

# ONEČIŠĆENJE PLASTIKOM - IZVORI OPASNIH KEMIČALIJA

---

Jagar, Matko

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:802048>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



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

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni prijediplomski studij Sigurnost i zaštita

Matko Jagar

# **ONEČIŠĆENJE PLASTIKOM – IZVORI OPASNIH KEMIKALIJA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Matko Jagar

**PLASTIC POLLUTION – SOURCES  
OF DANGEROUS CHEMICALS**

FINAL PAPER

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni prijediplomski studij Sigurnost i zaštita

Matko Jagar

# **ONEČIŠĆENJE PLASTIKOM – IZVORI OPASNIH KEMIKALIJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr. sc. Jasna Halambek, v. pred.

Karlovac, 2024.



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

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni/specijalistički studij: **STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ  
SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

Usmjerenje: **ZAŠTITA NA RADU**

Karlovac, 2024.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: **MATKO JAGAR**

Matični broj:

Naslov: **ONEČIŠĆENJE PLASTIKOM – IZVORI OPASNIH KEMIKALIJA**

Opis zadatka:

U završnom radu istražiti će se onečišćenje okoliša plastikom kao izvora opasnih kemikalija, te njihov utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi. Kroz dostupnu literaturu, istraživanja i egzaktno pokazatelje sagledat će se činjenice, utvrditi stanje i stupanj onečišćenja plastikom te istražiti moguća i učinkovita rješenja za smanjenje onečišćenja okoliša plastikom s ciljem smanjenja štetnih utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

10/2023

08/2024

09/2024

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr.sc. Jasna Halambek, v. pred.

Lidija Jakšić, mag. ing. cheming., pred.

## **PREDGOVOR**

Izjavljujem da sam završni rad pod naslovom „Onečišćenje plastikom – izvori opasnih kemikalija“ u cijelosti samostalno napisao koristeći stečeno znanje tijekom studija, istražujući i koristeći dostupnu znanstvenu literaturu, stručnu literaturu, objavljena istraživanja i elektroničke medije, navodeći izvore. Nastojao sam pri tome obraditi najnovija saznanja, istraživanja i dostupna rješenja za smanjenje onečišćenja okoliša plastikom i za zaštitu zdravlja ljudi.

Zahvaljujem mentorici dr.sc. Jasni Halambek, v.pred. na pruženoj stručnoj pomoći i usmjeravanju prilikom izrade završnog rada.

Ovom prigodom zahvaljujem svim profesorima i djelatnicima Veleučilišta u Karlovcu na cjelokupnoj podršci, strpljenju i uloženom trudu u prenošenju stručnog znanja te otvaranju novih pogleda na okoliš i društvo u kojemu živim.

“Čuvajmo Zemlju i prirodu na njoj, jer ih nismo naslijedili od svojih djedova i očeva, nego smo ih posudili od svojih potomaka.” (Indijanski poglavica Bik Koji Sjedi).

Matko Jagar

## SAŽETAK

Plastika je neizbježan dio naše svakodnevice i gotovo je nemoguće zamisliti moderan život bez plastičnih materijala. Plastika je sintetički materijal sačinjen od polimera, dugih lanaca molekula koji se mogu oblikovati u različite oblike i veličine. Ona je složena kombinacija kemikalija i različitih aditiva koji se dodaju radi poboljšanja njenih svojstava. Plastika može sadržavati štetne kemikalije koje mogu dospjeti u hranu, piće i zrak, što dokazano izaziva štetne zdravstvene posljedice za ljude, druga živa bića i okoliš u cjelini. Razgradnjom plastičnih proizvoda u okolišu, pod utjecajem vodenih struja, vjetra i sunčeve svjetlosti, nastaje mikroplastika. Otkrivena je u svim morskim organizmima, morskoj hrani i pitkoj vodi, a također u tkivima i organima čovjeka.

Onečišćenje plastikom došlo je do gotovo svakog kutka našeg planeta. Na koji god način i kojim god putem plastika dospije u okoliš, zbog svog kemijskog sastava i svojih svojstava ostaje u našem okolišu generacijama. Očuvanje okoliša, pažljivo planiranje i održivo gospodarenje okolišem i njegovim resursima nužnost su opstanka ljudske vrste i moraju biti temelj razvojne strategije svakog suvremenog uređenog društva.

**Ključne riječi:** plastika, kemikalije, okoliš, onečišćenje, zdravlje.

## **SUMMARY**

Plastic is an inevitable part of our everyday life and it is almost impossible to imagine modern life without plastic materials. Plastic is a synthetic material made of polymers, long chains of molecules that can be formed into different shapes and sizes. It is a complex combination of chemicals and various additives that are added to improve its properties. Plastic can contain harmful chemicals that can get into food, drink and air, which is proven to cause harmful health consequences for people, other living beings and the environment. Decomposition of plastic products in the environment, under the influence of water currents, wind and sunlight, creates microplastics. It has been found in all marine organisms, seafood and drinking water, and also in human tissues and organs.

Plastic pollution has reached almost every corner of our planet. In whatever way and by whatever route, plastic enters the environment, due to its chemical composition and its properties, it remains in our environment for generations. Preservation of the environment, careful planning and sustainable management of the environment and its resources are a necessity for the survival of the human species and must be the basis of the development strategy of every modern organized society.

**Keywords:** plastic, chemicals, environment, pollution, health.



## SADRŽAJ

Stranica

ZAVRŠNI ZADATAK .....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK .....	III
SUMMARY.....	IV
SADRŽAJ .....	V
1. UVOD .....	1
2. ONEČIŠĆENJE PLASTIKOM .....	2
2.1. Plastika – svojstva i primjena .....	3
2.2. Kemijski spojevi u plastici i njihov utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje ....	8
2.2.1. Bisfenol A (BPA).....	11
2.2.2. Perfluoralkilne i polifluoralkilne tvari (PFAS).....	12
2.3. Izvori i vrste onečišćenja plastikom .....	15
3. SPRJEČAVANJE ONEČIŠĆENJA PLASTIKOM – IZAZOV DANAŠNJICE ..	19
3.1. Mjere Europske unije za zaštitu okoliša od onečišćenja plastikom .....	20
3.2. Mjere za zaštitu okoliša od onečišćenja plastikom u Hrvatskoj .....	21
3.3. Putevi ka održivoj plastici i osobni doprinos građana .....	24
4. ZAKLJUČAK .....	28
5. LITERATURA .....	29
6. POPIS KRATICA .....	31
7. POPIS SLIKA .....	32
8. POPIS TABLICA .....	32

## 1. UVOD

Područje istraživanja u ovom završnom radu odnosi se na onečišćenje okoliša plastikom, kao izvora opasnih kemikalija koje direktno utječu na sav živi svijet. Cilj rada je kroz dostupnu literaturu, istraživanja i egzaktne pokazatelje sagledati činjenice, utvrditi vrstu opasnih kemikalija u plastici i utjecaj na okoliš i čovjeka, utvrditi stupanj onečišćenja plastikom, te sagledati moguća i učinkovita rješenja za smanjenje onečišćenja plastikom.

Onečišćenje plastikom postalo je jedan od najvažnijih ekoloških problema, budući da je još uvijek znatno povećana proizvodnja jednokratnih plastičnih proizvoda, a njihovo zbrinjavanje nije dovoljno i adekvatno riješeno.

Plastika napravljena od fosilnih goriva stara je nešto više od jednog stoljeća. Belgijski kemičar Leo Baekeland stvorio je prvu potpuno sintetičku plastiku 1907. godine. Proizvodnja i razvoj tisuća novih plastičnih proizvoda ubrzani su nakon Drugog svjetskog rata, tako transformirajući moderno doba da bi život bez plastike danas bio neprepoznatljiv. Plastika je neizmjereno izdržljivi materijal koji se može koristiti u svemu, od prijevoza do medicine.

U osnovi pod pojmom plastike podrazumijevamo neki osnovni polimerni materijal uz dodatak različitih aditiva, odnosno plastika je složena kombinacija polimera i različitih kemikalija koje se dodaju radi poboljšanja njenih svojstava. Plastika može sadržavati štetne kemikalije koje mogu dospjeti u hranu, piće i zrak, što dokazano izaziva štetne zdravstvene posljedice za ljude, druga živa bića i okoliš u cjelini. Štoviše, mehaničkom razgradnjom plastičnih proizvoda u okolišu prvenstveno pod utjecajem vodenih struja, vjetra i sunčeve svjetlosti, nastaje mikroplastika. Mikroplastika je do sada pronađena u svim morskim organizmima, morskoj hrani i pitkoj vodi, a također u tkivima i organima čovjeka.

Jedino rješenje je prije svega spriječiti plastični otpad da uđe u rijeke i mora, što bi se moglo postići poboljšanim sustavima gospodarenja otpadom i recikliranjem, boljim dizajnom proizvoda koji uzima u obzir kratak vijek trajanja jednokratne ambalaže i smanjenjem proizvodnje nepotrebne jednokratne plastike.

