališta otpada

Odlaganje otpada podrazumijeva trajno odlaganje otpada na predviđeno i uređeno mjesto – odlagalište. Tu se odlaže otpad koji nije moguće oporabiti, pa se otpadni materijal nastoji trajno zadržati na tom prostoru.

Odlagališta prema uređenju:

- legalna odlagališta za trajno odlaganje otpada
- građevine koje služe kao odlagalište otpada, ali su u postupku legalizacije
- veći prostori koji nisu uređeni, a koriste se za odlaganje otpada na službenoj razini
- manji neuređeni prostori za odlaganje otpada koji su dogovoreni
- „divlja“ odlagališta koja su stvorili ljudi, neuređeni prostori koji nisu predviđeni za odlaganje otpada. Predstavljaju veliku opasnost zbog mogućnosti zagađenja vode, tla, zraka i mogu biti izvor požara [12].



Slika 12. Odlagalište plastičnog otpada [24]

Odlagalište otpada dijeli se na:

- odlagalište inertnog otpada
- odlagalište neopasnog otpada
- odlagalište opasnog otpada.

Tablica 3. Prosječni sastav komunalnog otpada koji se odlaže na odlagalištima neopasnog otpada [25]

<b>Vrste otpada</b>	<b>Postotak udjela</b>
Biootpad	37 %
Papir	19 %
Razni sitni otpad, problematične tvari	14 %
Stakleni otpad	8 %
Plastični otpad (sintetičke tvari, polimeri)	8 %
Karton	7 %
Tkanine i pelene	5 %
Metalni otpad	2 %

Rizici odlaganja otpada su izuzetno veliki, a razlikujemo:

- globalne rizike (gubitak sirovine, emisija stakleničkih plinova)
- lokalni rizici (buka, prašina, insekti, glodavci, neugodni mirisi...).

Ako postoji nekontrolirano odlaganje otpada, prostor je potencijalno ugrožen i može izbiti ekološka katastrofa.

Najčešće posljedice su:

- onečišćenje površinskih i podzemnih voda
- onečišćenje tla
- onečišćenje zraka uslijed požara
- raznošenje materijala vjetrom
- neugodni mirisi
- buka.

Kod odabira lokacije za odlagalište otpada važno je sagledati nekoliko čimbenika: odlagalište mora biti prometno dostupno, dovoljno udaljeno od grada, odgovarajuće veličine – u skladu s količinom otpada koja se namjerava dovoziti. Ako je moguće, poželjna je izgradnja prostora za preradu otpada.

#### **4.4. Sustav zbrinjavanja plastičnog otpada u RH**

Zbrinjavanje plastičnog otpada provodi se s ciljem smanjenja:

- količine otpada koji se mora odložiti
- smanjenja upotrebe prirodnih resursa
- zaštite okoliša
- pokretanja novih gospodarskih aktivnosti.

Zbrinjavanje plastičnog otpada u RH je nedovoljno razvijeno. Potrebno je osigurati dovoljnu količinu odvojeno sakupljenog otpada i izgraditi postrojenja koja će taj otpad preraditi. Najteže je građane motivirati na odvojeno sakupljanje plastičnih proizvoda. Trenutno, najveća motivacija je materijalna dobit – novac.

U Hrvatskoj se od 1. siječnja 2006. godine primjenjuje sustav pologa, kao način za razvrstavanje i prikupljanje PET ambalaže, a nastao je na temelju:

- Zakona o otpadu (NN broj 178/04) koji nalaže odvojeno sakupljanje i skladištenje otpada čija se vrijedna svojstva mogu iskoristiti
- Pravilnika o ambalaži i ambalažnom otpadu (NN broj 97/05 i 115/05) koji uređuje način postupanja s ambalažom i ambalažnim otpadom.

Sustav pologa podrazumijeva da se potrošaču za proizvod u PET ambalaži, uz redovnu cijenu proizvoda, obračuna i polog koji se nakon povratka prazne PET boce vraća kupcu.

