Zbrinjavanje polimernog otpada

Radetić, Elizabeta

Undergraduate thesis / Završni rad

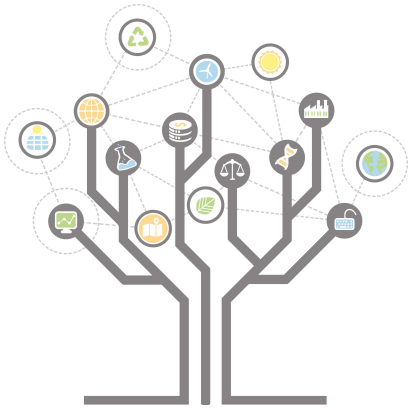
2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:741214

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Zbrinjavanje polimernog otpada

Radetić, Elizabeta

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:741214

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-20**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ELIZABETA RADETIĆ

ZBRINJAVANJE POLIMERNOG OTPADA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

ZBRINJAVANJE POLIMERNOG OTPADA

KANDIDAT: Elizabeta Radetić

MENTOR: doc. dr. sc. Anita Ptiček Siročić

VARAŽDIN, 2016.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

ZBRINJAVANJE POLIMERNOG OTPADA

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **doc. dr. sc. Anite Ptiček Siročić.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 29.6.2016.

ELIZABETA RADETIĆ

(Ime i prezime)

Elizabeta Radetić

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

Stoljeće u kojem živimo još se naziva i stoljećem polimernih materijala. Razlog tome je ubrzan razvoj polimerne industrije i korisna svojstva polimernih materijala poput dugotrajnosti, male mase, elastičnosti i slično, a koja im omogućuju široku primjenu u raznim područjima ljudske djelatnosti od upotrebe u svakodnevnom životu do upotrebe u građevinarstvu, industriji, poljoprivredi. Svakim danom područje primjene sve se više proširuje.

Problemi nastaju kada, nekada korisni, proizvodi od polimernih materijala postanu otpad, a velike količine polimernih materijala, kada dospiju u okoliš, negativno utječu na njega, od narušavanja estetike do štetnog utjecaja na živi svijet te u konačnici i narušavanja ljudskog zdravlja. Gledajući s ekonomske strane, polimerni otpad predstavlja potencijalnu sirovinu, a ipak velike količine netretiranog polimernog otpada završe na odlagalištima.

Zemlje Europske unije nastoje implementirati i uskladiti postojeće zakonske mjere zbrinjavanja polimernog otpada propisane europskim direktivama. Ovisno o vrsti i sastavu polimernog otpada primjenjuju se i različiti postupci zbrinjavanja. Bilo da je riječ o mehaničkoj oporabi čiji je krajnji produkt reciklat, kemijskoj, kojom se dobiva vrijedno gorivo ili energetskoj oporabi, oporaba polimernog otpada trenutno je najisplativija opcija. Oporabom otpada izbjegava se njegovo odlaganje na odlagalištima, smanjuje se uvoz sekundarnih sirovina, otvaraju se nova radna mjesta u lokalnom gospodarstvu uz istodobno smanjivanje onečišćenosti vode, zraka i tla.

Ključne riječi: *polimeri, polimerni otpad, zbrinjavanje polimernog otpada*

SADRŽAJ

1. UVOD **1**

2. OPĆI DIO **2**

2.1. Polimeri i polimerni materijali **2**

2.1.1. Polimeri 2

2.1.2. Polimerni materijali 4

2.1.2.1. Svojstva polimernih materijala *5*

2.1.2.2. Podjela polimernih materijala *6*

2.1.2.3. Primjena polimernih materijala *8*

2.2. Polimerni otpad **9**

2.3. Problematika polimernog otpada i moguća rješenja **11**

2.4. Zakonska regulativa u Europskoj uniji **17**

2.5. Gospodarenje polimernim otpadom **22**

2.5.1. Prikupljanje 23

2.5.2. Predobrada polimernog otpada za oporabu 24

2.5.3. Oporaba 26

2.5.4. Spaljivanje 31

2.5.5. Odlaganje 32

3. ZAKLJUČAK **33**

4. LITERATURA **34**

5. POPIS SLIKA **38**

6. POPIS TABLICA **39**

1. UVOD

Polimeri su visokomolekulski spojevi koji nastaju procesima polimerizacije gdje dolazi do povezivanja velikog broja niskomolekulskih spojeva, monomera, kovalentnim kemijskim vezama i vrlo su važni za životne procese te primjenu u industriji. U polimere se ubrajaju proteini nastali u životnim procesima te celuloza i polisaharidi koje proizvode biljke. Prirodne makromolekule mogu se nadomjestiti sintetičkim polimerima čime se dobivaju spojevi s dodatnim korisnim svojstvima [1]. Sintetički razvijeni polimeri danas nalaze primjenu gotovo u svim granama industrije gdje se dalje prerađuju u polimerne materijale te konačno u proizvode [2]. Bilo sintetiziran ili prikupljen u prirodi, polimer se prerađuje u polimerni materijal. Razvoj materijala usko je vezan uz tehnološki i gospodarski razvoj te je kroz povijest obilježavao pojedina povijesna razdoblja [3]. Industrijska proizvodnja polimernih materijala u većem je opsegu započela između 1930. i 1940. godine, a već 1979. godine po volumenu premašila je proizvodnju čelika [4]. Danas, polimerni materijali neophodni su za daljnji ekonomski, ekološki i socijalni napredak. Stoga s pravom možemo reći da 21. stoljeće pripada polimernim materijalima [3]. Porastom primjene polimernih materijala porasle su i količine otpada, a time i problem njegovog zbrinjavanja, kojeg je nužno zbrinuti na prikladne i ekološki prihvatljive načine.

Danas gotovo ne postoji ljudska djelatnost u kojoj se ne koriste polimerni materijali. Posljedica toga je nastanak polimernog otpada različitog sastava i svojstava koji zahtijeva primjenu različitih postupaka njegova zbrinjavanja. Svrha ovog rada je opisivanje najčešće primjenjivanih postupaka zbrinjavanja polimernog otpada i postojeće zakonske regulative.

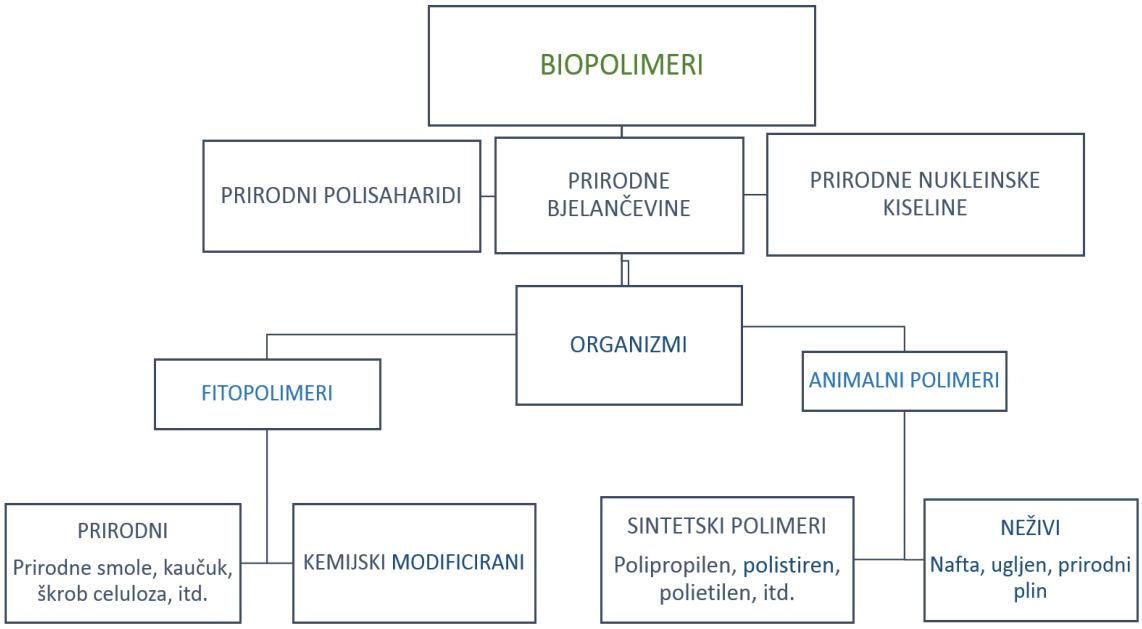
2. OPĆI DIO

2.1. Polimeri i polimerni materijali

2.1.1. Polimeri

Spojevi čija se molekulska masa kreće u rasponu od nekoliko tisuća do nekoliko milijuna danas su poznati pod nazivom spojevi velike molekulske mase - polimeri [5]. Polimeri su skupno ime za prirodne i sintetske polimerne tvari i polimerne materijale koji nastaju spajanjem makromolekula, makromolekulnih spojeva s ponavljajućim jedinicama [6].

Polimeri mogu nastati prirodno, biosintezom u živim organizmima i „umjetno“, sintezom niskomolekularnih tvari (slika 1) tj. reakcijama polimerizacije. Procesi polimerizacije značajni su jer omogućuju stvaranje polimera željenih svojstava, veličine i strukture. Upravo ova činjenica objašnjava današnju sveprisutnost polimera u gotovo svim područjima ljudskih djelatnosti (automobilska, farmaceutska industrija, građevinarstvo, poljoprivreda itd.). Snažan razvoj polimera započeo je 1950. godine te traje i danas pošto su osnovni izvori za sintezu polimera sirova nafta (5 do 6 %), prirodni plin, klor, dušik i fluor [7] koji još uvijek dostupni u dovoljnim količinama. Poznato je da se danas proizvodi više od 50 temeljnih vrsta polimernih materijala, a glavninu (gotovo 80 %) čine njih pet: različiti tipovi polietilena (32 %), polipropilen (20 %), poli(vinil-klorid) (16,5 %), polistiren i poli(etilen-tereftalat) [4]. Uglavnom je riječ o polimerima koji se koriste kao sirovina pri proizvodnji plastomera koja je nužno potrebna suvremenom svijetu.



Slika 1. *Prirodni i sintetski polimeri* [6]

Polimeri se najčešće dijele, prema podrijetlu, na *prirodne i sintetske*. I prirodni i sintetski polimeri mogu se podijeliti prema kemijskom sastavu na organske i anorganske, ali i polimerne mješavine (npr. organsko-anorganski polimeri) [4].

