

Plastični otpad – globalni ekološki problem

Privedila: Maja RUJNIĆ-SOKELE

Plastic waste – global environmental problem

Plastics are irreplaceable materials of today and there is no area of life without them. They are important in the areas of packaging, transport, construction, medicine and electronics. As packaging materials, they are cheap and lightweight with excellent barrier properties that enable extending the shelf life of food products. Lighter packaging additionally lowers fuel consumption for transportation. However, the public opinion of plastics is mostly negative, mainly because of the vast quantities of plastic waste that can be found in every corner of the world. Considerable efforts will be needed in the future in order to minimize plastic waste in the environment, particularly in the seas and oceans.

Plastika je nezamjenjivi materijal današnjice i ne postoji područje života bez nje. Važna je na područjima pakiranja (ambalaža), transporta, građevinarstva, medicine i elektronike. Kao ambalažni materijal, jeftina je i lagana uz izvanredna barijerna svojstva koja omogućuju produljenje trajnosti prehrambenih proizvoda. Lakša ambalaža dopunski snižuje potrošnju goriva za transport. Međutim, upita li se prosječnu osobu za mišljenje o plastici, ono će gotovo sigurno biti negativno. Bez obzira na izvrsna svojstva plastike i njezinu nezamjenjivost u bilo kojem području djelovanja, prva asocijacija na nju je, nažalost, onečišćenje okoliša. Nije ju lako braniti kada sa svih strana stižu izvještaji o ogromnim količinama plastičnog smeća koje stvara sve veće probleme. Bez obzira na to što je glavni i najveći krivac za onečišćenje čovjek, njegovo nesavjesno postupanje s plastičnim otpadom i loša infrastruktura gospodarenja otpadom. Činjenica je da se do nedavno pridavalo premalo pozornosti plastičnom otpadu. Stoga su potrebni veliki naponi kako bi u budućnosti što manje plastičnog otpada završilo na mjestima gdje im nije mjesto – u okolišu, a posebno u morima i oceanima.

Nekoliko statističkih podataka

Svake godine u svijetu se proizvede i potroši sve više plastičnih materijala. Godine 2014. u svijetu je proizvedeno 311 milijuna tona, od toga u Europi 59 milijuna tona. Najviše plastičnih materijala troši se na izradbu ambalaže (39,5%), slijedi područje građevinarstva (20,1%), automobilska industrija (8,6%), industrija električnih i elektrotehničkih proizvoda (5,7%), poljo-

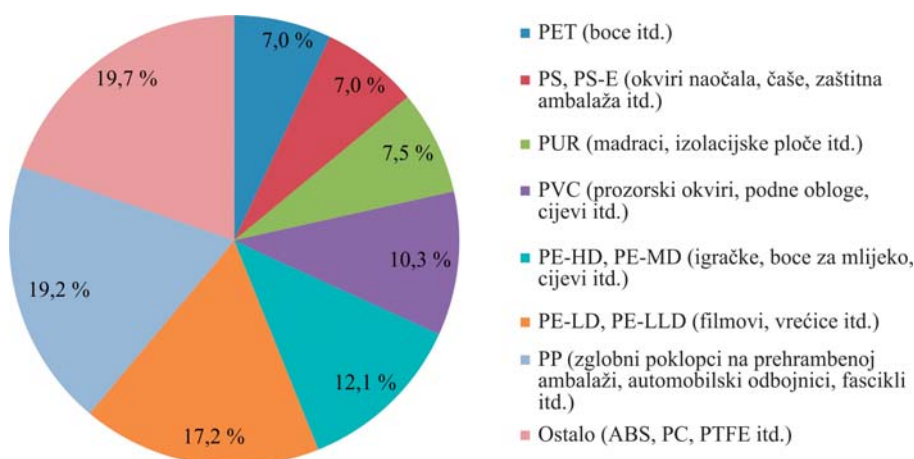
privreda (3,4%), dok sva ostala područja (sport, kućanski uređaji, medicina itd.) zauzimaju preostalih 22,7%.¹

Najtraženiji plastični materijal 2014. godine bio je polipropilen s udjelom od 19,2%, a slijede ga polietilen niske gustoće i linearni polietilen niske gustoće s 17,2%. Potražnja za plastičnim materijalima pod područjima i udjelima u Europi 2014. navedena je na slici 1.¹