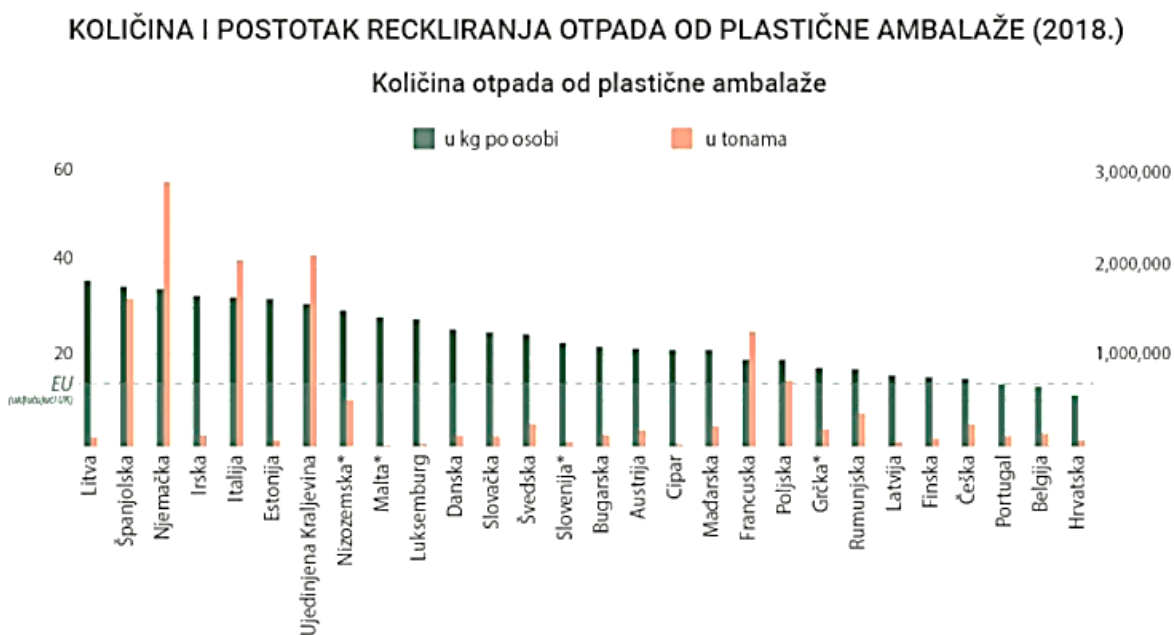
Prednost ovog postupka je visoki postotak povratka PET ambalaže i vrlo nizak postotak nečistoća.

Planom gospodarenja otpadom RH za 2017. – 2022. (NN, broj 3/2017) utvrđeni su ciljevi gospodarenja otpadom, jednaki ciljevima EU-a:

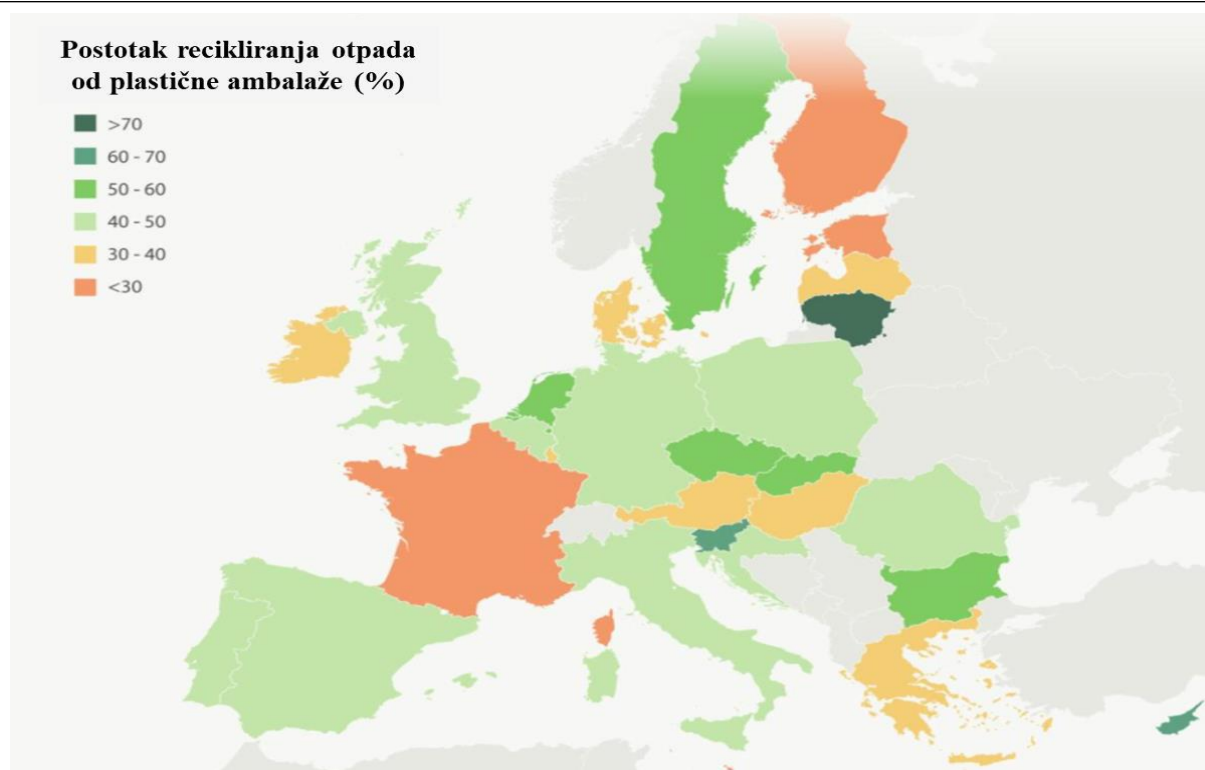
- 60 % stakla
- 60 % papira i kartona

- 50 % metala
- 22,5 % plastike
- 15 % drvo.

Uspoređujući stopu odlaganja otpada u RH u odnosu na ostale zemlje EU-a, Hrvatska ima vrlo visoku stopu – 2013. godine 85 % otpada završilo je na odlagalištima, a stopa recikliranja iznosila je samo 16 %, dok prosječna stopa recikliranja u zemljama EU-a iznosi 44 %.



Slika 13. Količina i postotak recikliranja otpada od plastične ambalaže 2018. godine u državama EU-a [26]



Slika 14. Postotak reciklirane plastične ambalaže u zemljama EU-a [26]

## 5. ZBRINJAVANJE PLASTIČNOG OTPADA U RH

Zbrinjavanje plastičnog otpada u Republici Hrvatskoj je izuzetno teško organizirati i provoditi, a jedan od glavnih problema je sakupiti dovoljnu količinu odvojeno sakupljenog otpada te izgraditi postrojenja koja će taj otpad preraditi. Stanovništvo Hrvatske, bez obzira na razvijenu „ekološku svijest“ i informiranost, vrlo je teško potaknuti na odvojeno prikupljanje plastičnih proizvoda. Zbog lošije financijske situacije izdvajaju se pojedinci koji sakupljaju plastični otpad zbog novčane naknade koju ostvaruju.

Naknada se ostvaruje sustavom pologa pri čemu potrošač za proizvod u PET ambalaži, uz redovnu cijenu proizvoda, plati i polog koji se nakon povratka prazne PET ambalaže vraća kupcu / donositelju ambalaže. Uvjet za povrat pologa je plastična boca koja sadrži natpis „povratna ambalaža“ s utisnutom oznakom za recikliranje. Prema medijskom izvješću, sakupljanje PET ambalaže je uspješan proces, koji na žalost često dopunjuje budžet siromašnom stanovništvu.

U RH se često ističe da je najveći problem kod odvojenog sakupljanja otpada motivacija građana, ali postoji i potreba za edukacijom građana [14]. Edukacija i osiguravanje spremnika

za odvojeno sakupljanje otpada glavna je zadaća za uspješno proveden plan. Primjer uspješne provedbe sustava odvojenog otpada su gradovi Čakovec i Prelog.

Cilj uspješne provedbe sustava odvojenog otpada podrazumijeva:

- izbjegavanje nastanka otpada
- iskorištavanje prikupljenog otpada (recikliranje, uporaba...)
- odlaganje otpada na uređena i kontrolirana odlagališta.

Kako bi se ostvario što bolji rezultat, potrebna je edukacija stanovništva, od najranije životne dobi: radionice u vrtićima i školama, edukativni letci, edukativni sadržaji u javnim sredstvima informiranja...