## 2. ONEČIŠĆENJE PLASTIKOM

Onečišćenje prirode i okoliša je svako unošenje štetnih tvari koje uništava prirodnu ravnotežu okoliša i njegovih sastavnica: vode, zraka i tla. Svaka promjena sastava vode, zraka i tla ima izravan utjecaj na život biljaka, životinja i ljudi, a onečišćenje u bilo kojem obliku uzrokuje različite štetne utjecaje na čovjeka i okoliš. Štetne tvari u organizam ulaze udisanjem, probavom ili apsorpcijom kroz kožu. Izloženost onečišćenjima iz okoliša uzrokuje brojne zdravstvene probleme.

Ekologija je znanost koja proučava uzajamne odnose između živih organizama i okoliša o kojemu ovisi održavanje jedinki i populacija organskih vrsta i njihovih zajednica u prirodi. Ona proučava raspored i gustoću populacija organskih vrsta, način života i ponašanje u tim uvjetima okoliša [1]. Naziv potječe od znamenitog znanstvenika Charlesa Darwina (1809. – 1882.) koji ju prvi puta spominje 1859. godine u svojoj čuvenoj knjizi „O podrijetlu vrsta“. Potom je 1866. godine njemački biolog Ernst Haeckel (1834. - 1919.) koristio isti naziv i definirao ekologiju kao „cjelokupnu znanost o odnosima organizama spram svijeta koji ih okružuje, dijelom organske, dijelom anorganske prirode, odnosno kao položaj organizama u ekonomiji prirodne sveukupnosti.“

Pored toga što su objekt interesa ekologije pojedina živa bića, populacije vrsta, životne zajednice i ekosustavi, ekologija usko surađuje sa stručnjacima drugih prirodnih znanosti: kemičarima, fizičarima, geolozima, hidrolozima, klimatolozima, meteorolozima i dr. Proteklih desetljeća ekologija je postala područje interesa društvenih i tehničkih znanosti, njome se bave sociolozi, etičari, filozofi, politolozi te stručnjaci pojedinih tehničkih znanosti, osobito u zaštiti okoliša i prirode, što potvrđuje njenu multidisciplinarnost i duboku ukorijenjenost u suvremeno društvo.

Onečišćenje plastikom došlo je do gotovo svakog kutka našeg planeta, od rijeka i oceana do vrhova najviših planina. Na koji god način i kojim god putem plastika dospije u okoliš, zbog svog kemijskog sastava i svojih svojstava ostaje u našem okolišu generacijama. To je razlog što je onečišćenje plastikom u sadašnjosti

problem i budućnosti te je postalo jedan od najznačajnijih ekoloških izazova našeg vremena.

Plastika je svuda oko nas, postala je neizbježan dio naše svakodnevice i gotovo je nemoguće zamisliti moderan život bez plastičnih materijala. I u ovom trenutku svatko od nas okružen je i služi se predmetima od plastike, nosi na sebi odjeću od poliesterskih vlakana, pije i jede iz plastičnih posuda [1].

### **2.1. Plastika – svojstva i primjena**

Plastika (poliplasti, plastične mase) skupina je materijala na osnovi organskih polimera koji se mogu lijevati ili oblikovati na koji drugi način, obično pri povišenim temperaturama i tlakovima. Kao vrstu polimernih materijala karakterizira ih plastičnost, tj. svojstvo nepovratna deformiranja bez loma, što ih, uz nisku gustoću, žilavost te razmjerno nisku cijenu, čini prikladnima za izradbu vrlo različitih proizvoda. Tipična plastika sadrži i aditive – punila, bojila, plastifikatore, stabilizatore koji ponekad čine i veći dio materijala.

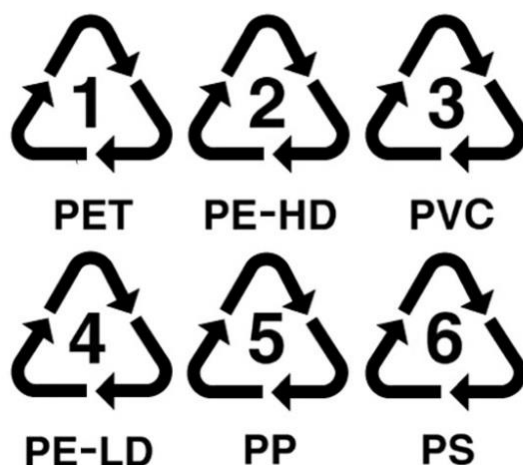
Plastika se prema načinu oblikovanja proizvoda dijeli na plastomere i duromere.

*Plastomeri* se pri zagrijavanju i oblikovanju polimernog izratka tale i pritom ne podliježu kemijskim reakcijama pa se mogu višekratno oblikovati. Više od 80% svjetske proizvodnje plastomernih osnova otpada na polietilen (PE), polipropilen (PP), poli(vinil-klorid) (PVC), polistiren (PS) i poli(etilen-tereftalat) (PET). U konstrukcijske plastomere za zahtjevnije primjene ubrajaju se poliakrilati, poliamidi, poliesteri, poliuretani, polikarbonat i dr.

*Duromeri* se pri oblikovanju izratka kemijski mijenjaju, često uz umrežavanje osnovne lančane strukture, pa se gotov polimerni izradak može smatrati jednom molekulom vrlo velike molekulske mase. Najvažnije duromerne osnove su fenolformaldehidne smole, aminoplasti, epoksidne smole i nezasićeni poliesteri. Pokušaj preoblikovanja dovodi do cijepanja kemijskih veza i razgradnje materijala, pa ga nije moguće provesti [2].

Slika 1. prikazuje vrste plastike prema načinu oblikovanja: plastomeri;

1. poli(etilen-tereftalat)
2. polietilen visoke gustoće
3. poli(vinil-klorid)
4. polietilen niske gustoće
5. polipropilen
6. polistiren.



Slika 1. Plastomeri [2].

Prvu plastiku, poznatu kao celuloid, izumio je Alexander Parkes 1856. godine i koristila se za izradu malih predmeta. Bila je teška za proizvodnju i skupa zbog čega će tek u 20. stoljeću doživjeti svoj puni potencijal.

Početak 20. stoljeća pojavljuju se nove vrste plastike, među njima i bakelit. Belgijski kemičar Leo Baekeland izumio je bakelit 1907. godine zagrijavanjem fenola i formaldehida. Bakelit je bio izdržljiv, otporan na toplinu i jeftin te postaje pogodan materijal za izradu brojnih proizvoda; telefona, električnih izolatora i dr. Za vrijeme drugog svjetskog rata potražnja za plastikom iznimno je porasla zbog svoje široke primjene, osobito za izradu dijelova ratne opreme: padobrana, aviona, plinskih maski, kaciga i dr.

Od tada pa sve do danas proizvodnja plastike nezaustavljivo je rasla, razvijale su se nove vrste plastike sa sve širom primjenom, a o mogućem štetnom djelovanju

plastike i njenih kemijskih sastavnica na čovjeka i okoliš pri tome se nije vodilo previše računa. Nesporna je činjenica da je plastika promijenila suvremeno društvo i unaprijedila način življenja.

Proizvodnja plastike se povećala 20 puta u posljednjih pola stoljeća upravo zato što je toliko svestrana. Plastika može biti mekan i savitljiv materijal, ali i tvrd i izdržljiv za druge primjene.

Plastika je sintetički materijal sačinjen od polimera, dugih lanaca molekula koji se mogu oblikovati u različite oblike i veličine. Plastika je složena kombinacija kemikalija i različitih aditiva koji se dodaju radi poboljšanja njenih svojstava: čvrstoće, fleksibilnosti, izdržljivosti i sl. Nafta i prirodni plin glavne su sirovine za proizvodnju plastike.

Plastični dijelovi su ugrađeni u kućanskim predmetima i uređajima, u automobilima, strojevima, avionima, medicinskim pomagalicama te gotovo u svim predmetima za široku svakodnevnu primjenu. Plastika čuva hranu od kvarenja, u nju pakiramo vodu, hranu, lijekove i te služi za transport. Jednostavno, plastiku je postalo gotovo nemoguće zaobići.

U tablici 1. daje se prikaz vrsta plastike i proizvoda široke potrošnje u kojima su sadržani.

Tablica 1. Vrste plastike i proizvodi koji ih sadrže [Izvor: autor, [2]]

Vrsta plastike	Proizvodi
Polietilen tereftalat (PET)	ambalaža, boce za pića
Polietilen visoke gustoće (PEHD)	igračke, boce za mlijeko, ulje, deterdžent, kozmetiku, ambalaža
Polietilen niske gustoće (PELD)	filmovi, vrećice, cijevi
Polivinil klorid (PVC)	prozorski okviri, podne obloge, cijevi, izolacija
Polipropilen (PP)	ambalaža za mliječne proizvode, armature, laboratorijsko posuđe, kontejneri, armature, kućišta
Polistiren (PS)	dijelovi uređaja, ambalaža, izolacija, plovila
Poliuretan (PUR)	proteze, madraci, izolacijske ploče, građevni materijali
Polikarbonat (PC)	policijski štitovi, zaštitne naočale, viziri, krovne ploče
Polilaktična kiselina (PLA)	bočice za dječju hranu, posude i čaše za jednokratnu uporabu, 3D print, tekstil

Širokoj primjeni plastike doprinijele su njene prednosti u odnosu na druge vrste materijala i ambalaže:

- trajnost – izdržljiva, štiti proizvode od oštećenja u transportu i skladištenju
- lagan materijal – lakša od stakla i metala, time su manji troškovi transporta
- svestranost – može se oblikovati u željeni oblik i veličinu pakiranja
- isplativost – jeftina proizvodnja u velikim količinama, manji troškovi pakiranja.