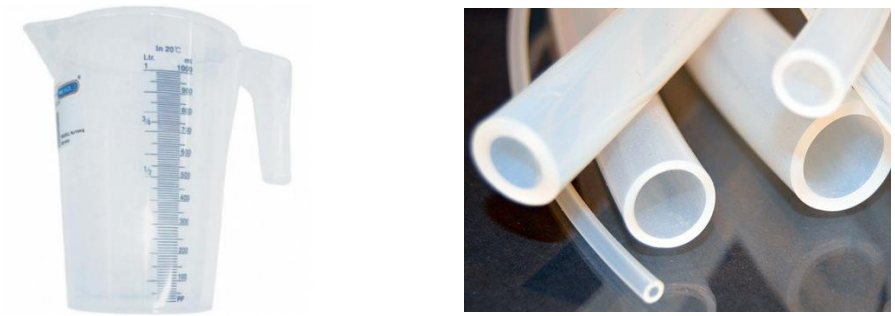
Prirodni polimeri pretežito su biopolimeri od kojih su građeni biljni i životinjski organizmi. Osim organskih polimera, u prirodne pripadaju i anorganski polimeri kao temeljni sastojci Zemljine kore. Primjeri organskih prirodnih polimera su bjelančevine, kaučuk, svila, vuna (slika 2a) dok su minerali glina tj. alumosilikati, primjer anorganskih prirodnih polimera (slika 2b) [4].





Slika 2. *a) Vuna, prirodni organski polimer* [8]*; b) Glina, prirodni sintetski polimer* [9]

Sintetski polimeri osnova su za proizvodnju polimernih materijala. Također mogu biti organskog i anorganskog porijekla, a međusobno se razlikuju po svojstvima. Najveću i najširu primjenu imaju polimeri organskog porijekla jer su im polazne sirovine (monomeri) relativno jeftine, procesi prerade jednostavni i brzi, svojstva iznimno dobra. Polimeri anorganskog porijekla još se istražuju i smatra se da njihovo vrijeme tek dolazi. Primjer organskog sintetskog polimera jest polipropilen (PP) (slika 3a), a anorganskog silikon (slika 3b) [7].



Slika 3. *a) Mjerna čaša od PP* [10]*; b) Silikonske cjevčice* [11]

Polimeri se međusobno razlikuju po kemijskom sastavu, strukturnoj građi monomernih jedinica, strukturnoj građi lanca, po veličini te po različitoj raspodjeli molekulskih masa. Sve su to osnovne značajke koje će odrediti njihova svojstva i područje krajnje primjene [7].

2.1.2. Polimerni materijali

Polimerni materijali su tehnički upotrebljive tvari koji se sastoje od polimerne osnove-polimera i dodataka radi poboljšavanja svojstava samog polimera ili konačnog proizvoda [4]. Pod pojmom polimerni materijali najčešće se podrazumijevaju plastični materijali pa se ti pojmovi često koriste kao sinonimi [7].

Poput polimera, i polimerni materijali mogu biti prirodni i umjetni tj. sintetički , materijali kojima su u odnosu na organske konstrukcijske materijale bitno poboljšana neka svojstva [2].

Mješavine različitih polimera međusobno, kao i polimera s drugim materijalima, mogu dati materijale posebnih svojstava i namjene pa se takvi višefazni polimerni sustavi smatraju materijalima budućnosti. Polimerna mješavina (eng. *polymer blend*) je makroskopski homogena mješavina dviju ili više različitih vrsta polimera dok je polimerni kompozit mješavina u kojem je najmanje jedna komponenta polimer [12]. Osim kod primjene, mješljivost je veoma bitna i kada polimerne mješavine postanu otpad, radi odabira što učinkovitije metode obrade takvog otpada [7].

Polimerne tvari rijetko se koriste u obliku kakvom nastaju polimerizacijom, već im se dodaju mnogobrojni dodatci-aditivi. Aditiv je komponenta smjese koja obično modificira svojstva polimera te se njegovim dodavanjem, već i u malim udjelima, bitno poboljšavaju određena svojstva i čine ih tehnički uporabljivim materijalima. Primjeri aditiva jesu antioksidansi, omekšivala, usporivači gorenja, sredstva za olakšanje prerade, drugi polimeri, bojila, UV apsorberi i punila [4, 12].

Zapravo, nema ljudske djelatnosti u kojoj na neki način nisu korišteni polimerni materijali. Brojne su vrste ovih materijala i nije ih lako u cijelosti obuhvatiti. Smatra se da danas postoji više od 60.000 različitih vrsta polimernih materijala [2].

2.1.2.1. Svojstva polimernih materijala

Široka rasprostranjenost i upotreba polimernih materijala rezultat su njihovih dobrih kemijskih, fizikalnih, mehaničkih (čvrstoća, tvrdoća, elastičnost), optičkih te električnih svojstava koje posjeduju [7].

Općenita svojstva polimernih materijala su sljedeća [2]:

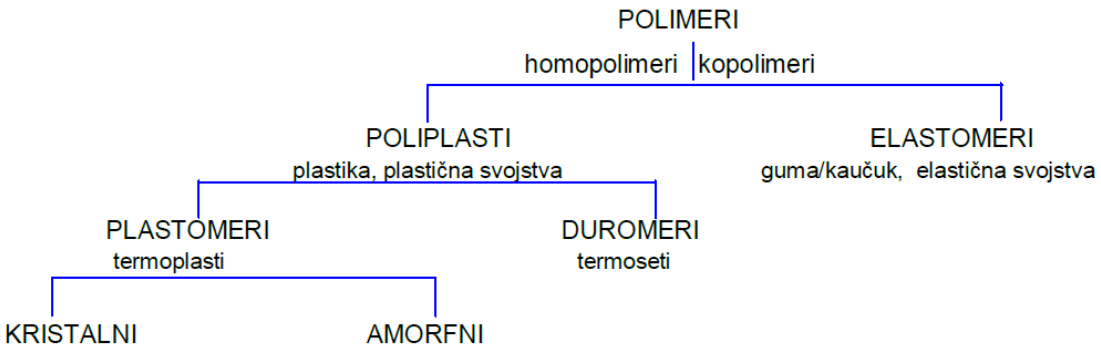
- dobra kemijska postojanost na normalnim temperaturama
- niska gustoća
- niski modul elastičnosti
- krhkost na niskim temperaturama
- slaba čvrstoća i kemijska postojanost na višim temperaturama (do 100 ^{o}C)

- dobra obradivost deformiranjem, rezanjem i lijevanjem na relativno niskim temperaturama
- mala adhezija i trenje
- mogućnost velikog izbora boje
- relativno niska cijena
- niska toplinska i električka vodljivost
- visoki koeficijent toplinske rastezljivosti
- nestabilne dimenzije kroz duži vremenski period

Tijekom primjene polimerni materijali izloženi su različitim vanjskim utjecajima i djelovanjima, ovisno o njihovoj primjeni, kao na primjer djelovanju različitih naprezanja, promjeni temperature, UV zračenju, utjecaju kemikalija, otapala itd. Navedeni utjecaji djeluju tako da dovode do slabljenja kvalitete materijala u primjeni, dolazi do narušavanja svojstava odnosno razlaganja polimernih lanaca (degradacije polimera), stoga je važno materijal u primjeni zaštititi od prebrze degradacije [7].

2.1.2.2. Podjela polimernih materijala

Polimerni materijali dijele se prema različitim kriterijima. Prema kriteriju ponašanja na različitim temperaturama i strukturi, postoje tri osnovne grupe polimernih materijala, a to su: **termoplasti, duroplasti i elastomeri** (slika 4).



Slika 4. *Podjela polimernih materijala* [7]

Prema kriteriju svojstava polimerni materijali dijele se u dvije temeljne skupine: poliplasti i elastomeri. Poliplasti (plastika) su polimeri koji pod određenim uvjetima temperature i tlaka mogu biti lijevani ili oblikovani. To znači da, sukladno prvonavedenom kriteriju, poliplaste čine termoplasti-plastomeri (eng *termoplastic*) i duroplasti-duromeri (eng. *termosets*) [2].

Plastomeri (grč. *πλαστός:* oblikovan+-mer) sintetski su polimerni materijali iz skupine poliplasta koji su topljivi i taljivi. Mogu se po želji oblikovati, a uzastopno zagrijavanje i hlađenje može se ponavljati bez bitnih promjena temeljnih svojstava. Plastomeri su se zato, prema starijem nazivlju, zvali *termoplastima.* To je najraširenija skupina polimernih materijala. Među najpoznatijim su plastomerima polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS; primjerice *stiropor*), poli(vinil-klorid) (PVC), politetrafluoretilen (PTFE; tvornički naziv *teflon*), polioksimetilen, polikarbonat, poli(etilen-tereftalat) (PET) i poli(metil-metakrilat) (PMMA; poznat pod nazivom *pleksiglas*), aramid (tvorničkog naziva *kevlar*) i poliamid (PA;poznat pod nazivom *nylon*) [4].

Duromeri (lat. *durus:* tvrd, čvrst+-mer) sintetski su materijali velike čvrstoće, tvrdoće i toplinske postojanosti. Služe kao konstrukcijski materijali za izradu različitih aparata i uređaja, koriste se kao ljepila, lakovi i kompozitni materijali. Iako se duromeri teško mogu oblikovati, oni imaju izrazitih prednosti u inženjerskoj praksi koja uključuju visoku toplinsku stabilnost, dobra izolacijska svojstva, visoku krutost i dimenzijsku stabilnost, otpornost puzanju i deformiranje pod opterećenjem te malu težinu. Najpoznatije vrste duromera su alkalidi, epoksidi, poliesteri (umjetna vlakna) i silikoni. Nove generacije polimera otežavaju točnu raspodjelu plastomeri-duromeri. Tako npr. danas postoje polimeri iz skupine duromera što se ipak mogu plastično deformirati, ali na znatno višoj temperaturi i pri većim tlakovima, nego što je uobičajeno kod plastomera [2].

Elastomeri (znanstv. lat. *elasticus:* rastezljiv+-mer) skupina su polimernih materijala koja obuhvaća sve materijale na bazi prirodnoga i sintetskoga kaučuka i sintetske polimerne materijale sa svojstvima sličnima kaučuku. Elastomeri se prevode u

gumu i mnogobrojne gumene proizvode velike rastezne čvrstoće i elastičnosti [4]. Guma je i najpoznatiji proizvod iz skupine elastomera. Izrazi „guma“ i „elastomer“ često se poistovjećuju. Međutim, pod elastomerom se općenito podrazumijeva materijal sposoban da se uglavnom oporavi u svom obliku i veličini poslije oduzimanja opterećenja, dok se za gumu smatra da je sposobna brzo se oporaviti od velikih deformacija [2].

Elastoplastomeri (termoplastični elastomeri) polimerni su materijali koji se pri sobnoj temperaturi ponašaju poput elastomera, a pri povišenim temperaturama poput plastomera, što omogućava njihovu preradu i doradu. Sve više zamjenjuju elastomere iz više razloga: mogućnosti prerade na strojevima za preradu termoplasta, u pravilu su jeftiniji, manje su specifične težine i lagano se boje. Osnovne skupine elastoplastomera su olefinska (TPO), stirenska (TPS), poliuretanska (TPU), eter-esterska (TPEE) i eteramidna skupina (TPEA) [13].