Slika 15. Letak s uputama kako postupati s otpadom [2]

Sustav sakupljanja PET ambalaže više-manje se uspješno provodi na području cijele Hrvatske (motivirano novčanom dobiti), međutim problem se javlja kad se govori o ostalim plastičnim materijalima, kao što su PE – LD vrećice, PP boce, proizvodi od PE – HD-a. Da bi se odvojeno sakupljanje ostalog otpada provelo po čitavoj Hrvatskoj, potrebno je izgraditi centar za gospodarenje ambalažnim otpadom, osigurati dovoljan broj spremnika u koje će građani odlagati plastični otpad, osigurati redovan prijevoz sakupljenog plastičnog otpada – od 2010. godine koncesiju je imalo poduzeće Eko Velebit u Gračacu – pod stečajem, a u Osijeku djeluje poduzeće Kairos koje također ima koncesiju. [14] Jedan od najvažnijih poticaja bio bi



prilagoditi cjenik usluga odvoza otpada, odnosno smanjiti cijenu usluge onim kućanstvima koja sudjeluju u odvojenom sakupljanju plastičnog otpada.

Podaci Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja o odvojenom prikupljenom otpadu u 2021. godini ističu da je u Hrvatskoj nastalo 1.766.560 tona komunalnog otpada, a to iznosi oko 454 kg po stanovniku (prema dosadašnjim usporedbama to je najveća vrijednost u posljednjih 25 godina). Samo četiri grada u Hrvatskoj zadovoljavaju EU normu od 50 % odvojeno prikupljenog otpada. To su Prelog, Koprivnica, Osijek i Mali Lošinj. Prelog bilježi najbolje rezultate – u 2021. godini ostvarili su stopu od 67,4 % odvojeno prikupljenog otpada, Koprivnica 55,4 %, Osijek 51,9 % i Mali Lošinj na 50,3 %. Uz njih su još uvijek Čakovec s 49,7 % odvojeno prikupljenog otpada, Ludbreg s 46,5 %, Križevci s 46,3 %, Buzet s 44,9 % i Varaždin s 44,8 % [27].

Tablica 4. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja – odvojeno prikupljen otpad u 2021. godini [27]

Redni broj	Grad	Županija	Broj stanovnika 2021	Kategorija	Odvojeno sakupljen komunalni otpad u 2021 (tona)	Ukupno komunalni otpad u 2021 (tona)	Stopa odvojenog sakupljanja komunalnog otpada jedinice lokalne samouprave u 2021 (%)
1	Prelog	Međimurska županija	7.041	Mali grad	1.831	2.715	67,4%
2	Koprivnica	Koprivničko-križevačka župa	28.666	Veliki grad	5.234	9.476	55,4%
3	Osijek	Osječko-baranjska županija	96.848	Veliki grad	15.189	29.255	51,9%
4	Mali Lošinj	Primorsko-goranska županija	7.565	Mali grad	4.316	8.581	50,3%
5	Čakovec	Međimurska županija	27.266	Veliki grad	4.948	9.983	49,7%
6	Ludbreg	Varaždinska županija	8.519	Mali grad	842	1.813	46,5%
7	Križevci	Koprivničko-križevačka župa	19.052	Srednji grad	2.471	5.341	46,3%
8	Krk	Primorsko-goranska županija	6.846	Mali grad	1.485	3.734	45,1%
9	Buzet	Istarska županija	5.997	Mali grad	614	1.415	44,9%
10	Varaždin	Varaždinska županija	43.999	Veliki grad	5.552	12.385	44,8%

Svi ostvareni rezultati postignuti su stalnim ulaganjem u sustav gospodarenja otpadom. Sustav obuhvaća stalne edukacije korisnika, nabavu spremnika, izgradnju, opremanje i modernizaciju reciklažnog dvorišta, kompostane... Izuzetno je važan proces kojim se otpad sakuplja na kućnom pragu korisnika te se samostalno obrađuje u svojim pogonima sortirnicama, pogonima za glomazni otpad, centrima za ponovnu uporabu... Svaki uspješan sustav gospodarenja počiva na tri stupa (korisnici, jedinice lokalne samouprave, komunalno poduzeće...).