Unatoč brojnim prednostima, prvenstveno ekonomskim, plastika i plastična ambalaža ima i značajne nedostatke:

- Utjecaj na okoliš – zbog dugog vremena potrebnog za razgradnju plastika značajno negativno utječe na okoliš, potrebne su stotine godina za razgradnju, pa čak i tada oslobađa štetne kemijske spojeve u okoliš, predstavlja i značajnu prijetnju živim bićima jer se mogu zaplesti u odbačene mreže, plastične vreće, ozlijediti se komadima plastike ili je progutati zamjenjujući plastiku za hranu.
- Utjecaj na zdravlje – plastika može sadržavati štetne kemikalije koje mogu dospjeti u hranu ili piće, pa čak i u zrak, što dovodi do štetnih posljedice za ljudsko zdravlje i druga živa bića
- Neobnovljivi izvor – plastika se proizvodi od nafte, koja je neobnovljivi izvor te proizvodnjom plastike iscrpljujemo ograničene resurse.
- Recikliranje – iako se neke vrste plastike mogu reciklirati, proces recikliranja često je vrlo kompliciran i skup, veliki dio proizvedene plastike završi na odlagalištima, u tlu, rijekama, morima i oceanima.



## **2.2. Kemijski spojevi u plastici i njihov utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje**

Sve što nas okružuje sačinjeno je od kemijskih elemenata – voda, zrak, tlo, biljke, životinje i čovjek. Kemijski spojevi su sveprisutni i uglavnom nisu toksični, no na žalost neki s kojima smo u svakodnevnom doticaju itekako jesu.

Toksične tvari su određeni kemijski elementi ili kemijski spojevi koji imaju štetno djelovanje na žive organizme i mogu uzrokovati ozbiljnu štetu ili poremetiti biološke funkcije. Toksičnost je sposobnost tvari da uzrokuje ozljedu na biološkom tkivu. Znanost koja se bavi otrovnim tvarima i njihovim utjecajem na žive organizme naziva se toksikologija.

Poznato je više od 10.000 jedinstvenih kemikalija koje se upotrebljavaju u proizvodnji plastike, od kojih više od 2400 mogu predstavljati potencijalnu opasnost, no točno otkriti koja je kombinacija kemikalija problematična, koja je to količina i interval izlaganja koji izazivaju štetne posljedice veliki je izazov za znanstvenu zajednicu.

Morski otpad i onečišćenje plastikom problematični su iz mnogo razloga. Plastika se ne razgrađuje biološki (biološko razgrađivanje podrazumijeva prirodno razgrađivanje na način koji nije štetan za okoliš). Umjesto toga, plastični materijali se s vremenom razgrađuju na sve manje dijelove poznate kao mikroplastika i nanoplastika, što može imati značajne negativne učinke ne samo na okoliš već i na ljude i sva živa bića.

Utjecaji na život u moru kreću se od fizičke ili kemijske štete pojedinačnim životinjama, do širih učinaka na biološku raznolikost i funkcioniranje ekosustava. Komadići plastike pronađeni su u probavnom sustavu mnogih vodenih organizama, uključujući sve vrste morskih kornjača i gotovo polovicu svih ispitanih vrsta morskih ptica i morskih sisavaca. Utvrđeno je također da mikroplastika može utjecati na sposobnost ukorjenjivanja biljaka i smanjiti razinu fotosinteze, što utječe na urod biljaka.

Ljudi su također u opasnosti od plastičnog otpada bačenog u more i onečišćenja plastikom. Zdravlje okoliša neraskidivo je povezano sa zdravljem ljudi.

Sveprisutnost mikroplastike na našem planetu izaziva ozbiljnu zabrinutost za sigurnost ljudi. Nova istraživanja pokazuju da ljudi udišu mikroplastiku kroz zrak, konzumiraju je kroz hranu i vodu pa čak i apsorbiraju kroz kožu. Mikroplastika je čak pronađena u našim plućima, jetri, slezeni i bubrezima, a jedna je studija nedavno otkrila mikroplastiku u placentama novorođenčadi [3].

Puni razmjeri utjecaja na ljudsko zdravlje još uvijek nisu poznati budući da su istraživanja tek u početku. Međutim, postoje značajni dokazi da kemikalije povezane s plastikom, kao što su metil živa, plastifikatori i usporivači plamena, mogu ući u tijelo i da su povezane sa zdravstvenim problemima, posebno kod žena. Znanstvenici također vjeruju da bi neke od uobičajenih kemikalija koje se nalaze u plastici, poput bisfenola A, ftalata i polikloriranih bifenila (PCB), mogle dospjeti u tijelo. Ove kemikalije povezuju se s endokrinim poremećajima, razvojnim poremećajima, reproduktivnim abnormalnostima i rakom. To je dovoljan razlog da se pristupi ovom problemu sa oprezom [3].

Istraživači s Medicinske škole Hull York i Sveučilišta u Hullu iz Ujedinjenog Kraljevstva proveli su studiju pod nazivom "Brzi pregled i meta-regresijska analiza toksikoloških učinaka izloženosti mikroplastici u ljudskim stanicama", koja je objavljena 2021. godine u časopisu Journal of Hazardous Materials [4].

Studija je usporedila koncentracije mikroplastike koja je utjecala na vitalnost stanica s koncentracijama kojima su ljudi izloženi unosom kontaminirane hrane i vode koristeći tri prethodne studije Evangelosa Danopoulosa i istraživačke skupine za ljudsko zdravlje i nove zagađivače okoliša na Sveučilištu Hull.

Ove su se studije usredotočile na mikroplastičnu kontaminaciju vode za piće, plodova mora i kuhinjske soli te su otkrile visoke razine izloženosti ljudi mikroplastici uslijed njihove konzumacije. Tim je zatim usporedio te razine s dozama koje su izazvale štetne učinke na ljudske stanice unutar toksikoloških studija. Pregledane toksikološke studije testirale su pet kategorija učinaka koji su bili: citotoksičnost (stanična smrt/preživljavanje); imunološki odgovori (uključujući alergijske reakcije); može li mikroplastika na bilo koji način utjecati na stanične

membrane ili prelaziti unutar njih; uzrok oksidativnog stresa (dovodi do oštećenja stanica i tkiva) i genotoksičnosti (oštećuje genetske informacije u stanicama).

Utvrđeno je da na prve četiri utječe izloženost mikroplastici na određenim razinama. Istraživanje pokazuje da unosimo mikroplastiku u količinama koje su u skladu sa štetnim učincima na stanice, što je u mnogim slučajevima pokretač učinaka na zdravlje. No, najveća neizvjesnost u ovom trenutku je kako se progutana mikroplastika izlučuje iz tijela. Ovo je ključna točka za razumijevanje prave razine rizika. Analiza podataka pokazala je da održivost stanica ovisi o obliku mikroplastike. Mikroplastika nepravilnog oblika, koja se najviše nalazi u okolišu, opasnija je od kuglaste [4].

Mikroplastika je prisutna je u gotovo svemu što ljudi konzumiraju – od flaširane vode do mesa i hrane biljnog podrijetla. Ove sićušne čestice mogu ući u tijelo unošenjem hrane koja je bila u kontaktu s plastičnom ambalažom hrane te kontaktom sa svakodnevnim proizvodima koji sadrže ili su izrađeni od plastike. Mikroplastika je nositelj štetnih kemikalija koje mogu dospjeti u organe i mozak, a kroz kožu iz kozmetičkih proizvoda i u krvotok.

U zapadnoj Europi prosječna godišnja potrošnja plastike je oko 150 kg po osobi - više nego dvostruko više od globalnog prosjeka od 60 kg [5].

Globalna potrošnja plastike se ubrzava. Više od polovice ikad proizvedene plastike proizvedeno je od 2000. godine, a trenutna globalna godišnja proizvodnja će se udvostručiti do 2050. godine. Samo oko 9% ikad proizvedene plastike je reciklirano, a 12% je spaljeno. Ostatak je ili još uvijek u uporabi ili je odložen na odlagalištima ili pušten u okoliš, uključujući oceane.

Izvješće Svjetskog ekonomskog foruma i Zaklade Ellen MacArthur pokazalo je da će do 2050. godine u oceanima biti više plastike po masi nego ribe, ako ne djelujemo na njezino smanjenje već danas. Osim što zagađuje okoliš, proizvodnja plastike doprinosi klimatskim promjenama: godišnje emisije povezane s proizvodnjom plastike u EU iznose oko 13,4 milijuna tona CO<sub>2</sub> ili oko 20% emisija kemijske industrije u Europskoj uniji [6].

### 2.2.1. Bisfenol A (BPA)

Skupina sintetičkih kemikalija koja se koristi u proizvodnji plastike su bisfenoli. Bisfenol A (BPA) se nalazi u raznim predmetima s kojima smo svakodnevno u doticaju, kao što su: boce za vodu, metalne limenke za hranu, leće za naočale, pakiranja hrane, stomatološki materijali, računari za blagajne i druge robe široke potrošnje, što je samo neposredan dokaz njene široke uporabe, rasprostranjenosti, a time i mogućeg velikog utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi. Unesen u organizam BPA može utjecati na način proizvodnje i reguliranja hormona u našem tijelu te uzrokovati probleme u razvoju fetusa, novorođenčadi i djece.