2.1.2.3. Primjena polimernih materijala

Polimerni proizvod rezultat je proizvodne djelatnosti i svojim uporabnim svojstvima može zadovoljiti određenu vrstu ljudskih potreba. Svaki proizvod ima određeni oblik i funkciju. Tako i polimeri mogu biti ili dio proizvoda ili sami činiti proizvod. Ubrajaju se među najvažnije tehničke materijale današnjice. Najviše služe kao konstrukcijski materijali i upotrebljavaju se svuda gdje i uobičajeni materijali – metali, drvo, keramika, staklo, tekstilna vlakna, kaučuk, guma, ali su zbog svojih posebnih svojstava našli i specifičnu primjenu te omogućili napredak u mnogim područjima ljudske djelatnosti. U istim područjima primjene polimerni materijali pokazuju, u usporedbi s uobičajenim materijalima, bolja svojstva. Tako npr. ne hrđaju kao metali, ne razbiju se lako kao staklo, prema vlazi otporniji su od papira. Smatra se da je već danas gotovo 20 % plastike nemoguće zamijeniti alternativnim materijalima [2, 4].

U poljoprivredi, polimerni materijali koriste se u i na zemlji za poboljšavanje provjetravanja, zaštitu plastenika, alate, navodnjavanja i u mnoge druge svrhe. Medicina je vrlo široko područje u kojem se primjenjuju polimerni materijali. Kao biomaterijali koriste se u kirurgiji za izradu umjetnih srčanih zalisaka, cijevi za krv, šprice za inekcije.

Brojni spremnici, posude različitih mogućih oblika i dimenzija su zbog svoje male mase i niske cijene primjenjivi u potrošačkom aktivnostima. U tu skupinu spada odjeća, podni pokrivači, kante za smeće, pakiranje i sl. Vrlo raširenо područje polimernih materijala je izrada sportske opreme kao što su lopte, zaštitne kacige, bazeni itd. Posljednjih godina proizvodi od polimernih materijala sve veću primjenu bilježe u industriji. To se prvenstveno odnosi na automobilske dijelove, dijelove aviona, cijevi, spremnike, izolacijske materijale, građevinsku stolariju, ljepila, matrice i vlakna kompozitnih materijala te za izradu brojnih proizvoda od gume [2].

U tablici 1. navedeni su polimerni materijali koji se koriste u proizvodnji različitih dijelova automobila, a koriste se u prvenstveno zbog njihove otpornosti na koroziju te male mase [14].

Tablica 1. *Polimeri koji se koriste u proizvodnji automobila* [14]

Dio automobila	**Vrsta polimera/polimernog materijala**	**Masa pojedinog dijela [kg]**
Branik	PP, ABS, PC/PBT	10
Sjedalo	PU, PP, PVC, ABS, PA	13
Upravljačka ploča	PP, ABS, SMA, PPE, PC	7
Sustav za dovod goriva	HDPE, POM, PA, PP, PBT	6
Karoserija	PP, PPE, UP	6
Dijelovi ispod haube	PA, PP, PBT	9
Unutarnje obloge	PP, ABS, PET, POM, PVC	20
Električni dijelovi	PP, PE, PBT, PA, PVC	7
Vanjske obloge	ABS, PA, PBT, POM, ASA, PP	4
Rasvjeta	PC, PBT, ABS, PMMA, UP	5
Presvlake	PVC, PU, PP, PE	8
Spremnici za tekućinu	PP, PE, PA	1

2.2. Polimerni otpad

Polimerni materijali neprestano nalaze nove primjene zahvaljujući razvoju industrije polimera [14]. Globalna proizvodnja poliplasta narasla je s godišnjih 1,5 milijuna tona 1950., na 288 milijuna tona 2012., od čega se u Europi proizvode 57

milijuna tona [15]. Obje činjenice izravno utječu na povećanu potražnju za polimernim materijalima što u konačnici rezultira gomilanjem polimernog otpada.

Tvar ili predmet najčešće postaje otpadom kada izgubi svoju funkciju uslijed gubitka korisnih svojstava tijekom vremena. Prema trajanju upotrebe, plastični proizvodi dijele se na kratkotrajne (period upotrebe kraći od 1 godine) i dugotrajne proizvode (period korištenja dulji od 1 godine). Udio ovih proizvoda u ukupnoj masi plastičnih proizvoda iznosi:

- kratkotrajni proizvodi do 1 godine 20 %
- dugotrajni proizvodi od 1 do 8 godina 15 %
- dugotrajni proizvodi od 8 do 50 godina 65 %

Prema tome, oko 80 % plastičnih proizvoda koji u toku jedne godine dolaze u otpad spadaju u dugotrajne, a oko 20 % u kratkotrajne proizvode. Pretpostavlja se da će količina plastičnog otpada u narednom periodu rasti zbog povećanja potrošnje i korištenja dugotrajnih proizvoda od plastičnih masa [16].

Plastični otpad u kućanstvima, industrijskim postrojenjima, trgovačkim objektima i drugim ustanovama nastaje: u tehnološkim procesima proizvodnje plastike, kod njihove obrade i prerade te kod korištenja proizvoda od plastike [16]. Stoga, ovisno o mjestu nastanka plastični otpad može se svrstati u kategoriju komunalnog i proizvodnog otpada.

Negativni učinci plastičnog otpada vidljivi su u okolišu. Plastični otpad nije biološki razgradiv i stoga se zadržava kao otpad u okolišu jako dugo vremena. To može predstavljati rizik za ljudsko zdravlje kao i za okoliš [14]. Polimernim materijalima treba više od 100 godina da bi se razgradili u prirodi te pritom uzrokuju velike štete biljnom i životinjskom svijetu. Plastika nije inertna pa kemijski aditivi, od kojih neki razorno djeluju na endokrini sustav, mogu dospjeti u tkiva i ući u prehrambeni lanac. Poteškoće mogu nastati i pri njegovoj ponovnoj upotrebi i /ili recikliranju u praksi. Masovno onečišćenje svjetskih oceana plastičnim krhotinama pojavljuje se kao globalni izazov koji zahtijeva globalni odgovor. Gotovo 50 % plastičnog otpada u EU i dalje se odlaže na

odlagališta. Dakle, mnogo energije i sirovina se gubi umjesto da se reciklira u nove proizvode [17].

2.3. Problematika polimernog otpada i moguća rješenja

Utjecaj na zdravlje

Kemijski aditivi, kao sastavni dio različitih proizvoda mogu uzrokovati opasnost jednom kada proizvod postane otpad, jer mnoge kemikalije lako dospijevaju u okoliš pa se mogu akumulirati u biljkama i životinjama, vodi, tlu ili dospjeti u zrak. Od posebnog značaja su postojani i bio-akumulativni spojevi, kemijski spojevi koji ometaju rad endokrinog sustava i teški metali. Navedeni spojevi koriste se u raznim proizvodima među kojima su i oni od plastike. Izlaganje ovim kemikalijama povezano je sa sljedećim zdravstvenim problemima: opadanje broja spermija, genitalne malformacije, oštećenja živčanog sustava i seksualnih funkcija, pretilost i rak [18]. Proizvodima od plastike dodaju se različiti kemijski spojevi tj. aditivi. Osim što im daju poželjne osobine, mnogi aditivi također mogu imati negativne učinke na okoliš i zdravlje živog svijeta, a dolaze do izražaja prije ili poslije odnosno kada plastični otpad dospije u okoliš.

Dobro upravljanje otpadom od ključne je važnosti za spriječavanje i smanjivanje takvih utjecaja. Uredba za registraciju, evaluaciju, autorizaciju i ograničavanje kemikalija (REACH) pri tome nastoji očuvati zdravlje ljudi i poboljšati kakvoću okoliša djelujući preventivno tj. zabranjujući ili ograničavajući korištenje štetnih kemijskih spojeva, tj. aditiva pri samoj proizvodnji [18]. Danas postoji više od 70 000 sintetičkih kemijskih spojeva, a procjena je kako godišnje nastane tisuću novih. Većina je označena kao „opasno po ljudsko zdravlje“ ili „toksično“. Nažalost, samo 7 % od njih uspije adekvatno testirati kako bi se odredio njihov utjecaj na ljude i druge oblike života [19]. S obzirom na udio ispitanih kemijskih spojeva, rizik od štetnog utjecaja na zdravlje i okoliš očekivano će biti visok i u budućnosti.

Ftalati su esteri ftalne kiseline i alifatskih alkohola koji se dodaju u plastične mase da bi se poboljšala njihova mekoća, savitljivost i rastezljivost. Zbog svojih fizičko-

kemijskih svojstava ftalati su vrlo mobilni i lako migriraju iz plastičnih proizvoda u prostor koji ih okružuje pa tako dospijevaju u okoliš te su stoga opasni za čovjeka. Kratkoročno su mogući učinci na ljudsko zdravlje poput alergije i astme, a dugoročno poremećaji u živčanom i endokrinom sustavu, povećan rizik od tumora, zastoj u fertilitetu, smetnje u djetetovu razvoju. Svakoga se dana prikupljaju dokazi koji upozoravaju na štetne učinke na reproduktivni sustav kao posljedica izlaganja ftalatima [20]. Bisfenol A (BPA) trenutno je jedan od vodećih najprodavanijih aditiva, primarno korišten pri proizvodnji polikarbonatne plastike. Široko je korišten u čestim proizvodima kao što su boce za bebe, elektronika, medicinski uređaji i premazi za spremnike hrane. BPA je vrlo sličan ženskom hormonu estrogenu. Istraživanja su pokazala da čak i izloženost niskim dozama BPA može uzrokovati poremećaje u endokrinom sustavu. Kao i u slučaju drugih hormona, čini se da je organizam najosjetljiviji na BPA tijekom razvoja, ali efekti se često očituju mnogo kasnije u životnom ciklusu. To znači da je, u vrijeme kada učinci BPA postanu prepoznatljivi, kemijska izloženost njegovoj prisutnosti već nestala. To iznimno otežava povezivanje izloženosti BPA i njegov učinak na ljude [21].

Plastična ambalaža

Većina današnje ambalaže sadrži u nekoj mjeri polimerni materijal. Opravdanje ove tvrdnje može se naći u svojstvima polimernih materijala koji čine plastičnu ambalažu tako poželjnom. Ta svojstva su fleksibilnost, izdržljivost, mala gustoća i sl. Zamjena plastične ambalaže alternativnim materijalima imala bi ozbiljne negativne utjecaje na gospodarstvo i okoliš jer plastična ambalaža nije samo praktična i učinkovita, već i jeftina i sigurna. Primjerice, prestankom uporabe plastike kao ambalaže, masa neplastične ambalaže porasla bi 3,6 puta, energija potrebna za njezinu proizvodnju bi se udvostručila, a emisija stakleničkih plinova porasla bi 2,7 puta. Ne začuđuje što plastična ambalaža čini najznačajniji doprinos ukupnoj proizvodnji plastičnog otpada, a ujedno je i dio s najvišom stopom reciklaže (oko 29 % od nastalog se reciklira). Dvije trećine od nastalog plastičnog otpada čini ambalaža, djelomično zbog svog kratkog životnog vijeka [14], stoga se ne može reći kako je niska stopa oporabe plastičnog ambalažnog otpada problem.