Osijek je prvi veliki grad u Hrvatskoj s postotkom odvojenog prikupljanja otpada višim od 50 % [26]. Zgradama u kolektivnom stanovanju dodijeljen je ekološki certifikat koji omogućava da svaka zgrada odvojeno sakuplja otpad – šest skupina otpada. Otpad se odvozi jednom tjedno

specijaliziranim dvokomornim vozilima koja istovremeno odvojeno sakupljaju dvije vrste otpada. Sakupljanje šest vrsta otpada (papir, plastika, staklo, metal, biootpad i miješani komunalni otpad) sustavom od vrata do vrata predstavlja najviši standard u odvojenom sakupljanju otpada [27]. U zgradama sa 100 i više stanova proveden je projekt „Reciklirajte u papučama“, u kojim je stanarima na svakom katu omogućeno odlaganje papira i plastike, a u zajedničkim prostorijama za odlaganje otpada uspostavljeno je mini reciklažno dvorište gdje mogu odložiti metal, staklo, tekstil, baterije, lijekove i biootpad [27].

GRAD/OPĆINA	ŽUPANIJA	STOPA (%)
<b>Belice</b>	Međimurska	<b>80,9</b>
<b>Martijanec</b>	Varaždinska	<b>61,6</b>
<b>Koprivnica</b>	Koprivničko-križevačka	<b>55,4</b>
<b>Radoboj</b>	Krapinsko-zagorska	<b>55,1</b>
<b>Osijek</b>	Osječko-baranjska	<b>51,9</b>
<b>Cerovlje</b>	Istarska	<b>49,4</b>
<b>Pokupsko</b>	Zagrebačka	<b>47,5</b>
<b>Lopar</b>	Primorsko-goranska	<b>46,1</b>
<b>Supetar</b>	Splitsko-dalmatinska	<b>44,3</b>
<b>Orebić</b>	Dubrovačko-neretvanska	<b>41,8</b>
<b>Vir</b>	Zadarska	<b>39,6</b>
<b>Slavonski Brod</b>	Slavonsko-brodsko	<b>36,7</b>
<b>Velika Ludina</b>	Sisačko-moslavačka	<b>35,9</b>
<b>Virovitica</b>	Virovitičko-podravska	<b>34,0</b>
<b>Grad Zagreb</b>		<b>31,4</b>
<b>Novalja</b>	Ličko-senjska	<b>29,7</b>
<b>Duga Resa</b>	Karlovačka	<b>29,1</b>
<b>Pirovac</b>	Šibensko-kninska	<b>27,2</b>
<b>Daruvar</b>	Bjelovarsko-bilogorska	<b>27,0</b>
<b>Tordinci</b>	Vukovarsko-srijemska	<b>24,3</b>
<b>Jakšić</b>	Požeško-slavonska	<b>20,3</b>

IZVOR: MINISTARSTVO GOSPODARSTVA I ODRŽIVOG RAZVOJA

Slika 16. Županijski rekorderi po stopama odvajanja otpada [27]



---

## 6. ZAKLJUČAK

Otpadna plastika predstavlja najveći problem suvremenog čovjeka. Stalnim odbacivanjem i zanemarivanjem problema plastika je stvorila ozbiljnu prijetnju za ljude i okoliš. Činjenica je da je to isplativ, pogodan materijal za upotrebu koji izaziva ekološke probleme te utječe na uništavanje staništa mnogih živih vrsta.

Pitanje koje se nameće je koliko je čovjek spreman prihvatiti odredbe sustavnog gospodarenja plastikom. Je li pojedinac dovoljan u provođenju mjera sustavnog prikupljanja otpada? Provođenje sustava gospodarenja zahtijeva međusobnu suradnju i transparentnost svih sudionika (korisnika, jedinica lokalne samouprave, komunalnih poduzeća, županijskih organizacija...). Važno stajalište je da razmišljanje o mogućim problemima otpadne plastike i njihovo rješavanje pokušamo riješiti prije nego počinjemo upotrebljavati plastiku.

Oporabna plastika je ljudska tvorevina koja se može dobro materijalno oporabiti, ali uz uvjet da je odvojeno prikupljena ili sortirana po vrstama plastike. Plan RH za razdoblje od 2017. do 2022. godine obavezuje općine i gradove na odvojeno prikupljanje otpadne plastike. U područjima gdje se taj proces ne provodi gomila se miješana otpadna plastika na kojoj često dođe do požara. Takav požar predstavlja najveću opasnost za stanovništvo i okoliš. U mnogim se europskim zemljama otpadna plastika energijski oporabljuje, ali isključivo u specijalnim postrojenjima.