U provedenim znanstvenim istraživanjima povezuje ga se s mnogobrojnim zdravstvenim tegobama: oštećenjem jetre, pretilošću, kardiovaskularnim bolestima, dijabetesom, neplodnošću i nekoliko vrsta karcinoma. Također negativno utječe na razvoj mozga fetusa te dovodi do problema u ponašanju djece poput tjeskobe, hiperaktivnosti, nepažnje i depresije. Neka istraživanja povezuju BPA i s neurološkim poremećajima poput Parkinsonove bolesti, multiple skleroze, Alzheimerove bolesti i amiotrofične lateralne skleroze (ALS).

Danska je prva europska zemlja koja je zabranila BPA u ambalaži za hranu i pića namijenjenoj djeci mlađoj od tri godine. Bisfenol A se u EU više ne može upotrebljavati u dječjim bočicama.

BPA može ući u tijelo na različite načine, uključujući ispiranje iz spremnika u hranu i vodu, kao i apsorpciju kožom. Kad jednom uđe u tijelo, potrebno ju je eliminirati. Jetra kombinira BPA sa glukozom, spojem topivim u vodi, što olakšava njegovo izlučivanje putem urina (glukuronidacija).

Znanstvena studija istraživača s Rowan-Virtua School of Osteopathic Medicine iz Stratforda, USA, otkrila je dokaze da djeca s autizmom i ADHD-om imaju smanjenu sposobnost eliminacije uobičajenog plastičnog aditiva bisfenola A (BPA) iz svojih sustava što dovodi do veće koncentracije i povećane izloženosti organima i tkivima djece ovoj kemikaliji kroz dulje vrijeme.

Etiologija poremećaja iz autističnog spektra (ASD) i poremećaja pažnje/hiperaktivnosti (ADHD) je multifaktorska. Epidemiološke studije pokazale su povezanost s onečišćivačima okoliša, poput plastifikatora. Ova se studija usredotočila na dva od ovih spojeva, bisfenol-A (BPA) i dietilheksil ftalat (DEHP). Glavni put za izlučivanje BPA i DEHP je putem glukuronidacije. Glukuronidacija čini netopive tvari topivima u vodi što omogućuje njihovu kasniju eliminaciju urinom.

Detoksikacija ova dva plastifikatora je ugrožena kod djece s ASD-om i ADHD-om. Posljedično, njihova su tkiva više izložena ovim plastifikatorima. Zaključno ASD i ADHD su klinički i metabolički različiti, ali imaju zajedničko smanjenje učinkovitosti detoksikacije za BPA i DEHP, pri čemu su smanjenja za BPA statistički značajna [7].

Pored BPA u plastici mogu biti prisutni bisfenol S (BPS) ili bisfenol F (BPF), koji imaju slične učinke na hormonske poremećaje.

Više od 90 % sudionika istraživanja Europske inicijative za humani biomonitoring (HBM4EU) iz deset zemalja imalo je bisfenol A u svojem tijelu. Zabrinutost zbog bisfenola A dovela je do njegove zamjene bisfenolom S i bisfenolom F, koji su otkriveni u više od 60 % sudionika. Kod više od 17% djece i adolescenata u Europi postoji rizik od izloženosti ftalatima, još jednoj skupini kemikalija koje se uglavnom upotrebljavaju kako bi plastika bila mekša.

### **2.2.2. Perfluoralkilne i polifluoralkilne tvari (PFAS)**

Zatim su tu i PFAS-ovi (perfluoralkilne i polifluoralkilne tvari), skupina koja obuhvaća tisuće sintetičkih kemikalija. Radi se o postojećim kemikalijama, što znači da mogu zauvijek ostati u okolišu. Upotrebljavaju se u raznim proizvodima, od neprijanjajućeg premaza na tavama do laka za nokte, tkanina koje odbijaju vodu i lijekova. Ima ih posvuda, među ostalim u majčinom mlijeku i na vrhu Mount Everesta.

Tek je nekoliko tih vječnih kemikalija detaljno proučeno, no znamo da su one najbolje istražene toksične i imaju ozbiljne učinke na zdravlje. Neki od PFAS-ova

bioakumuliraju se u živim organizmima i mogu dosegnuti visoke koncentracije u ribi i mesu na našim stolovima. Drugi PFAS-ovi mogu završiti u podzemnim vodama i zagađati pitku vodu [8].

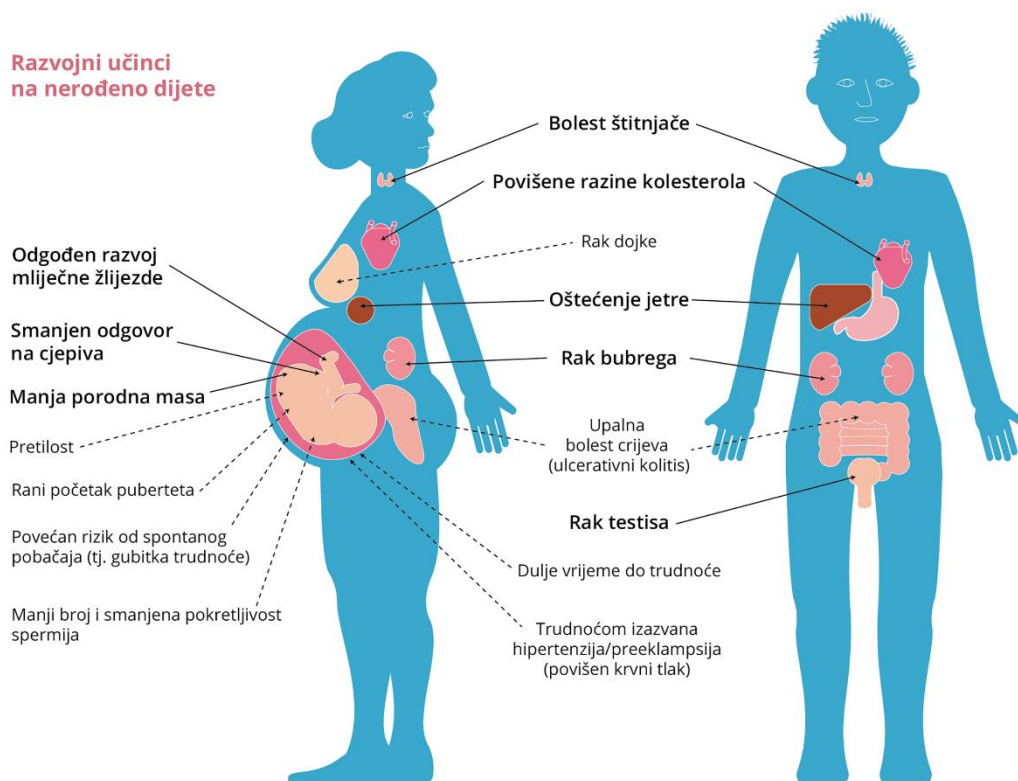
PFAS je skupina više od 4700 spojeva koji su razvijeni i korišteni od 1940-ih. Ove PFAS kemikalije koriste se u velikom broju proizvoda – na primjer, oprema za kuhanje, odjevni predmeti, pjena za gašenje požara su samo neke od njih. Međutim, te se kemikalije teško razgrađuju u vašem tijelu i u okolišu, umjesto da nestanu, one se nakupljaju. Nedavna istraživanja također su pokazala da bi dugotrajna izloženost PFAS kemikalijama mogla dovesti do višestrukih zdravstvenih problema.

U nordijskim zemljama se smatra da je između 750 i 1200 smrtnih slučajeva svake godine povezano s PFAS-om. Učinci PFAS-a na ljude su ozbiljni i mogu izazvati rak, oštećenje jetre i povećani rizik od astme i bolesti štitnjače. Simptomi izloženosti PFAS-u mogu uključivati povećani rizik od visokog krvnog tlaka, povećane razine kolesterola i smanjeni imunološki sustav zbog čega ste još izloženiji drugim bolestima [9].

Slika 2. prikazuje učinke PFAS-a na zdravlje ljudi.

— Visoka razina sigurnosti  
- - - - Niža razina sigurnosti

### Razvojni učinci na nerođeno dijete



Slika 2. Učinci perfluoriranih i polifluoriranih alkilnih tvari na zdravlje ljudi [8].

Kada koža dođe u kontakt s vodom kontaminiranom PFAS-om tuširanjem, kupanjem, ručnim pranjem posuđa ili rublja pri tome će se u tijelo apsorbirati mala količina PFAS-a. Međutim, voda za piće kontaminirana PFAS-om neposredno ulazi u organizam i duže se zadržava u tijelu pri čemu se ta opasna kemikalija apsorbira u znatno većoj količini.

Odjel za agrikulturu, sigurnost i inspekciju hrane u SAD-u (Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service – USDA) upozorava da neki plastični spremnici hrane nisu prikladni za podgrijavanje u mikrovalnoj pećnici te da se mogu otopiti i oštetiti ako su izloženi toplini.

Izlaganje plastičnih spremnika višim temperaturama, kao što su kipuća voda ili perilica za suđe, može uzrokovati otapanje potencijalno opasnih kemikalija (npr. BPA) iz plastike u hranu. U.S. Department of Health & Human Services ne

preporučuje korištenje vruće vode u dodiru s plastičnim spremnicima i ambalažom, već korištenje samo one plastike koja ima oznaku sigurnog korištenja u perilici posuđa.