Plastična ambalaža koja se koristi za hranu i pića često je načinjena od različitih vrsta plastike i može sadržavati i dodatne materijale te ljepila. Plastične boce izrađuju se najčešće od PET-a, a čepovi od PE. I naljepnice na boci izrađuju se od različitih vrsta plastičnih folija (PS, PVC, PP) ili materijala (papir). Svaki od ovih materijala ima različita svojstva i zahtijeva različite metode recikliranja. To može postati veći problem u budućnosti, jer će i procesi recikliranja postati složeniji [14]. Poteškoće nastaju i tijekom recikliranja višeslojne ambalaže (laminati). Laminat je višeslojni materijal čiji se slojevi razlikuju po sastavu, profilu sastava ili anizotropijom svojstava. Laminate mogu tvoriti dva ili više slojeva različitih polimera (slika 5) [12].



Slika 5. *Višeslojna ambalaža* [22]

Kako bi se olakšali postupci recikliranja takve ambalaže, od iznimne je važnosti njegovo pravilno razdvajanje i prikupljanje. Odlukom 97/129/EEC utvrđen je sustav identifikacije ambalažnih materijala povezanih s Direktivom 94/62/EEC, odnosno ambalažnim otpadom kao specifičnim otpadom. Tom odlukom definirane su brojčane oznake i kratice za polimerne materijale prikazane u tablici 2.

Tablica 2. *Označavanje polimernih materijala* [23]

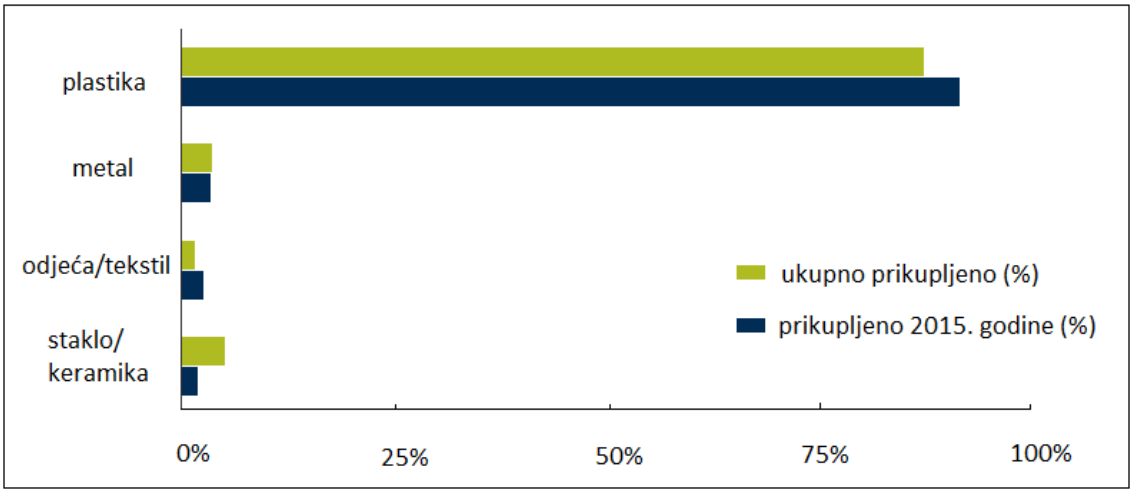
01 PET	**PET**- poli(etilen-tereftalat)
02 PE-HD	**PE-HD** - polietilen visoke gustoće
03 PVC	**PVC** - poli(vinil-klorid)
04 PE-LD	**PE-LD** - polietilen niske gustoće
05 PP	**PP** - polipropilen
06 PS	**PS** - polistiren
07	ostali višeslojni (laminarni) materijali

Plastika i oceani

Velike količine otpada, uništavanje ekosustava, ekonomski gubitci te svi ostali problemi objedinjeni su u jedan veliki, danas globalni problem - onečišćenje oceana plastikom (slika 6). Oko 10 milijuna tona otpada završava u svjetskim morima i oceanima svake godine, a plastični ambalažni otpad kao što su boce za piće, vrećice za jednokratnu upotrebu, najčešća su vrsta otpada koje danas pronalazimo u moru (slika 7). Iako se plastika teško razgrađuje, odbačeni se plastični predmeti s vremenom raspadaju sve do vlakana i granula promjera oko 20 µm. Mehaničko razlaganje potpomaže abrazivno djelovanje soli, morski valovi i Sunčeva svjetlost. Zatim, oceanske struje kombinirane sa vjetrom i Zemljinom rotacijom skupljaju te komadiće u nakupine poznate pod nazivom „plastične juhe“. Otkriveno je dosad 5 većih, a najveća nakupina nalazi se u Sjevernom pacifiku [26, 27].



Slika 6. *Onečišćenje oceana plastikom* [24]



Slika 7. *Udio najzastupljenijih materijala u otpadu prikupljenom iz mora, oceana* [25]

Oceani su najveći ekosustavi na Zemlji, 70 % Zemljine površine prekriveno je oceanima, zato njihovo onečišćenje ima veliki utjecaj na živi svijet u njima. Podatci Britanskog društva za zaštitu mora upozoravaju da više od milijun morskih ptica i više od sto tisuća sisavaca i kornjača ugiba svake godine zbog gutanja plastičnih ostataka. Plastični predmeti oblikom i bojom često se čine kao plijen te ih životinje gutaju. Problem može biti i zapetljavanje koje najčešće razultira umiranjem od gladi. Iako je i poveći plastični otpad uzrok problema, daleko veći i opasniji problem predstavljaju mikroskopske čestice plastike koje su postale "neizbježan" i vrlo štetan sastojak morske vode. Redovita su "hrana" za velik broj morskih organizama čime postaju sastavni dio prehrambenog lanca. Na taj način otrovni spojevi (bisfenol A, vinil-klorid, boje i aditivi,

ftalati) koji se nalaze u polimernim proizvodima, dolaze u izravan kontakt s probavnim sustavom. Svi ti otrovni spojevi s vremenom migriraju te mogu izazvati neurološke, imunosne i hormonske poremećaje. I ljudsko zdravlje je u opasnosti pošto su mnogi morski organizmi sastavni dio ljudske prehrane. Onečišćenje oceana plastikom uzrokuje i ekonomske gubitke, što se pogotovo očituje u turizmu zbog obala najčešće zatrpanih plastičnim otpadom [26].

Što poduzeti? Prema nekim procjenama oko 80 % otpada u oceanima porijeklom je s kopna. Ključna je stoga prevencija i sprječavanje dospijeća otpada u ocean što se postiže pravilnim gospodarenjem na kopnu. Ali kako zbrinuti postojeću plastiku u oceanu? Plastika koja pluta skuplja se, ali prema UNEP-u (United Nations Environmental Programme) samo 15 % plastike pluta na površini dok je opasniju, mikroplastiku zasada nemoguće sakupljati. Još jedan problem je, kada jednom završi u oceanima, plastični otpad nema vlasnika i javlja se pitanje preuzimanja odgovornosti. EU problem nastoji riješiti postavljajući ciljeve koji su opisani u Okvirnoj direktivi o pomorskoj strategiji (eng. *EU Marine Strategy Framework Directive*) [26].

Neiskorišteni resurs

Jedan od razloga zašto se odlaganje polimernog otpada smatra lošim jest odbacivanje korisnog resursa. Pri tome se misli na odlaganje neobrađenog plastičnog otpada. Svjetska proizvodnja plastičnih proizvoda iznosi oko 280 milijuna tona godišnje, a od te se količine reciklira samo oko 5,7 milijuna tona [15]. Naime, plastika ima visoku enrgetsku vrijednost (oko 35 MJ/kg) što ju čini pogodnom za proizvodnju toplinske ili električne energije. Razlog tome je što je većina plastičnih proizvoda sastavljena od ugljikovodika dobivenih iz fosilnih goriva poput prirodnog plina i nafte. Primjerice, američka tvrtka Envion fokusirala se na povrat dragocjene energije pohranjene u plastici i to njenim ponovnim „pretvaranjem“ u sintetičko ulje. Nadalje, mehaničkom oporabom dobit će se granulat, sirovina za ponovnu proizvodnju polimernih proizvoda. U svakom slučaju, polimerni otpad vrijedna je sirovina i njegovom oporabom smanjuje se potreba za potrošnjom prirodnih neobnovljivih resursa te se tako pozitivno utječe na okoliš [17].

2.4. Zakonska regulativa u Europskoj uniji

Ciljevi utvrđeni ugovorima EU-a ostvaruju se različitim pravnim aktima od kojih su neki obvezujući, a neki nisu. Pod pravnim aktima podrazumijevamo uredbe, direktive, odluke, preporuke i mišljenja [28]. Općenito, za postizanje učinkovitog gospodarenja otpadom, potreban je razvoj i primjena zakonske regulative. U zakonodavstvu EU ne postoje pravni akti koji su usmjereni posebno na plastični otpad, unatoč njegovu rastućem utjecaju na okoliš [29]. Navest će se oni pravni akti to jest mjere koje se (ne)izravno tiču plastičnog otpada te nastoje smanjiti njegov negativni utjecaj na okoliš. Većinom je riječ o direktivama, zakonodavnim aktima koji utvrđuju ciljeve koje sve države članice EU moraju ostvariti. Međutim, svaka država samostalno odlučuje o načinu na koji će ostvariti taj cilj [28].

DIREKTIVA 2008/98/EZ EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA O OTPADU
(eng***. Waste Framework Directive, 2008/98/EC*****)**

Izmjenjena u 2008. godini, direktiva propisuje ciljeve kojima se nastoji zaštititi ljudsko zdravlje i okoliš od štetnih utjecaja uzrokovanih sakupljanjem, transportom, obradom, skladištenjem i odlaganjem otpada. Uspostavlja se i hijerarhija gospodarenja otpadom [14]. Ova direktiva postavlja opće ciljeve recikliranja komunalnog otpada koji izravno utječu među ostalom, i na plastični otpad [29]. Plastični otpad zauzima značajnu količinu u sastavu komunalnog otpada (u prosjeku 20 %) [14].

DIREKTIVA EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA 94/62/EZ O AMBALAŽI I AMBALAŽNOM OTPADU
(eng. ***Packaging and Packaging Waste Directive, 94/62/EC***)

Odnosi se na cijelo ambalažno tržište i ambalažni otpad Europske unije. Zahtijeva povrat i/ili prikupljanje korištene ambalaže kako bi se postigli ciljevi za oporabu ovakvih proizvoda. Direktiva stoga obuhvaća i plastičnu ambalažu te plastični ambalažni otpad

[14]. Najnovija revizija direktive provedena je 29. travnja 2015. s donošenjem Direktive (EZ) 2015/720 Europskog parlamenta i Vijeća o izmjenama i dopunama Direktive 94/62 / EZ u vezi sa potrošnjom laganih plastičnih vrećica kako bi se smanjio negativan utjecaj koji trenutačna razina potrošnje plastičnih vrećica za nošenje uzrokuje kada dospije u okoliš [30].