U sljedećih 20 godina očekuje se udvostručenje proizvodnje plastike. Međutim, sustavno raste i svijest pojedinaca da otpadna plastika sve više ugrožava okoliš i zdravlje. U EU nedostaje kapaciteta za recikliranje otpadne plastike, a neki kapaciteti nisu u potpunosti iskorišteni. Potražnja za recikliranom plastikom raste, iako su stope energijske oporabe i odlaganja vrlo visoke. Procjenjuje se da je potencijalna godišnja ušteda energije koja bi se ostvarila recikliranjem sve otpadne plastike jednaka uštedi od 3,5 milijardi barela nafte godišnje.

Ulaskom u EU, Hrvatska je prihvatila obaveze i smjernice kojima je cilj povećati udio oporabljenih otpadnih materijala te smanjiti odlaganje. Realno je očekivati da će se ostvariti uspješna suradnja svih sudionika koji su značajni za zbrinjavanje otpada, a najveći rezultati ostvarit će se u trenutku kada ljudi shvate da otpad nije smeće, već izvor materijala i energije koji pridonosi održivom gospodarskom razvoju.

---

## 7. POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis kategorija otpada .....	9
Tablica 2. Označavanje plastika prema normi ISO 14000.....	21
Tablica 3. Prosječni sastav komunalnog otpada koji se odlaže na odlagalištima neopasnog otpada .....	25
Tablica 4. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja – odvojeno prikupljen otpad u 2021. godini .....	31

## 8. POPIS SLIKA

Slika 1. Opasni otpad – podjela.....	11
Slika 2. Europski otpad 2016. godine .....	12
Slika 3. Nova paradigma gospodarenja otpadom .....	14
Slika 4. Životni vijek polimernog otpada .....	15
Slika 5. Shema mehaničkog recikliranja plastičnog otpada .....	17
Slika 6. Otpadni plastični stroj za pirolizu.....	18
Slika 7. Upotreba plastičnog otpada u EU u 2011. godini.....	19
Slika 8. Sustav kontejnera za prikupljanje otpada .....	21
Slika 9. Ekološke oznake na ambalaži .....	21
Slika 10. Ručno razdvajanje otpada.....	22
Slika 11. Automatizirano razdvajanje otpada.....	23
Slika 12. Odlagalište plastičnog otpada.....	24
Slika 13. Količina i postotak recikliranja otpada od plastične ambalaže 2018. godine u državama EU-a.....	27
Slika 14. Postotak reciklirane plastične ambalaže u zemljama EU-a.....	28
Slika 15. Letak s uputama kako postupati s otpadom .....	29
Slika 16. Županijski rekorderi po stopama odvajanja otpada .....	32

---

## 9. POPIS LITERATURE

[1] S. Dey, G.T.N. Veerendra, P.S.S.A. Babu, A.V.P. Manoj, K. Nagarjuna, Degradation of Plastics Waste and Its Effects on Biological Ecosystems: A Scientific Analysis and Comprehensive Review, *Biomed. Mater. Devices*. (2023). <https://doi.org/10.1007/s44174-023-00085-w>.

[2] Čakom, Upute za postupanje s otpadom [Online], (2023).

<https://www.cakom.hr/wp-content/uploads/2017/02/postupanje-s-otpadom.pdf> (30. 7. 2023.).

[3] Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost, Gospodarenje otpadom [Online], (2023). <https://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje-otpadom/1345> (30. 7. 2023.).

[4] D. Kiš, S. Kalambura, *Gospodarenje otpadom I, Grafika, Osijek*, 2018.

[5] Pravilnik o katalogu otpada (NN 90/2015), (2015).

[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_08\\_90\\_1757.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_90_1757.html) (30. 7. 2023.).

[6] Reciklažno dvorište virovitica, Otpad od A do Ž [Online], (2023).

<https://rd-virovitica.eu/otpad-od-a-do-z/#1612851062718-094a71b9-33a5> (30. 7. 2023.).

[7] Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/21), (2021).

[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html) (30. 7. 2023.).

[8] Nakon zabrane uvoza plastičnog otpada u Kinu postavlja se veliko pitanje: Gdje će se istovariti svjetsko smeće? [Online], (2019).