### **2.3. Izvori i vrste onečišćenja plastikom**

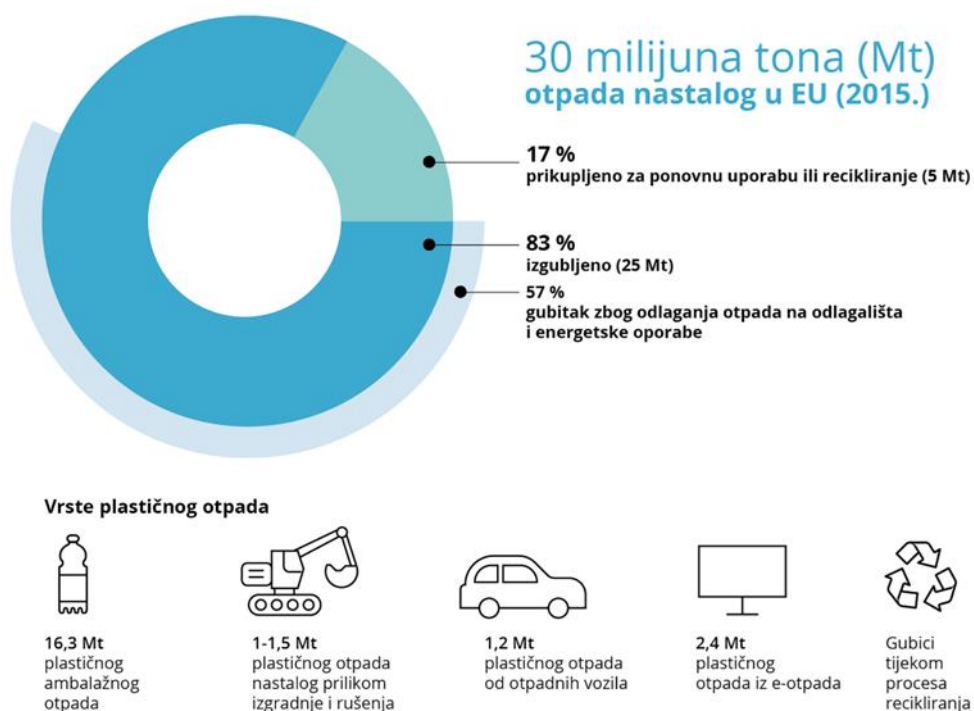
Plastični otpad nastaje pod utjecajem čovjeka. Loše gospodarenje otpadom, bacanje smeća i plastike u okoliš uzrokuje onečišćenje ekosustava. Otpad koji se ne može prikupiti ili njime pravilno upravljati na kraju odlazi u okoliš i rijeke, koje ga dalje nose u mora i oceane.

Plastiku je teško razgraditi i najprije se razgrađuje na manje komade. Postojanost plastike u konkretnom znači da u nekim slučajevima plastika u okolišu može ostati i do 500 godina.

Procjenjuje se da je 75% morskih područja onečišćeno. Izvori onečišćenja s kopna čine 80% morskog otpada, a od toga je 85% plastika, najvećim dijelom plastična ambalaža i sitni plastični predmeti.

Slika 3. daje prikaz plastičnog otpada nastalog u EU 2015. godine.





Slika 3. Plastični otpad nastao u EU 2015. godine [8].

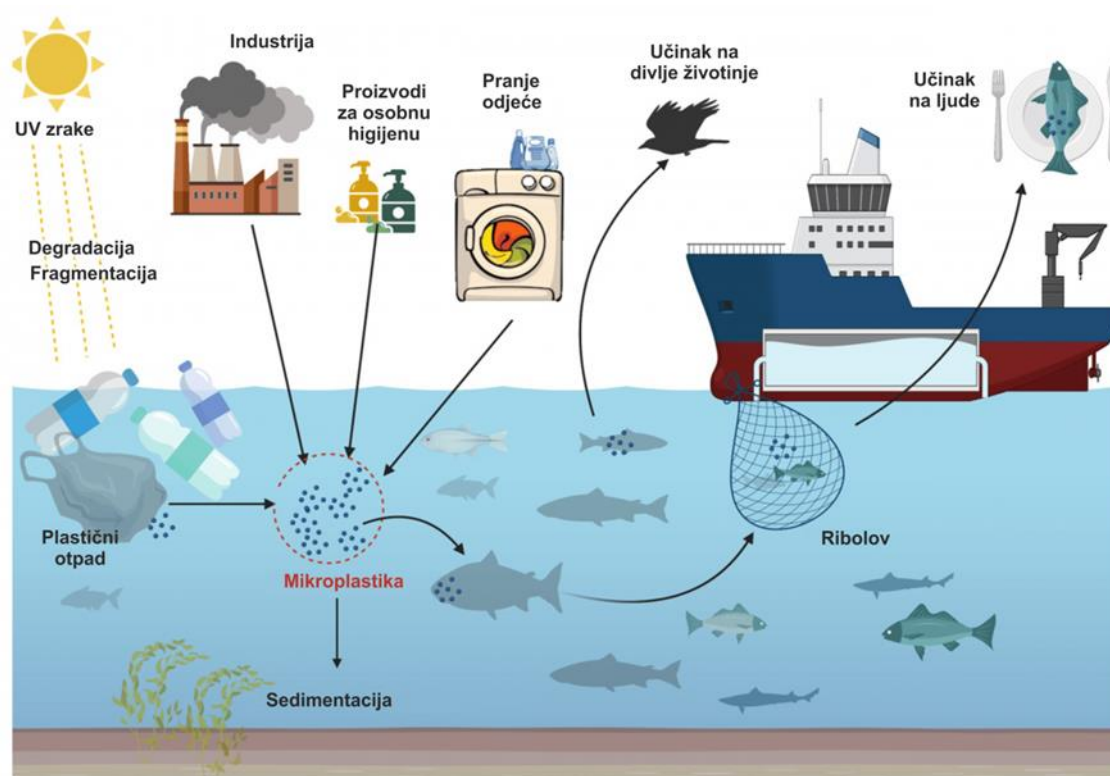
Proizvodnja plastičnog otpada u Europi raste brže od gospodarskog rasta. Kontinuirano povećanje proizvodnje otpada nije u skladu s ciljem EU da značajno spriječi nastajanje otpada i smanji količinu plastičnog otpada.

Prema podacima Europske agencije za okoliš jedna tona plastike uzrokuje 2,5 tona emisije CO<sub>2</sub> iz proizvodnje, odnosno 2,7 tona emisije CO<sub>2</sub> u slučaju spaljivanja.

Plastika nošena vjetrom ili riječnim tokom često završi u morima, gdje je mogu konzumirati morske životinje, a zatim se može naći i u našoj hrani i vodi za piće.

Razgradnjom plastičnih proizvoda u okolišu, pod utjecajem vodenih struja, vjetra i sunčeve svjetlosti, nastaje mikroplastika - mali komadi plastike, obično duljine manje od pet milimetara.

Slika 4. prikazuje izvore i puteve kojim mikroplastika dolazi u vodeni okoliš i njene učinke.



Slika 4. Mikroplastika u vodenom okolišu [10].

Mikroplastiku (slika 5.) čine mali dijelovi plastičnog materijala, obično manji od 5 mm (0,1-5.000  $\mu\text{m}$ ). Još manji dijelovi (1-100 nm) čine nanočestice tj. nanoplastiku. Mikroplastika može biti primarna ili sekundarna. Primarna se namjerno dodaje u proizvode (trošenje sintetičke odjeće, potrošnja automobilskih guma, prašina iz gradova) i čini 15 - 31% mikroplastike u morima, dok sekundarna nastaje raspadanjem, odnosno degradacijom većih komada plastike (makroplastike) kao što su vrećice, boce i ribarske mreže i čini 69 - 81% mikroplastike u morima. Primarna mikroplastika najčešće dopijeva u okoliš ispuštanjem nedovoljno obrađenih otpadnih voda [10].



Slika 5. Mikroplastika [11].

Mikroplastika je otkrivena u svim morskim organizmima, od planktona do kitova, u komercijalnoj morskoj hrani i u vodi za piće. Iako se još ne zna točno kakve su posljedice za zdravlje ljudi, plastika često sadrži dodatke kao što su stabilizatori i spojevi otporni na plamen te ostale potencijalno toksične kemijske spojeve koji mogu biti štetni za životinje i ljude.

Zbog ispiranja toksičnih kemikalija u tlo i vodotokove i mikroplastike koja u konačnici dospijeva u hranu i vodu dolazi do ugrožavanja prehrambenog lanca. Opasne kemikalije i mikroplastika tim putem dospijevaju u tkiva živih organizama i čovjeka s opasnim učincima po zdravlje.

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) u svojem izvješću o mikroplastici zaključuje da su ljudi mikroplastici izloženi stalno i na sve načine. Mikroplastika je prisutna u zraku koji udišemo, vodi koju pijemo, ali i u morima i oceanima. Mikroplastika kroz tlo ulazi u kulture koje uzgajamo, pronađena je i u kuhinjskoj soli, medu, pivu i riži, a poznato je i da je ima u mnogim kozmetičkim proizvodima [12].