DIREKTIVA VIJEĆA 1999/31/EZ O ODLAGALIŠTIMA OTPADA
(eng. ***Landfill Directive, 1999/31/EC***)

Direktiva je postavila niz srednjoročnih i dugoročnih ciljeva za smanjenje biorazgradivog otpada koji završva na odlagalištima, zabranila odlaganje određenih materijala na odlagališta. Također zahtijeva i proces predobrade otpada koji će završiti na odlagalištu. Zahtjevi za obradom ili sortiranjem otpada mogu povećati stopu recikliranja plastičnog otpada. Direktiva će utjecati i na odlaganje biorazgradive plastike. Rast količina ove vrste materijala u budućnosti, primjerice za pakiranje hrane, možda će stvoriti poteškoće u dostizanju ciljeva vezanih za dopuštene količine biorazgradivog otpada na odagalištima [14].

NULA PLASTIČNOG OTPADA NA ODLAGALIŠTIMA DO 2020.
(eng. ***Zero Plastics to landfill by 2020***)

PlasticsEurope pokrenuo je inicijativu to jest projekt 2005. godine poznat kao „Nula plastičnog otpada na odlagalištima do 2020.“ Cilj projekta je smanjenje količina odloženog plastičnog otpada do 2020. godine, potičući razvoj međunarodnih propisa i daljnju izgradnju objekata koji će pomoći ostvarivanju tog cilja. Prevencija nastanka, priprema za ponovnu uporabu, recikliranje i odvojeno prikupljanje plastičnog otpada, kao i poboljšanje dizajna plastičnih proizvoda podjednako doprinose ostvarenju cilja „Nula plastičnog otpada na odlagalištima u EU do 2020.“ [31].

DIREKTIVA 2002/96/EZ EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA O OTPADNOJ ELEKTRIČNOJ I ELEKTRONIČKOJ OPREMI (eng. ***WEEE Directive, 2002/96/EC*** **)**

Direktiva je predviđena za stvaranje sustava prikupljanja električnog i elektroničkog otpada (WEEE) gdje potrošači vraćaju svoju EE opremu bez naplate. Sustavi prikupljanja nastoje povećati recikliranje i/ili ponovnu upotrebu EE proizvoda. Električna i elektronička oprema predstavlja važan izvor plastičnog otpada. Direktiva postavlja i određene uvjete za oblikovanje takvih proizvoda što može rezultirati postupnim smanjenjem raznolikosti plastičnih materijala zastupljenih u EE (električnim i elektroničkim) proizvodima [14]. Direktiva iz 2002. godine izmijenjena je kako bi se riješio problem brzorastućeg gomilanja EE otpada. Nova direktiva o WEEE 2012/19 / EU stupila je na snagu 2012. godine [32].

UREDBA (EZ) BR. 1013/2006 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA O POŠILJKAMA OTPADA
(eng**. *Regulation On Shipments Of Waste, (EC) 1013/2006*)**

Cilj ove uredbe spriječiti je ilegalnu trgovinu otpadom nadziranjem i kontrolom pošiljaka otpada. Prema zakonskim odredbama, dvije vrste procedura primjenjuju se u slučajevima prekomoskog prometa: takozvani „zeleni popis otpada“ i postupak obavještavanja. Plastični otpad općenito je na zelenoj listi, osim ako je nerazvrstan, prljav ili onečišćen [14]. Pošto je plastični otpad kategoriziran kao neopasan, može se izvoziti u zemlje koje nisu članice OECD-a (Organizacija za međunarodnu suradnju i razvoj) ako se poštuje procedura objašnjena u uredbi. Nedovoljna provedba navedene uredbe rezultira ilegalnom trgovinom velikih količina otpada izvan EU. Jedan od najčešćih vrsti otpada kojim se trguje jest EE otpad, bogat plastikom. Ilegalne pošiljke također predstavljaju značajan gubitak potencijalnih resursa i prilika za njegovim recikliranjem u Europi [29].

REGISTRACIJA, EVALUACIJA, AUTORIZACIJA I OGRANIČAVANJE KEMIKALIJA
(eng. ***Registration, evaluation, autorization and restriction of chemicals (REACH), 1907/2006/EC*****)**

Navedenom uredbom želi se zaštititi ljudsko zdravlje i okoliš kroz bolje i ranije identificiranje unutarnjih svojstava kemijskih tvari odnosno iznova procijeniti rizičnost i opasnost kemikalija koje se proizvode. To se postiže kroz četiri procesa: registracijom, evaluacijom, autorizacijom i ograničavanjem kemikalija. REACH također ima za cilj poboljšati inovacije i konkurentnost industrije EU kemikalija [33]. U nekim slučajevima, korištenje aditiva u plastici može se kositi sa zahtjevima koje je propisao REACH ako korišteni aditivi nisu dozvoljeni. Ograničavanje kemikalija posebno je koristan alat za smanjivanje rizika kojeg uzrokuju određene vrste plastike. Autorizacija može poslužiti za postizanje ubrzane zamjene aditiva koji se nalaze u plastčnim proizvodima proizvedenim u EU, a uzrok su najveće zabrinutosti za zdravlje [29].

UREDBA (EZ) BR. 1272/2008 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA O RAZVRSTAVANJU, OZNAČIVANJU I PAKIRANJU TVARI I SMJESA
(eng. ***The Classification, Labelling and Packaging Regulation, 1272/2008/EC (CLP)***)

Uredba dozvoljava identificiranje štetnih kemikalija te obavještava korisnike o tim štetnostima putem izraza i standardiziranih oznaka vidljvih na pakiranjima i listama sa sigurnosnim podatcima. Takve informacije ključne su za poticanje proizvodnje manje štetne plastike u Europi te samim time, poboljšano recikliranje [29].

DIREKTIVA 2005/32/EZ; 2009/125/EZ EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA O USPOSTAVI OKVIRA ZA UTVRĐIVANJE ZAHTJEVA ZA EKOLOŠKI DIZAJN PROIZVODA KOJI KORISTE ENERGIJU
(eng. ***Ecodesign Directive, 2005/32/EC, 2009/125/EC*****)**

Direktiva o ekološkom dizajnu alat je koji utječe na proizvodnju proizvoda nastojeći integrirati okolišne aspekte u svim fazama proizvodnje počevši od projektiranja proizvoda. Cilj je poboljšati njihovu učinkovitost tijekom cijelog životnog ciklusa te

razmotriti sve moguće utjecaje na okoliš koje proizvodi imaju tijekom bilo koje faze njihovog životnog ciklusa. Kao indikatori utjecaja na okoliš uzimaju se emisije u zrak, vodu, potrošnja resursa i dr., sveukupno ih je 13. Korištenje plastičnog materijala u proizvodima može imati značajan utjecaj na neke od indikatora [14].

DIREKTIVA KOMISIJE 2002/72/EZ U VEZI S MATERIJALIMA I PREDMETIMA OD PLASTIKE KOJI DOLAZE U DODIR S HRANOM (eng. ***Plastic Materials And Articles Intended To Come Into Contact With Food Directive 2002/72/EC***)

Ovom direktivom utvrđuju se pravila za materijale i predmete od plastike koji dolaze u dodir s hranom. Navodi se popis tvari dopuštenih za uporabu u proizvodnji [14].

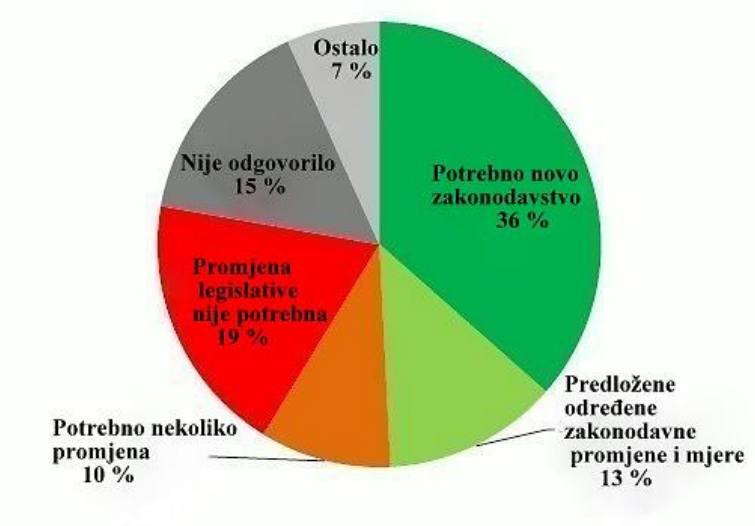
ZELENA KNJIGA O EUROPSKOJ STRATEGIJI ZA PLASTIČNI OTPAD U OKOLIŠU (eng. ***Green paper***)

U zakonodavstvu EU ne postoje pravni akti koji su usmjereni posebno na plastični otpad te je iz tog razloga Europska komisija pokrenula raspravu objavljujući dokument "Zelena knjiga o europskoj strategiji o plastičnom otpadu u okolišu". Zelene knjige su dokumenti koje objavljuje Europska komisija kako bi potaknula raspravu na europskoj razini o određenim temama. Njima se nadležne strane (tijela ili pojedinci) pozivaju na sudjelovanje u postupku savjetovanja i raspravu na temelju iznesenih prijedloga (slika 8). Zelene knjige mogu dovesti do zakonodavnih promjena. Zelena knjiga o plastičnom otpadu u okolišu, objavljena 7. ožujka 2013. godine, privukla je veliki interes s više od 270 odgovora od tijela javne vlasti, nevladinih organizacija, industrije i drugih zainteresiranih strana [35].

Doneseni zaključci „Zelene knjige“ su:
Preporuča se bolja primjena i provedba postojećeg zakonodavstva i usklađivanje zakonodavstva među članicama EU te razmatranje plastičnog otpada kao važnog resursa. Zakonodavstvo mora biti usmjereno na postavljanje novih ciljeva recikliranja te na provođenje zabrana odlaganja netretiranog otpada za odlagalište [34].

Prvo pitanje glasi*: Može li se plastika propisno zbrinuti primjenjujući postojeću legislativu iz područja gospodarenja otpadom ili se u postojeće zakonodavstvo trebaju unijeti promjene?*

Od 250 ispitanika, 15 % nije odgovorilo na pitanje. Polovica ispitanika predložila je nove zakonske reforme, 36 % od njih bilo je izričito za nove zakone dok je 13 % predložilo zakonodavne promjene ili nove mjere. Korisno je napomenuti kako se kao primjer potrebnih promjena najčešće navodi postavljanje novih ciljeva recikliranja, unaprijeđenje legisative u području sakupljanja i sortiranja otpada. 19 % ispitanika smatra kako je postojeća legislativa dostatna, iako je 10 % od njih spomenulo nekoliko promjena.