<https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/nakon-zabrane-uvoza-plasticnog-otpada-u-kinu-postavlja-se-veliko-pitanje-gdje-ce-se-istovariti-svjetsko-smece-foto-20191109/print> (30.7.2023.).

[9] Hrvatska tehnička enciklopedija, *Plastika* [Online], (2018).

<https://tehnika.lzmk.hr/plastika/> (30. 7. 2023.).

[10] M.J. Tarkanian, D. Hosler, America's First Polymer Scientists: Rubber Processing, Use and Transport in Mesoamerica, *Lat. Am. Antiq.* 22 (2011) 469–486.

<https://doi.org/10.7183/1045-6635.22.4.469>.

[11] W.J. Rex, D.J. Tennant, Polymeric linear terephthalic esters, US2465319A, 1949.

---

<https://patents.google.com/patent/US2465319/en>.

[12] S. Kalambura, D. Kiš, S. Guberac, *Gospodarenje otpadom II*, Grafika, Osijek, 2018.

[13] T. Bekavac, *Gospodarenje otpadom*, Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2010.

[14] J. Turkalj, *Održivo upravljanje polimernim otpadom*, Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2010.

[15] Alibaba, Profesionalni otpadni plastični piroliza stroj [Online], (2023).

[https://www.alibaba.com/product-detail/2023-Newest-design-pyrolysis-waste-tyre\\_60518369198.html](https://www.alibaba.com/product-detail/2023-Newest-design-pyrolysis-waste-tyre_60518369198.html) (30. 7. 2023.).

[16] Direktiva o spaljivanju (2000/76/EZ), (2000).

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0076> (30. 7. 2023.).

[17] Upotreba otpada [Online], (2011).

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTvj2ntMHUar9vYKI7YthHy4muuC7C7SjCN5Q&usqp=CAU> (30. 7. 2023.).

[18] Z. Hrnjak-Murčić, *Gospodarenje polimernim otpadom*, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2016.

[19] Okiroto, *Kontejneri za selektivno sakupljanje otpada i kante za otpad* [Online], (2023).

<https://okiroto.hr/kontejneri-za-selektivno-sakupljanje-otpada-i-kante-za-otpad/> (30. 7. 2023.).

[20] HRN EN ISO 14000:2015 - Upravljanje okolišem, (2015).

[21] Z. Hrnjak-Murčić, *postupanje s plastičnim otpadom (po) nakon upotrebe* [Online], (n.d.).

[https://www.fkit.unizg.hr/\\_download/repository/zbrinjavanje\\_po-predavanje-VI-.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/zbrinjavanje_po-predavanje-VI-.pdf) (30.7.2023.).

[22] Central regional service board [Online], (2014).

<https://www.gov.nl.ca/mpa/files/publications-business-plans-central-regional-service-board-business-plan-2014-2016.pdf> (30. 7. 2023.).

---

[23] Science News, Chemists are reimagining recycling to keep plastics out of landfills [Online], (2021).

<https://www.sciencenews.org/article/chemistry-recycling-plastic-landfills-trash-materials> (30.7.2023.).

[24] S. Kalambura, N. Jovičić, Prezentacija Gospodarenje otpadom, Veleučilišta Velika Gorica, 2014.

[25] Plastični otpad i reciklaža u EU-u: Činjenice i brojke [Online], (2018).

<https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/priorities/borba-protiv-zagadenja-plastikom/20181212STO21610/plasticni-otpadi-reciklaza-u-eu-u-cinjenice-i-brojke> (30. 7. 2023.).

[26] ANALIZA Podaci Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja o odvojeno prikupljenom otpadu u 2021 [Online], (2022).

<https://gradonacelnik.hr/10-najboljih/samo-cetiri-grada-u-zemlji-zadovoljavaju-eu-normu-o-50-posto-odvojeno-prikupljenog-otpada-evo-tko-je-jos-nadomak-cilju-i-kako-ga-planiraju-doseci/> (30. 7. 2023.).

[27] J. Haluška, Općina Tordinci među dvadeset najboljih u Hrvatskoj po odvajanju otpada [Online] (2022)

<https://novosti.hr/opcina-tordinci-medu-dvadeset-najboljih-u-hrvatskoj-po-odvajanju-otpada/> (30. 7. 2023.).