Neki od glavnih izvora mikroplastike su:

- jednokratni materijali za pakiranje npr. plastične vrećice, spremnici za hranu
- sintetička vlakna u odjeći
- proizvodi za njegu kože – dodaju se npr. pilinzima, dekorativnoj kozmetici
- gume
- boje i premazi
- emisije iz tvornica i postrojenja.

### **3. SPRJEČAVANJE ONEČIŠĆENJA PLASTIKOM – IZAZOV DANAŠNJICE**

Obzirom na stupanj onečišćenja okoliša plastikom i dokazano štetne utjecaje na ljudsko zdravlje nužno je poduzeti sve moguće mjere i aktivnosti koje će na odgovarajući način zadovoljiti temeljne ljudske potrebe za hranom, higijenom i dobrobiti uz smanjenje uništavanja okoliša i zagađenja koje iz toga proizlazi.

Onečišćenje mikroplastikom je često oku nevidljivo i kao takvo često ignorirano. Upravo zbog toga iznimno je važno o tome problemu kontinuirano javno komunicirati, osvijestiti i upoznati javnost s činjenicama štetnih utjecaja kemikalija iz plastike na okoliš i ljudsko zdravlje te educirati javnost o mogućnostima osobnog doprinosa u cilju rješavanja ovog globalnog problema.

#### **3.1. Mjere Europske unije za zaštitu okoliša od onečišćenja plastikom**

Europska unija nastoji na različite načine smanjiti onečišćenje okoliša: zakonodavstvom, suradnjom sa odgovornim sektorima, međunarodnim, nacionalnim i regionalnim tijelima i nevladinim organizacijama te istraživanjima.

Ciljevi nultog onečišćenja za 2030. imaju za cilj smanjiti morski otpad za 50% i ispuštanje mikroplastike za 30%. EU je na problem plastike odgovorila provedbom širokog spektra politika. To uključuje strategiju EU-a za plastiku, Direktivu o plastičnim vrećicama, Direktivu o ambalaži i ambalažnom otpadu,

Direktivu o plastici za jednokratnu uporabu, propise o pošiljkama plastičnog otpada i novi akcijski plan za kružno gospodarstvo.

Uz snažnu potporu EU-a, Skupština Ujedinjenih naroda za okoliš izradit će globalni ugovor o plastičnom onečišćenju — uzimajući u obzir cijeli životni ciklus [13].

Europa i dalje proizvodi i troši velike količine opasnih kemijskih tvari, koje se zatim otpuštaju u okoliš i mogu predstavljati zdravstvene rizike. Istodobno, Europa ima i neke od najrestriktivnijih zakona o kemikalijama i najambicioznijih politika na svijetu, kao što su Strategija EU o kemikalijama i Akcijski plan za postizanje nulte stope onečišćenja.

Industrijske kemikalije regulirane su Uredbom REACH. Postoje i drugi zakonski propisi o određenim proizvodima, kao što su biocidi, pesticidi te kozmetički i farmaceutski proizvodi. Utvrđene su i granične vrijednosti za kemijske kontaminante i ostatke pesticida u hrani.

Međutim, kako se plastični otpad počeo nakupljati na odlagalištima, ali i u oceanima, ekolozi i razne vladine agencije počeli su se zalagati za održivije alternative. Od tada se ulažu naporu u smanjivanju plastičnog otpada, uključujući programe recikliranja i razvoj biorazgradive plastike. Međutim, plastična ambalaža ostaje dominantna snaga u industriji pakiranja zbog niske cijene, trajnosti i svestranosti [14].

Europski parlament i Vijeće postigli su 4. ožujka 2024. privremeni dogovor o izmijeni pravila o otpadnoj ambalaži kako bi se povećala sigurnost i potaknulo kružno gospodarstvo.

Fokus novih mjera je na sigurnim i održivim pakiranjima te povećanju skupljanja i recikliranja ambalažnih proizvoda. Cilj je do 2030. smanjiti ambalažu za 5 % godišnje količine ambalažnog otpada, koji trenutno iznosi oko 190 kilograma po stanovniku EU. Očekuje se da će ta brojka porasti na 209 kg u 2030. ako se ne poduzmu dodatne mjere.

### **3.2. Mjere za zaštitu okoliša od onečišćenja plastikom u Hrvatskoj**

Republika Hrvatska kao punopravna članica Europske Unije obvezna je ratificirati sve Uredbe Europske Unije, što znači da obvezno provodi sve politike i mjere iz područja zaštite ljudskog zdravlja i mjere zaštite okoliša, pa tako i za smanjenje plastičnog otpada, ograničenje i zabranu proizvodnje i upotrebe plastičnih proizvoda koji sadrže opasne kemikalije škodljive za okoliš i ljudsko zdravlje.

Uredbom Europske komisije 2023/2055, koja je stupila na snagu 17. listopada 2023. godine i u potpunosti je obvezujuća i izravno primjenjiva u svim državama članicama EU, propisana je zabrana ili ograničenje stavljanja na tržište mikročestica sintetičkih polimera koje se namjerno dodaju proizvodima.

Proizvodi koji su stavljeni na tržište do datuma stupanja Uredbe na snagu neće se povlačiti, a trenutno su isključeni i određeni proizvodi koji će se u posebnim prijelaznim razdobljima morati uskladiti s ograničenjima ili preći na primjerene alternative.

Ograničenje se odnosi na sve mikročestice sintetičkih polimera koje su krute, manje od 5 mm, organske, netopive i nisu biorazgradive, prema uvjetima u Prilogu XVII. Uredbe.

Za kozmetičke proizvode koji sadrže „mikrokuglice“, tj. mikročestice sintetičkih polimera koje se upotrebljavaju kao abraziv (za eksfolijaciju, poliranje ili čišćenje, uglavnom u kozmetičkim proizvodima koji se ispiru) zabrana stavljanja na tržište stupila je na snagu 17. listopada 2023.

Za neke uporabe i proizvode ograničenje se primjenjuje od 17. listopada 2023. (npr. za stavljanje na tržište rasutih šljokica od plastike, kozmetičkih proizvoda i deterdženata s mikrokuglicama (mikrozrnca, „microbeads“), dok su za pojedine grupe proizvoda definirana prijelazna razdoblja.

Kozmetički proizvodi (kako su definirani EU Uredbom o kozmetičkim proizvodima):

- proizvodi koji se ispiru neće se smjeti stavljati na tržište od 17. listopada 2027.,
- proizvodi koji se ne odstranjuju neće se smjeti stavljati na tržište od 17. listopada 2029.,
- proizvodi za usne, nokte i šminkanje neće se smjeti stavljati na tržište od 17. listopada 2035.

Kozmetički proizvodi koji sadrže šljokice podliježu prijelaznim razdobljima. Mikročestice sintetičkih polimera za uporabu za inkapsulaciju mirisa neće se smjeti stavljati na tržište od 17. listopada 2029., granulirana punjenja za upotrebu na sintetičkim sportskim površinama - neće se smjeti stavljati na tržište od 17. listopada 2031. godine [15].

U okviru Projekta „Unaprjeđenje podataka o otpadu od plastike u Republici Hrvatskoj“, procijenjeno je kako je na tržište Republike Hrvatske u 2021. godini stavljeno 122.512 tona ambalaže od plastike. Količine nastalog ambalažnog otpada od plastike procijenjene su na 32 kg po stanovniku godišnje. Sukladno procijenjenoj potrošnji, ambalaža predstavlja najznačajniju upotrebu plastike s udjelom od oko 30 %.

Mjerama je planirano smanjenje štetnog utjecaja na zdravlje zabranom upotrebe perfluoriranih i polifluoriranih alkilnih tvari (PFAS) u ambalaži koja je u dodiru s hranom. PFAS se još nazivaju i „vječnim“ kemikalijama jer je njihova degradacija u prirodi i organizmu vrlo spora. Svojstvo otpornosti na vodu i prljavštinu omogućilo im je raznoliku upotrebu – od naftne i plinske industrije do kozmetike i farmaceutskih proizvoda.

Ambalažna pakiranja za hranu izrađena od PFAS često podsjećaju na papir ili karton, naizgled ekološku alternativu plastici, ali ne propuštaju tekuće sastojke kao što su preljev za salatu ili ulje za prženje. To su uglavnom omoti brze hrane

(poput onoga za pomfrit), vrećice za pripremu kokica u mikrovalnoj pećnici, kutije za pizzu i spremnici u kojima je hrana za van.

Mjere će utjecati na sektore uslužnih djelatnosti, posebno u vezi pripreme hrane i pića. Od 2030. godine, objekti koji u ponudi imaju prehrambene proizvode za van, morat će osigurati višekratnu ambalažu za najmanje 10% proizvoda. U studiji iz 2018. godine bilo je procijenjeno da se u Europskoj uniji (EU) upotrebljava 2025 milijuna spremnika „za van“ godišnje.

Stručnjaci su naveli da je pronalaženje načina za recikliranje jednokratnih spremnika ekvivalentno smanjenju emisija stakleničkih plinova koje generira 55.000 automobila godišnje. Objekti koji poslužuju hranu za van morat će korisnicima omogućiti korištenje vlastitih spremnika za hranu. Spomenuta studija pokazala je da takvi spremnici imaju manji ugljični otisak od jednokratnih spremnika, već nakon 18 puta korištenja (uzevši u obzir proizvodnju te potrošnju vode i energije tijekom pranja posuđa).