Slika 8. *Odgovori na prvo pitanje iz Zelene knjige* [34]

2.5. Gospodarenje polimernim otpadom

Hrvatski zakon pravi razliku između pojmova gospodarenja, oporabe i zbrinjavanja. U svakodnevici pojmovi „gospodarenje“ i „zbrinjavanje“ najčešće se izjednačavaju iako je po zakonu RH „gospodarenje otpadom“ šireg opsega. Detalji o pojedinim pojmovima opisani su u Zakonu o održivom gospodarenju otpadom, NN 94/13.

Polimerni otpad sadrži puno različitih vrsta polimernih materijala koje je teško odvojiti. Otpadne polimerne materijale posebno je važno nastojati zbrinuti jer se polazne komponente za njihovu sintezu dobivaju iz nafte koja je neobnovljiv izvor energije i treba voditi brigu o njezinom racionalnom trošenju. Kod gospodarenja polimernim otpadom treba odabrati optimalni tretman, ekonomski isplativ, s najnižim stupnjem rizika za ljudsko zdravlje i okoliš. Pri tome se treba uzeti u obzir i hijerarhija gospodarenja otpadom koju je propisala Europska direktiva o otpadu (Waste Framework Directive 2008/98/EC). Tri najpoželjnije metode zbrinjavanja polimernog otpada su smanjenje nastanka otpada (redukcija), ponovna upotreba i recikliranje (oporaba), zatim slijedi spaljivanje i odlaganje sukladno propisanoj hijerarhiji [36].

2.5.1. Prikupljanje

Prikupljanje je početni i ključni korak u bilo kojem procesu gospodarenja otpadom. Na osnovi njega određuje se sastav različitih tokova otpada koji su bitni za odabir najpodobnijeg postupka predobrade i sortiranja [31]. U Europi postoji mnogo različitih, ali uspješnih sustava prikupljanja otpada. Svi dijele isti cilj: maksimalno povećati oporabu otpada koji se može reciklirati te iskoristiti energetsku vrijednost koju posjeduje, sve u svrhu sprječavanja njegova odlaganja čime bi se ovaj vrijedan resurs zanemario [31].

Jedan od primjera, koji se pokazao uspješnim, je sustav prikupljanja odvojenog otpada, što znači da se otpad odvaja na kućnome pragu te se zatim prikuplja i transportira na daljnu obradu. Iako zahtijeva dodatni angažman i edukaciju ljudi kako bi se što pravilnije razvrstao, takav sustav prikupljanja u konačnici daje bolju kvalitetu oporabljenih materijala [37]. Većina polimera međusobno je nemješljiva pa njihovo recikliranje nije moguće provesti bez prethodnog razdvajanja [36]. U tom slučaju primjenjuje se navedeni sustav odvojenog prikupljanja otpada prema kojem se plastika odlaže u posebne kontejnere, najčešće žute boje (slika 9).

Danas se često primjenjuje i sustav prikupljanja mješovitog „suhog“otpada koji posjeduje mogućnost recikliranja. Tako se zajedno prikupljaju plastična i metalna ambalaža, čak nekada i papir i staklo. Daljnom obradom u suvremenim postrojenjima za

sortiranje i oporabom nastaje reciklat visoke kvalitete koji zadovoljava potrebe tržišta. Kada je riječ o plastici, ona se automatski odvaja u specijaliziranim postrojenjima (sortirnice), gdje se pomoću IC-senzora (eng. *Integrated Circuit sensors)* utvrđuje tip polimera te se prema tome sortira. Sav iskoristivi plastični otpad se oporabljuje, a neiskoristivi dio odlazi na termičku obradu [15, 37].



Slika 9. *Prikupljanje plastike u žutim kontejnerima* [38]

Osim sustava za prikupljanje komunalnog otpada, postoje i posebni sustavi prikupljanja otpada iz posebnih kategorija poput otpadnih vozila, elektičnih i elektroničkih uređaja, ambalaže, a koje sadrže plastiku u nekom udjelu. Plastika se daljnim postupcima oporabe izdvaja i oporabljuje na jedan od pogodnih načina oporabe [37].

2.5.2. Predobrada polimernog otpada za oporabu

Prethodna obrada i postupci sortiranja plastičnog otpada omogućuju da vrijedan resurs ne završi na odlagalištu, već da bude pretvoren u reciklat prihvatljive kvalitete. Mnoge tehnologije danas se koriste za prethodnu obradu otpada i sortiranje. Od ručnog razvrstavanja do automatiziranih procesa kao što je usitnjavanje, prosijavanje, odvajanje na osnovi različite gustoće (u tekućini, zraku) ili pak visoko sofisticiranim spektrofotometrijskim tehnologijama sortiranja, npr. UV/VIS, NIR, Laser, itd. Moderna

postrojenja za sortiranje često su složene infrastrukture te primjenjuju više navedenih tehnologija koje su pak prilagođene specifičnim tokovima otpada [39]. Danas, suvremeni postupci za predobradu i sortiranje mogu obraditi više od 100.000 t/god mješovite plastične ambalaže i ostalih suhih materijala za recikliranje. U slučaju homogenih plastičnih materijala, takvi postupci omogućuju proizvodnju reciklata čistoće veće i od 95 % [39].

Različite primjene polimernih materijala u vozilima, elektroničkim uređajima i sl., također mogu zahtijevati različite, zakonom propisane, postupke predobrade. Dok se neki veliki plastični dijelovi iz tih tokova otpada mogu reciklirati, ostale plastične frakcije koje se nalaze u složenijim tokovima otpada nisu ni toliko čiste, niti dostupne u dovoljnim količinama da bi njihova mehanička oporaba bila isplativa s ekonomskog i ekološkog aspekta. U takvim slučajevima postoje alternativna rješenja za njihovu oporabu poput njihova korištenja u industriji čelika gdje služe kao redukcijsko sredstvo [39]. Osnovne metode predobrade polimernog otpada su sortiranje, usitnjavanje, pranje i sušenje.

Da bi se prikupljeni otpad što bolje reciklirao, potrebno ga je sortirati. Većina polimera je međusobno nemješljiva pa njihovo recikliranje nije moguće provesti bez prethodnog razdvajanja. Sortiranje se vrši ručno ili na temelju svojstava polimera. Ručno sortiranje provodi se na osnovi vizualne identifikacije otisnutog recikliranog broja na ambalaži te na osnovi različitih obojenja i nijansi boje. Ono je neefikasno i ekonomski nepovoljno. Stoga se pristupa sortiranju na temelju različitih svojstva polimernih materijala. Koriste se razne kemijske, fizikalne, optičke i električne metode. Nakon sortiranja slijedi usitnjavanje polimera [36].

Usitnjavanje se provodi s ciljem smanjenja volumena polimernog otpada čime se olakšava transport i punjenje spremnika u postrojenju za recikliranje. Usitnjavanje plastike potrebno je iz praktičnih razloga provesti i prije postupka spaljivanja otpada. Osim smanjenja volumena, usitnjavanje omogućuje i odstranjivanje ostalih materijala s proizvoda, ukoliko nisu prethodno razdvojeni ili ih je bilo nemoguće odvojiti prethodno provedenim postupcima razdvajanja [36].

Pranjem se uklanjaju ostaci raznih tvari s polimerne ambalaže: hrana i piće, ljepila, papir, zemlja itd. Provode se u velikim spremnicima opremljenim dovodom i odvodom vode, kao i posebnim nastavcima (npr. sita različitih promjera očica koja odvajaju različite nečistoće ili su skupljači pjene koja se uklanja s površine). Ovisno o tipu plastike koji se reciklira, postoje i posebni procesi pranja, uz dodatak određenih kemijskih spojeva i pri točno određenoj temperaturi [36].

Sušenje slijedi nakon pranja. Kod procesa sušenja vrlo je važno pažljivo podesiti temperaturu, ovisno o tipu polimernog materijala čije se recikliranje provodi, da bi se izbjegla njegova degradacija [36].

2.5.3. Oporaba

Općenito, prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom NN, 94/13, oporaba otpada jest svaki postupak čiji je glavni rezultat uporaba otpada u korisne svrhe. Postoje mnogi postupci oporabe otpada, no kada je o polimernom otpadu riječ, najčešće je to mehanička, energetska i kemijska oporaba.

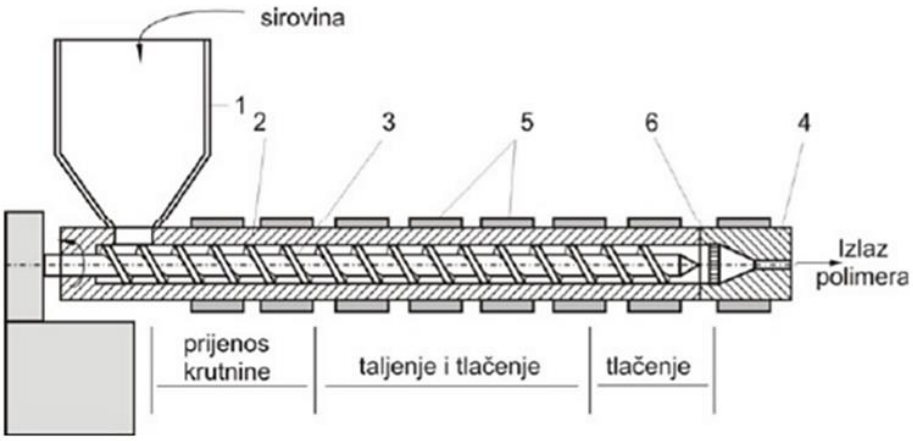
Mehanička oporaba

Mehaničkom obradom sortiranog polimernog otpada nastaje reciklat u granulama (slika 10) koji se koristi za proizvodnju novog proizvoda. Pri tome kemijska struktura ostaje gotovo nepromijenjena. Oporaba mehaničkim postupkom uključuje određene postupke pripreme sirovine. U praksi, učestali postupci su rezanje, uklanjanje nečistoća, floatacijsko odvajanje, mljevenje, pranje i sušenje, sakupljanje i ekstrudiranje. Rezanjem se veliki komadi plastike režu na male komadiće za daljnju obradu, zatim se iz usitnjene plastike uklanjaju papir, prašina i ostale nečistoće, najčešće pomoću ciklona. Slijedi odvajanje različitih vrsta ovisno o gustoći, tzv. floatacijsko odvajanje. Tako odvojena, istovrsna plastika, melje se, pere vodom ili kemikalijama te suši. Obrađena plastika – reciklat, skuplja se te šalje na daljnju obradu, najčešće ekstrudiranje, jedan od najviše korištenih postupaka preradbe polimernih materijala (slika 11). Kako je to skup i

energijski osjetljiv proces, oporabitelji se trude smanjiti potrebne korake pripreme što je više moguće. U konačnici, reciklat je očišćen i sortiran po veličini granula [3, 41].



Slika 10. *Reciklat polietilena* [40]



Slika 11. *Shematski prikaz procesa ekstrudiranja polimera* [2]
1-lijevak, 2-cilindar, 3-pužni vijak, 4-matrica, 5-grijači, 6-usmjerivač

Mehanička oporaba ima smisla kada je plastični otpad čist i sortiran prema vrsti. Industrijski plastični otpad prikladna je sirovina za mehaničku oporabu, zbog istovrsnosti, niske onečišćenosti i dostupnosti uvelikim količinama. Dobri primjeri mehaničke oporabe su: PET boce, industrijski filmovi od poliolefina ili prozorski okviri od PVC-a [3]. Važno je spomenuti da se i gumeni materijali mogu mehanički oporabiti mehaničko-

toplinskim postupkom kidanja veza, postupkom poznatim pod nazivom masticiranje. Najveća primjena tih reciklata je pri proizvodnji asfaltnih smjesa [41].

Kada je dostupan u velikim količinama, čisti i homogeni tip plastičnog otpada, idealan je za mehaničku oporabu i s okolišnog i ekonomskog aspekta. Prednosti zamjene primarnih sekundarnim sirovinama tj. recikliranim, očito premašuju pritiske na okoliš nastale uslijed sakupljanja, transporta i postupaka oporabe dok su, gledano s ekonomske strane, troškovi tih postupaka zanemarivi u usporedbi s potencijalnim prihodom dobivenim od prodaje reciklata na tržištu. S druge strane, reciklat (regenerat) mora udovoljavati tehničkim zahtjevima tj. propisanim standardima. Poznato je da se organski materijali, npr. papir, plastika i guma, ne mogu beskonačno puta ponovno upotrebljavati, jer sa svakim procesom ponovljene uporabe materijal gubi dio svojstava. Time su mehaničkoj oporabi postavljene granice [42]. Cilj je stoga izrada reciklata osigurane kvalitete i pronalaženje tržišta kako bi njegova proizvodnja bila ekonomski isplativa. U suprotnom, polimerni otpad koji se ne može održivo reciklirati postat će vrijedan resurs za druge vrste oporaba.

Kemijska oporaba

Predstavlja kidanje kemijskih veza otpadnih polimera pomoću toplinske energije tijekom kemijske reakcije ili pomoću kemijskih reakcija čime se dobivaju ulja ili plinovi koji služe kao sirovina za proizvodnju novih petrokemijskih proizvoda i polimera odnosno dobiva se polimerna sirovina [3]. Izraz „*kemijska*“ odnosi se na činjenicu da dolazi do promjena u kemijskoj strukturi samog polimera. Produkti kemijskog recikliranja dokazano se mogu koristiti kao gorivo, a tehnologija koja to omogućuje je proces depolimerizacije koji rezultira visokom profitabilnošću i održivim industrijskim programom, osiguravajući visoku proizvodnost uz minimalni otpad [41].

Za kemijsku oporabu pogodni su svi polimeri tj. duromeri, elastomeri, elastoplastomeri i plastomeri. Kemijska oporaba posebno je poželjna za recikliranje plastike koja stvara poteškoće pri recikliranju. Takva je primjerice laminirana i kompozitna plastika, mješovita plastika niske kvalitete ili pak ona, kontaminirana hranom

ili nekim drugim tvarima [3, 41]. Iako postoji mnogo tehnologija kojima se kemijskim putem oporabljuje plastični otpad, većina njih teško je primjenjiva jer zahtijeva velika investicijska sredstva i velike količine istovrsnih otpadnih sirovina.

Postupci kemijske oporabe uključuju [41]: pirolizu, rasplinjavanje, spaljivanje plazmom, hidrolizu, hidriranje, recikliranje otapanjem. Danas se najviše primjenjuju postupci pirolize, rasplinjavanja te spaljivanje plazmom, jer su prikladni za zbrinjavanje velikih količina mješovitog otpada, a potrebne investicije za izgradnju postrojenja niže su od drugih, ponekad i boljih tehnologija za zbrinjavanje otpada. Zahvaljujući značajnom razvoju posljednjih godina, neke tehnologije postale su ekonomski dovoljno održive te su pronašle primjenu u nekim granama industrije, iako je na industrijskoj razini proizvodnje dokazano da je ekonomski opravdana samo tehnologija visoke peći [3, 42].

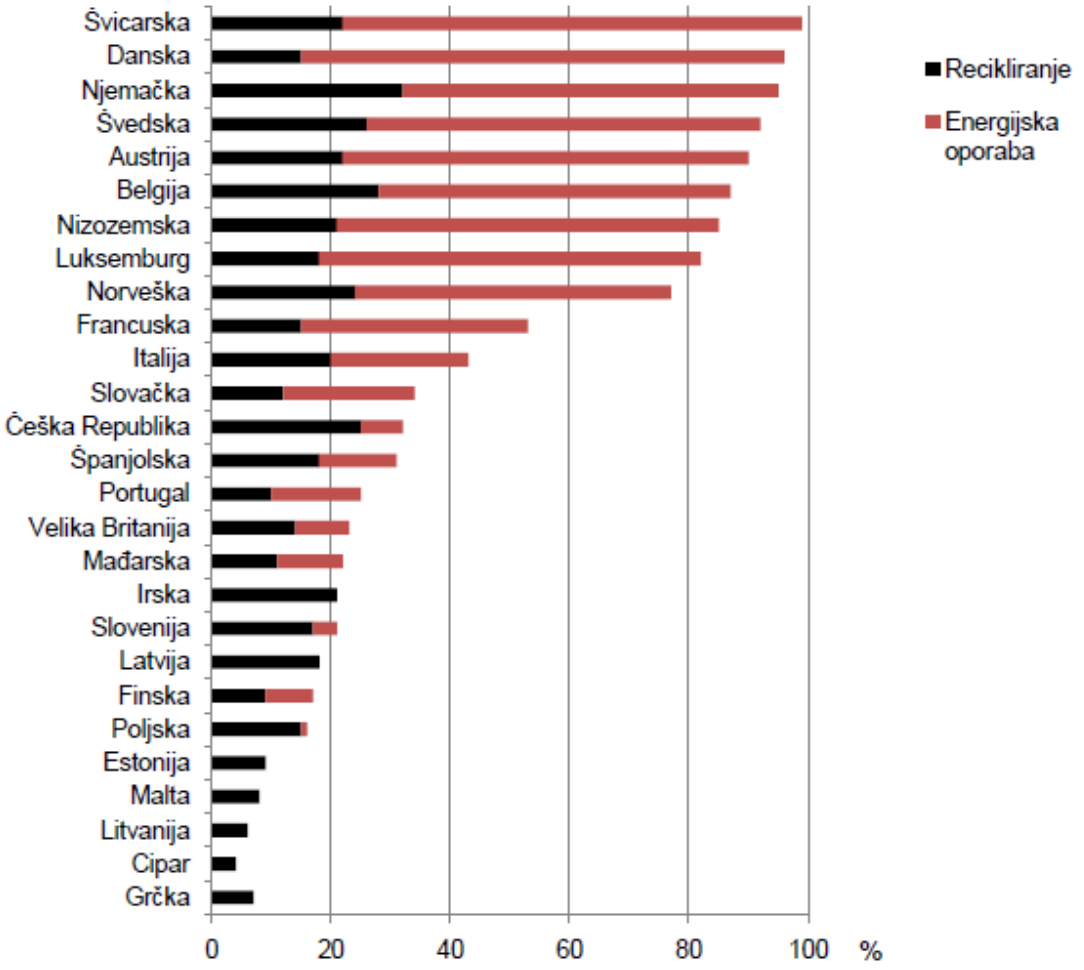
Energetska oporaba

Predstavlja izgaranje polimernog otpada uz istovremeno korištenje dobivene energije za proizvodnju električne energije, pare ili toplinske energije za grijanje. Procjenjuje se da je energetska vrijednost polimernog otpada 35 MJ/kg što ga čini vrijednom sirovinom za energetsku oporabu. Plastika je, primjerice po svojoj kaloričnoj vrijednosti vrlo slična loživom ulju, stoga ga može djelomično zamijeniti te tako pomoći očuvanju prirodnih resursa [3].

Energetska oporaba pogodna je za mješoviti i/ili kontaminirani otpad iz komunalnog otpada ili pak od složenih otpadnih plastičnih proizvoda, kao što su elektronički otpad ili otpadna vozila [3].

Postrojenja u kojima se odvija energetska oporaba su energane na otpad. Primjeri takvih postrojenja su kogeneracijska postrojenja koja proizvode i toplinsku i električnu energiju, koristeći plastični otpad kao gorivo u kombinaciji s drugim visoko kaloričnim materijalima, čime postaju vrijedan izvor topline i energije, koje prema nekim procjenama mogu zadovoljiti 10 % energetskih potreba jedne zemlje. Gumene pneumatike primjerice, moguće je energijski oporabiti u cementarama gdje većina otpada,

u sigurnom i zatvorenom procesu, izgori i pretvori se u toplinsku energiju, a neizgoreni ostatak ide u cement. Nadalje, gorivo nastalo iz neopasnog krutog otpada - SRF gorivo (eng. *solid recovered fuel*), zbog svoje visoke ogrjevne vrijednosti sve se više koristi u različitim postrojenjima, od cementnih peći do toplana i termoelektrana kao gorivo, pri čemu se snmanjuje potreba za primarnim fosilnim gorivom. Svi procesi energetskog oporavka koriste samo najbolje dostupne tehnologije kako bi se sa sigurnošću moglo tvrditi da su sigurne, odgovorne i učinkovite instalacije [42].



Slika 12. *Oporaba plastičnog otpada u Europi 2009.* [41]

Dobivanje energije iz otpada ima vrlo važnu ulogu u upravljanju otpadom, a glavne prednosti su smanjenje obujma i inertizacija otpada, korištenje vrijednosti te gospodarenje rastućom količinom otpada. Pošto polimerni otpad zauzima značajan volumen u odlagalištima, ali posjeduje i visoku energetsku vrijednost, njegova energetska oporaba jedna je od najzastupljenijih postupaka gospodarenja takvom vrstom otpada u Europi (slika 12).

2.5.4. Spaljivanje

Za razliku od energana na otpad, postoje i postrojenja čiji je primarni i često jedini cilj, smanjivanje obujma otpada. Spalionice komunalnog otpada primjer su takvih postrojenja. Komunalni otpad koji se u njima spaljuje, mješovitog je sastava te pri njegovu izgaranju nastaju brojni štetni plinovi i pepeo. Najveću pozornost i strah izazivaju dioksini, skupina otrovnih spojeva koja nastaje nekontroliranim spaljivanjem otpada i to plastične ambalaže, guma, kablova i medicinskog otpada, ali se njihova emisija znatno smanjuje kad se spaljivanje provodi pod kontroliranim uvjetima i kod vrlo visokih temperatura. Rezultati ispitivanja rada spalionica komunalnog otpada koja je proveo Institut za europsku okolišnu politiku (IEEP), pokazuju da su se emisije toksičnih, kancerogenih onečišćivala, kao i dioksina i teških metala, znatno smanjile te su male u usporedbi s drugim izvorima onečišćenja. Još jedna pozitivna vijest po pitanju dioksina otkrivanje je novog postupka za smanjenje njegove emisije. To je tzv. „AIDOX“ postupak koji se temelji na adsorpciji dioksina na polimernim materijalima, a koji se rabe kao konstrukcijski materijali u opremi za čišćenje dimnih plinova, jer su korozijski postojani i jeftini. Takvi materijali već su u uporabi od 2001. godine u više spalionica komunalnog otpada, primjerice u Danskoj i Švedskoj. Jedan od većih problema spaljivanja komunalnog otpada je i nastajanje značajnih količina pepela. Razlikuje se pepeo na dnu peći koji čini 25-30 % spaljenog otpada te leteći pepeo. Obje vrste pepela mogu biti izvori onečišćenja. U mnogim zemljama pepeo se najčešće odlaže na posebna odlagališta ili se obrađuje vitrifikacijom [43].