U planu je zabrana pojedinačnih pakiranja individualnih porcija začina, šećera, umaka te minijaturnih toaletnih potrepština u hotelskim smještajima.

Od početka 2022. godine u Hrvatskoj je zabranjena uporaba laganih plastičnih vrećica, a do 2030. u planu je prestanak upotrebe i vrlo laganih vrećica koje se uglavnom koriste za pakiranje svježeg voća i povrća.

Parlament se složio da bi se sva ambalaža trebala moći reciklirati, uz određene izuzetke za lagano drvo, pluta, tekstil, gumu, keramiku, porculan ili vosak.

Do 2029. godine trebalo bi se uspostaviti odvojeno prikupljanje plastičnih i metalnih jednokratnih spremnika za napitke, uz uspostavu povrata naknade. Hrvatska je prije 18 godina uvela sustav povratne naknade za ambalažu od pića i napitaka, čime je bila jedna od prvih europskih zemalja s uvedenim sustavom.

Prošle godine napravljeno je istraživanje o kružnom gospodarstvu u 10 europskih zemalja te je, s naknadom od 7 centi, Hrvatska bila na posljednjem mjestu. U Nizozemskoj je ta naknada iznosila 4 puta više, dok je u Njemačkoj od 2024.



uvedena povratna naknadu i za ambalažu s mliječnim napitcima, kave i sokova u tetrapaku [16].

### **3.3. Putevi ka održivoj plastici i osobni doprinos građana**

Tri su glavna puta koji mogu učiniti proizvodnju i potrošnju plastike održivijom: pametnija upotreba plastike, povećana kružnost i više obnovljivih materijala. Korištenje plastike na pametniji način uključuje smanjenje nepotrebne ambalaže i proizvoda za jednokratnu upotrebu, kao i više kružnog dizajna koji čini proizvode dugotrajnijim i lakšim za ponovnu upotrebu i popravak.

Drugi primjeri korištenja plastike na pametniji način već postoje diljem Europe u obliku najma opreme, dijeljenja automobila i alata i, na primjer, ponovne upotrebe sanduka i paleta u prehrambenom sektoru. Sve veća cirkularnost zahtijeva dužu upotrebu i ponovnu upotrebu proizvoda te bolje prikupljanje, sortiranje i recikliranje plastike.

Primjeri dobre prakse uključuju trgovine koje nude preuzimanje vlastitih proizvoda na kraju životnog ciklusa proizvoda, što može poboljšati kvalitetu recikliranih materijala ili omogućiti neku vrstu ponovne upotrebe. Uloga potrošača također je ključna u odabiru što kupiti i osiguravanju odgovarajućeg recikliranja. Općenito, mnoga europska tržišta recikliranih sirovina, uključujući mješovitu plastiku, ne funkcioniraju dobro, prema nedavnoj analizi EEA.

Povećanje korištenja obnovljivih materijala uključuje, na primjer, korištenje više plastike na biološkoj osnovi koja se može reciklirati, umjesto oslanjanja isključivo na fosilna goriva i njihov uvoz. Povećanje upotrebe obnovljivih materijala trebalo bi se usredotočiti na sirovine druge i treće generacije koje se ne natječu s proizvodnjom hrane i stočne hrane.

Poduzeća, kreatori politika i građani mogu pridonijeti održivijoj i kružnoj proizvodnji i potrošnji plastike. Postoji golem potencijal u povećanju kružnih poslovnih modela, jačanju politika, povećanju potražnje za održivim proizvodima, smanjenju nepotrebne potrošnje i poboljšanju recikliranja [17].

Pored preporučenog smanjenja proizvodnje plastike i ponovne upotrebe postojećih proizvoda, jedna od preporučenih mjera u cilju smanjenja onečišćenja okoliša plastikom je i zamjena plastičnih posuda za hranu posudama od papira, bioplastike, bagase ili bambusa. Papir je održiviji materijal od plastike i najpristupačnija je alternativa plastici, može činiti čvrstu posudu za hranu, ali nije za upotrebu u mikrovalnoj pećnici.

Bioplastika je sažeti i prikladan naziv za biorazgradivu plastiku čiji su dijelovi dobiveni u potpunosti ili gotovo u potpunosti iz obnovljivih izvora odnosno biomase. Može se proizvoditi od škroba, celuloze, algi, ulja, šećera, i niza drugih sirovina. U ukupnoj upotrebi plastike udio bioplastike je manji od 1%, a razlikujemo biorazgradivu i bioizvornu plastiku.

Bioplastika je siguran materijal za pakiranje hrane, iako se ne može koristiti u mikrovalnoj pećnici. Polilaktid (PLA) je biorazgradiv polimer biljnog porijekla i najčešće se proizvodi od zrna kukuruza. Bioplastika se proizvodi od 20% ili više obnovljivih materijala i može se razgraditi u roku mjesec dana.

Iako se smatra da je bioplastika ekološki prihvatljivija, neke studije pokazuju da to možda i nije slučaj kada se u obzir uzme životni ciklus proizvoda. Neka istraživanja sugeriraju da je proizvodnja bioplastike rezultirala s više zagađivača. Neki od tih zagađivača potječu od gnojiva i pesticida koji se koriste za uzgoj biljaka i kemijskih procesa koji se koriste za pretvaranje biljaka u plastiku. Druge studije sugeriraju da bi prelazak na bioplastiku mogao smanjiti emisije stakleničkih plinova za 25% u SAD-u.

Prije usvajanja bioplastike, potrebno je biti svjestan da se ona mora pravilno zbrinjavati. Ako bioplastika kontaminira reciklirani PET (koji se koristi za boce vode i gaziranog soka), cijela se serija može odbaciti iz pogona za recikliranje i baciti na odlagalište [18].

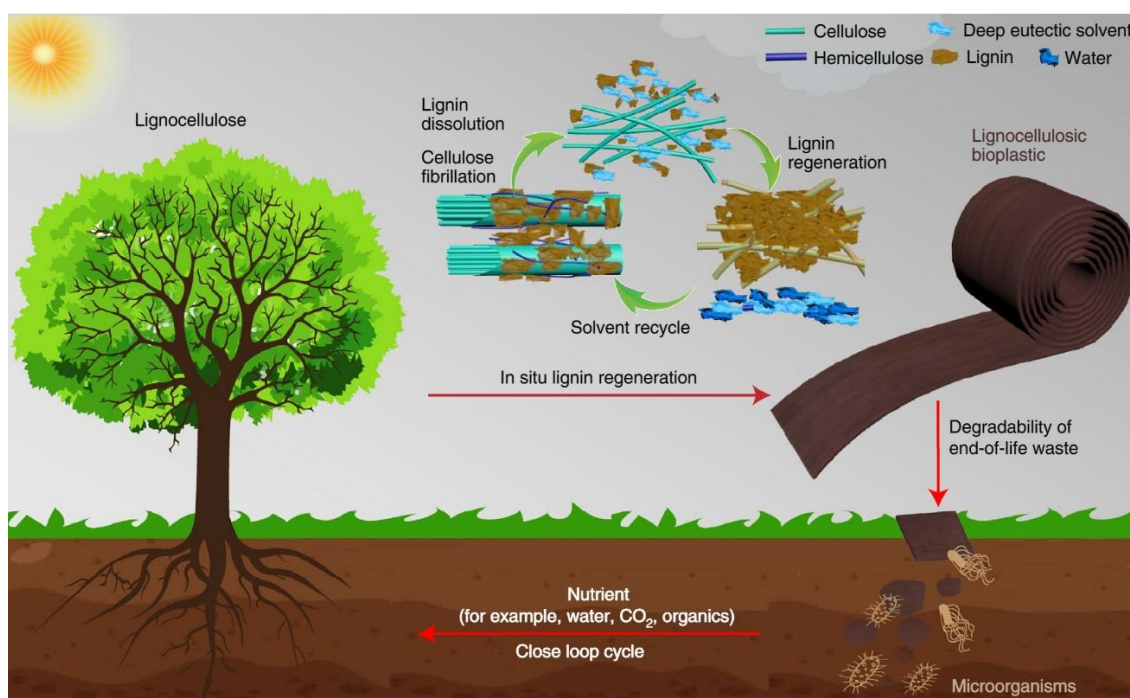
Studija objavljena u časopisu Nature Sustainability, opisuje postupak dobivanja materijala visoke mehaničke čvrstoće, stabilnosti pri zadržavanju tekućina i otpornosti na UV svjetlost [19]. Ova "drvena plastika" može se reciklirati ili sigurno

biorazgraditi u prirodnom okolišu, a ima niži utjecaj na životni ciklus na okoliš u usporedbi s plastikom na bazi nafte i drugom biorazgradivom plastikom.

Istraživači su testirali utjecaj bioplastike na okoliš u usporedbi s uobičajenom plastikom. Listovi bioplastike, zakopani u zemlju, raspali su se nakon dva tjedna i potpuno razgradili nakon tri mjeseca. Bioplastika se može razgraditi natrag u kašu mehaničkim miješanjem, što omogućuje ponovnu upotrebu [19].

Velika prednost biorazgradive plastike od obnovljivih izvora, uspoređujući ju s „tradicionalnom“ plastikom je mogućnost biorazgradnje i kompostiranja zajedno sa drugim organskim frakcijama otpada.

Slika 6. prikazuje zatvoreni ciklus bioplastike u okolišu.



Slika 6. Zatvoreni ciklus bioplastike [20].

Bagasa je biljno vlakno koje ostaje u procesu ekstrakcije šećera iz šećerne trske. Može se koristiti u mikrovalnoj pećnici i koristi se za izradu tanjura, zdjela, posuda za hranu, kutija za van i šalice.

Bambus se može koristiti za izradu posuđa za hranu, ali neke posude nisu prikladne za korištenje u mikrovalnoj pećnici.

Svatko može dati svoj individualni doprinos rješavanju problema onečišćenja plastikom uvođenjem vrlo jednostavnih pravila: zamjenom plastike alternativnim materijalima (drvo, staklo, porculan, nehrđajući čelik i dr.), višekratnom upotrebom plastičnih predmeta, odvojenim prikupljanjem i odlaganjem otpada s ciljem recikliranja i ponovnog upotrebljavanja, nošenjem odjeće od prirodnih materijala, ugradnjom filtera na odvod perilice rublja, upotrebom prirodne kozmetike i tome slično.

#### 4. ZAKLJUČAK

Plastika je nastala kao veliko civilizacijsko otkriće, postala je materijal budućnosti, savršen spoj fleksibilnosti, dugovječnosti i ekonomične proizvodnje. No to je moderno čudo, kao i neki drugi ljudski pronalasci tijekom povijesti, započelo svoje putovanje, pretvarajući se iz dragocjenog pronalaska u otrovne odbačene krhotine, gomilajući se na kopnu i pronalazeći put u mora i oceane. Razgrađeni u fragmente, u mikro i nano čestice, ulaze u vodu, hranu i zrak, u sve žive organizme i ostavljaju svoj dugoročni štetni otisak.

Čist zrak, voda i hrana, kao esencijalni izvori života svih živih bića, nisu neiscrpni, a onečišćenje okoliša ostavlja na njima dalekosežne i teško popravljive posljedice. Tvari koje onečišćuju okoliš nanose veliku štetu ljudima i drugim živim bićima te eko sustavu u cjelini. Stoga je očuvanje okoliša, pažljivo planiranje i održivo gospodarenje okolišem i njegovim resursima nužnost opstanka ljudske vrste i mora biti temelj razvojne strategije svakog suvremenog uređenog društva.

Razumijevanje različitih vrsta onečišćenja te kako ono utječe na naše zdravlje i okoliš pomaže nam pri učinkovitijem poduzimanju mjera za poboljšanje uvjeta života oko nas. Prije svega, potrebna je promjena načina života i svatko od nas može svojim djelima utjecati na smanjenje onečišćenja.

Pored politika za smanjenje onečišćenja okoliša, svojim odgovornim ponašanjem prema okolišu, korištenjem obnovljivih izvora energije, tehnoloških procesa koji ne zagađuju okoliš, pažljivim raspolaganjem otpadom, smanjenjem potrošnje i recikliranjem plastičnih proizvoda, odabirom prirodnih i neškodljivih materijala bez toksičnih kemijskih spojeva građani i sami mogu neposredno znatno utjecati na smanjenje onečišćenja okoliša, a time i na poboljšanje uvjeta svog i života budućih generacija. Pravo na zdrav život zajamčeno je Ustavom Republike Hrvatske i Poveljom Europske Unije o temeljnim pravima. Zdravlje i dobrobit ljudi uvijek moraju biti pod posebnom zaštitom institucija i imati prioritet ispred profita. Tako i građani Republike Hrvatske imaju pravo na čist okoliš, ali i moralnu obvezu prema sebi i budućim naraštajima uložiti sve napore da ga sačuvaju od onečišćenja.

## 5. LITERATURA:

1. Springer, O. P., Springer, D.: Otrovani modrozeleni planet, Meridijani, Samobor, (2008).
2. Rogošić, M.: Plastika, Hrvatska tehnička enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <https://tehnika.lzmk.hr/plastika/>, pristupljeno 15.07.2024.
3. UN environment programm, From Pollution to Solution, [www.unep.org/interactives/pollution-to-solution](http://www.unep.org/interactives/pollution-to-solution), pristupljeno 20.08.2024.
4. Danopoulos, E., Twiddy, M., West, R., Rotchell, J.M.: A rapid review and meta-regression analyses of the toxicological impacts of microplastic exposure in human cells, Journal of Hazardous Materials, 427 (2022) 127861.
5. Anonymus, University of York: Microplastics found to be harmful to human cells, [www.york.ac.uk/news-and-events/news/2021/research/microplastics-harmful-human-cells](http://www.york.ac.uk/news-and-events/news/2021/research/microplastics-harmful-human-cells), pristupljeno 1.08.2024.
6. European Environment Agency: Plastics, [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu), pristupljeno 6.07.2024.
7. Stein, T.P, Schluter, M.D., Steer, R., Ming, X.: Bisphenol-A and phthalate metabolism in children with neurodevelopmental disorders, Plos One (2023), <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0289841> , pristupljeno 6.07.2024.
8. European Environment Agency: Sigurne i održive kemikalije, <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signali-2023/clanci/sigurne-i-odrzive-kemikalije> , pristupljeno 10.07.2024.
9. Clean life, PFAS kemikalije su posvuda, <https://cleanlife.hr/aquaporin-pfas>, pristupljeno 10.07.2024.
10. Zavod za javno zdravstvo Dubrovačko-neretvanske županije, „Utjecaj mikroplastike na ljudsko zdravlje“, [www.zzjzdnz.hr/](http://www.zzjzdnz.hr/), pristupljeno 21.07.2024.

11. Anonymus, Onečišćenje mikroplastikom, Bioinstitut, <https://www.bioinstitut.hr/blog/biologija/oneciscenje-mikroplastikom-117/>, pristupljeno 20.08. 2024.
12. World Health Organization, Dietary and inhalation exposure to nano- and microplastic particles and potential implications for human health, [www.who.int/publications/i/item/9789240054608](http://www.who.int/publications/i/item/9789240054608), pristupljeno 2.08.2024.
13. European Environment Agency: Putovi prema nultom onečišćenju plastikom, [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu), pristupljeno 17.08.2024.
14. European Environment Agency, „ Sigurne i održive kemikalije“, [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu), pristupljeno 17.08.2024.
15. Ministarstvo zdravstva RH, Nove obveze- EU donijela mjere za ograničavanje upotrebe mikroplastike, <https://zdravstvo.gov.hr>, pristupljeno 19.08.2024.
16. Vrček, Z.: Nova pravila o ambalaži u Europskoj uniji, Klimatske promjene.hr, (2024). <https://klimatskepromjene.hr/nova-pravila-o-ambalazi-u-europskoj-uniji/>, pristupljeno 18.08.2024.
17. European Environment Agency: Širenje dobrih praksi može povećati održivost plastike, [www.eea.europa.eu/en](http://www.eea.europa.eu/en), pristupljeno 21.08.2024.
18. Johnson, A.: Bioplastics, University of Minnesota, (2022). <https://environment.umn.edu/education/susteducation/bioplastics>, pristupljeno 27.08.2024.
19. Xia, Q., Chen, C., Yao, Y., Li, Y., He, S., Zhou, Y., Li, T., Pan, X., Yao, Y., Hu, L.: A strong, biodegradable and recyclable lignocellulosic bioplastic, Nature Sustainability, 4 (2021) 627-635.
20. Bug, Otpatke od drva pretvaraju u visokokvalitetnu bioplastiku, <https://www.bug.hr/znanost/otpatke-od-drva-pretvaraju-u-visokokvalitetnu-bioplastiku-19957>, pristupljeno: 27.08.2024.

## 6. POPIS KRATICA:

PE – polietilen

PP – polipropilen

PVC – polivinilklorid

PS – polistiren

PET – polietilen-tereftalat

HDPE – polietilen visoke gustoće

PELD – polietilen niske gustoće

PUR – poliuretan

PC – polikarbonat

PLA – poliaktid

PCB – poliklorirani bifenil

EU – Europska Unija

BPA – bisfenol A

ALS – amiotrofična lateralna skleroza

ASD – poremećaj iz autističnog spektra

ADHD – poremećaj pažnje/hiperaktivnosti

DEHP – diektilheksil ftalat

BPF – bisfenol F

BPS – bisfenol S

HBM4EU – Europska inicijativa za humani biomonitoring (Human biomonitoring for Europe)

PFAS – perfluoralkilne/polifluoralkilne tvari

USDA – Odjel za agrikulturu, sigurnost i inspekciju hrane u SAD-u (Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service)

WHO – Svjetska zdravstvena organizacija (World Health Organization)

EEA – Europska agencija za okoliš (European Environment Agency)



## **7. POPIS TABLICA:**

Stranica

Tablica 1. Vrste plastike i proizvodi koji ih sadrže .....	6
--	---

## **8. POPIS SLIKA:**

Slika 1. Plastomeri .....	4
Slika 2. Učinci perfluoriranih i polifluoriranih alkilnih tvari na zdravlje ljudi .	14
Slika 3. Plastični otpad nastao u EU 2015. ....	16
Slika 4. Mikroplastika u vodenom okolišu .....	17
Slika 5. Mikroplastika .....	18
Slika 6. Zatvoreni ciklus bioplastike .....	28