Kao postupak zbrinjavanja plastičnog otpada koji je sastavni dio komunalnog otpada prednost se daje energanama na otpad iako se i spalionice komunalnog otpada

smatraju zadovoljavajućim rješenjem, ako je svrha smanjiti količine otpada u što kraćem vremenu te zbrinuti ostatak koji se više ne može iskoristiti [43].

2.5.5. Odlaganje

Odlaganje plastičnog otpada znači ekonomsku štetu, jer je plastični otpad voluminozan i zauzima prostor na odlagalištu te se ne iskorištava njegova potencijalna vrijednost. Budući da se polimerni materijali upotrebljavaju nekih 60-tak godina, još uvijek nema dovoljno informacija o njihovom djelovanju na odlagalištima, osim da pokazuju vrlo male promjene i nakon niza godina. Imajući na umu napore koje politika EU ulaže kako bi stvorila osviješteno društvo sklono recikliranju, teško je prihvatiti negativnu činjenicu da se u Europi još uvijek u prosjeku odlaže gotovo 50 % plastičnog otpada [17].

3. ZAKLJUČAK

Polimerni otpad jedna je od vrijednih sirovina koja se nedovoljno reciklira i završava na odlagalištima zbog čega može narušavati kakvoću i estetiku okoliša. Izgrađena infrastruktura i razvijen sustav gospodarenja polimernim otpadom, ključni su kako bi se spriječilo odlaganje polimernog otpada i kako bi se spriječile najmanje poželjne opcije zbrinjavanja; spaljivanje u nekontroliranim uvjetima i „divlje“ odlaganje. Proučavajući postojeće postupke oporabe polimernog otpada može se zaključiti kako ne postoji opravdanje za neiskorištavanje njegova potencijala, bilo u vidu energije, nove sirovine ili goriva. Međutim, odabir najpovoljnijeg postupka zahtijevat će sagledavanje odabira opcija s više aspekata. Ekonomska i socijalna situacija te zakonska regulativa različite su u svakoj državi što znači da će se i postupci oporabe i zbrinjavanja uvelike razlikovati od države do države. U svakom slučaju, oporaba i zbrinjavanje polimernog otpada nužni su kako bi se smanjile postojeće količine i smanjili negativni pritisci na okoliš.

4. LITERATURA

[1] Pine H.S. *Organska kemija*. Zagreb: Školska knjiga; 1994. Pogl. 25

[2] Deželić R. *Osnove konstrukcijskih materijala.*Skripta. Split: Sveučilište u Splitu, Fakultet strojarstva i brodogradnje. 1996.

[3] Pavlović G., Sartorius I. *Plastika-previše vrijedna da bi se bacila*. Stručni rad za XI međunarodni simpozij Gospodarenje otpadom. Zagreb:Hrvatska gospodarska komora, Sektor za industriju, Udruženje za plastiku i gumu. 2010.

[4] Leksikografski Zavod Miroslav Krleža. *Polimerni materijali*. Dostupno na: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=49183 Datum pristupa: 14.04.2016.

[5] Potapov V. M., Tatarinchik S. N. *Organic chemistry*. Moscow: Mir Publishers; 1979. pp. 466-484

[6] Čatić I., Barić G., Cvjetičanin N.,Galić K., Godec D., Grancarić A., Katavić I., Kovačić T., Raos P., Rogić A., Rujić-Sokele M., Vranješ N., Vrsaljko D., Andričić B. *Polimeri- od prapočetka do plastike i elastomera*. Polimeri. 2010. 31(2) str. 59-70

[7] Hrnjak-Murgić Z. *Gospodarenje polimernim otpadom*. Skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

[8] Dostupno na: https://www.doktor.rs/img/upload/695m-klupko-vune.jpg. Datum pristupa: 19.05.2016.

[9] Dostupno na: http://ekorodzice.pl/imgart/uz/uzume/1125/middle/21957011304068055.jpg. Datum pristupa: 19.05.2016.

[10] Dostupno na: http://www.conrad-hr.biz/artikel/811357/pressol-mjerna-casa-polipropilen-0-7062-07062-. Datum pristupa: 19.05.2016.

[11] Dostupno na: http://www.mvq-silicones.de/media/1696/main-page-silicone-tube_large.jpg. Datum pristupa: 19.05.2016.

[12] Bogdanić G., Kuzmić Herceg A., Vuković R. *Definicije osnovnih pojmova koji se odnose na polimerne mješavine, kompozite i višefazne polimerne materijale*. Kem ind. Zagreb 2009. 58(9) str. 387-403

[13] Drobny J., G. *Handbook of Thermoplastic Elastomers*. 2nd Ed. Oxford: Elsevier; 2014. pp. 301-337

[14] Bio Inteligence Service. *Plastic waste in the environment*. Revised and final report. European Commision. DG ENV. Paris. 2011.

[15] Šola I., Gušić N., Lovrić D. *Gospodarenje otpadnim vrećicama*. Kem ind. 2014. 63(5-6) str. 209-211

[16] Sredojević J. *Problematika i postupci reciklaže otpada plastičnih masa*. Peti znanstveno-stručni skup na međunarodnoj razini-Kvalitet 2007. Neum. 2007.

[17] European Commisssion. *Plastic waste*. Dostupno na: http://ec.europa.eu/environment/waste/plastic_waste.htm. Datum pristupa: 29.03.2016.

[18] European Environment Agency. *The European Environment - state and outlook 2015: synthesis report.* Copenhagen. 2010. p.115

[19] Akovali G. *Plastic, rubber and health*. Shawbury: Smiters Rapra Technology Limited; 2007. p. 1

[20] Jurica K., Uršulin-Trstenjak N.,Vukić- Lušić D., Lušić D., Šmit Z. *Izloženost ftalatima i njihova pojavnost u alkoholnim pićima*. Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju. 2013. 64. str. 317-325

[21] Gies A., Soto M. A. *Lessons from health hazards. Bisphenol A: contested science, divergent safety evaluations*. European Environment Agency. 2012. p. 215.

[22] Dostupno na: http://www.recyclecartons.com/wpcontent/uploads/CartonDiagram.jpg. Datum pristupa: 21.05.2016.

[23] *Pravilnik oambalaži i ambalažnom otpadu*. Narodne novine. 2004. Broj 178. [21.05.2016.]

[24] Dostupno na: http://assets.inhabitat.com/wpcontent/blogs.dir/1/files/2016/01/plastic-trash-in-oceans-and-waterways.jpg. Datum pristupa: 01.06.2016.

[25] Dostupno na: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/distribution-of-marine-litter-items#tab-chart_1. Datum pristupa: 02.05.2016.

[26] European Environment Agency. Living in a changing climate. *Litter in our seas*. Publification. Copenhagen. 2014.

[27] Ryan P.G., Moore C.J., Van Franeker J.A., Moloney C.L. *Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment*. Philos T R Soc B. 2009. 364. pp. 1999-2012

[28] Europska unija. *Uredbe, direktive i ostali akti*. Dostupno na: http://europa.eu/eu-law/index_hr.htm . Datum pristupa: 16.04.2016.

[29] European Commission. *Green paper on a European Strategy on Plastic Waste in the Environment*. Brussels. 2013.

[30] European Commisssion. *Packaging and Packaging Waste.* Dostupno na: http://ec.europa.eu/environment/waste/packaging/index_en.htm. Datum pristupa: 16.04.2016.

[31] PlasticsEurope. *Zero plastics to landfill.* Dostupno na: http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/zero-plastics-to-landfill.aspx . Datum pristupa: 16. 04.2016.

[32] European Commisssion. *Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE).* Dostupno na: http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm. Datum pristupa: 16.04.2016.

[33] European Commisssion. *REACH*. Dostupno na: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_en.htm. Datum pristupa: 16.04.2016.

[34] Bio Intelligence Service. *Analysis of the public consultation on the green paper „European Strategy on Plastic Waste in the Environment*“. Final Report. European Commision, DG ENV. 2013.

[35] European Commisssion. *Green papers.* Dostupno na: http://ec.europa.eu/green-papers/ . Datum pristupa: 16.04.2016.

[36] Ptiček Siročić A. *Recikliranje i zbrinjavanje otpada*. Interna skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije. Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku kemijsku tehnologiju. 2012.

[37] PlasticsEuope. *Waste Collection.* Dostupno na: http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/zero-plastics-to-landfill/waste-collection.aspx . Datum pristupa: 10. 04.2016.

[38] Dostupno na: http://www.usluga-pazin.hr/wp-content/uploads/2010/06/Picture-063.jpg. Datum pristupa: 31.05.2016.

[39] PlasticsEuope. *Waste Pre-treatment and Sorting.* Dostupno na: http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/zero-plastics-to-landfill/waste-pre-treatment-and-sorting.aspx . Datum pristupa: 10. 04.2016.

[40] Dostupno na: http://www.jberger.ch/images/product_images/popup_images/194_0.jpg. Datum pristupa: 04.05.2016.

[41] Turkalj J. *Održivo upravljanje polimernim otpadom*. Završni rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje. 2010.

[42] Al-Salem S.M., Lettieri P., Baeyens J. *Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review*. Waste Manage. 2009. 29 (10) pp. 2625-2643

[43] Švob A. *Spalionice otpada, dioksini i pepeo*. Polimeri. 2003. 24 (1) str. 25-2

5. POPIS SLIKA

Slika 1. Prirodni i sintetski polimeri
Slika 2. a) Vuna, prirodni organski polimer; b) Glina, prirodni sintetski polimer
Slika 3. a) Mjerna čaša od PP ; b) Silikonske cjevčice
Slika 4. Podjela polimernih materijala
Slika 5. Višeslojna ambalaža
Slika 6. Onečišćenje oceana plastikom
Slika 7. Udio najzastupljenijih materijala u otpadu prikupljenom iz mora, oceana
Slika 8. Odgovori na prvo pitanje iz Zelene knjige
Slika 9. Prikupljanje plastike u žutim kontejnerima
Slika 10. Reciklat polietilena
Slika 11. Shematski prikaz procesa ekstrudiranja polimera
Slika 12. Oporaba plastičnog otpada u Europi 2009.

6. POPIS TABLICA

Tablica 1. Polimeri koji se koriste u proizvodnji automobila
Tablica 2. Označavanje polimernih materijala