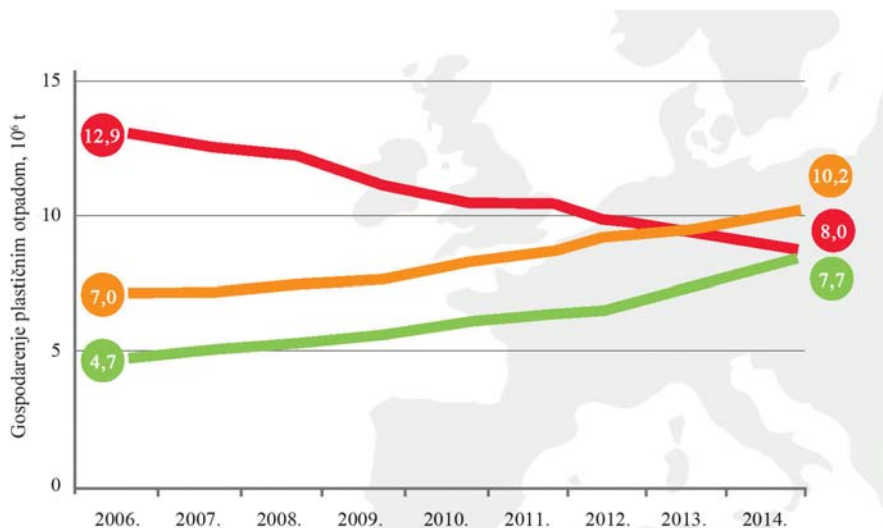
Plastičnim otpadom u Europskoj uniji se 2014. gospodarilo na razne načine, ovisno o zemlji članici. U otpadu je završilo 25,8 milijuna tona plastičnih proizvoda, pri čemu je 69,2% oporabljeno recikliranjem i energijski, a 30,8% je završilo na odlagalištima. U usporedbi sa stanjem 2006., 38% manje plastičnog otpada završilo je na odlagalištima, recikliralo se 64% više, a energijski oporabilo 39,4% više (slika 2).¹

Slika 3 prikazuje udjele plastičnoga otpada koji završi na odlagalištima u pojedinim zemljama Europske unije 2014., a slika 4 udjele pojedinih opcija gospodarenja plastičnim otpadom – recikliranja, energijske uporabe i odlaganja. Može se primijetiti da zemlje sa zabranom odlaganja plastičnoga otpada na odlagališta imaju veliki udio recikliranja u gospodarenju plastičnim otpadom, ali isto tako i veliki udio energijske uporabe. Recikliranje je najbolja opcija gospodarenja plastičnim otpadom, no kada recikliranje više ne predstavlja održivu opciju, alternativa je energijska uporaba. Obje opcije gospodarenja plastičnim otpadom nadopunjuju se i omogućuju iskorištavanje plastičnoga otpada na najbolji mogući način.

Na kraju svoga životnoga vijeka, plastični proizvodi su i dalje prevrijedni da bi se bacili. Mogu se reciklirati u proizvod iste namjene ili neki



SLIKA 1 – Potražnja za plastičnim materijalima u Europi 2014.¹



SLIKA 2 – Gospodarenje plastičnim otpadom u EU u razdoblju od 2006. do 2014.¹

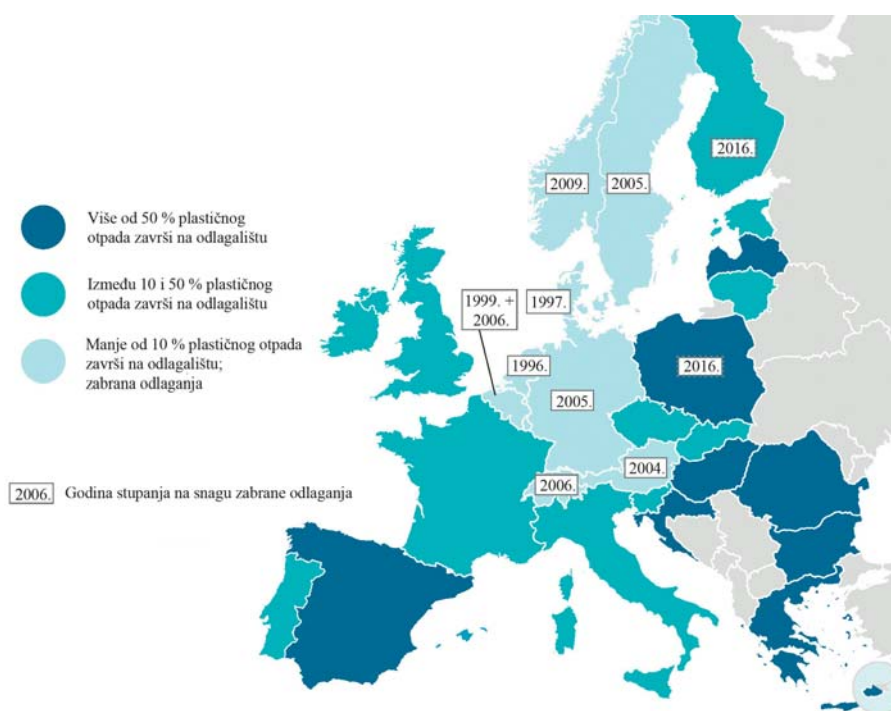
Plastika u morskom okolišu predstavlja sve veći problem

Otpad, tj. smeće u morima i oceanima pokazatelj je današnjega potrošačkog društva i našeg odnosa prema prirodnim resursima. Problem smeća u oceanima stvarao se desetljećima, a njegovo rješavanje će zahtijevati isto toliko vremena, uz ogromna financijska ulaganja. Prema UNEP-u (UN-ov program za okoliš)², otpad u moru je bilo koji postojan, proizveden ili prerađen čvrsti materijal (bilo koje veličine) odložen ili napušten u morskom okolišu i obalnom području. U mora može dospjeti i rijekama, kanalizacijom, oborinskim vodama ili vjetrom, a može biti posljedica aktivnosti na kopnu ili moru.

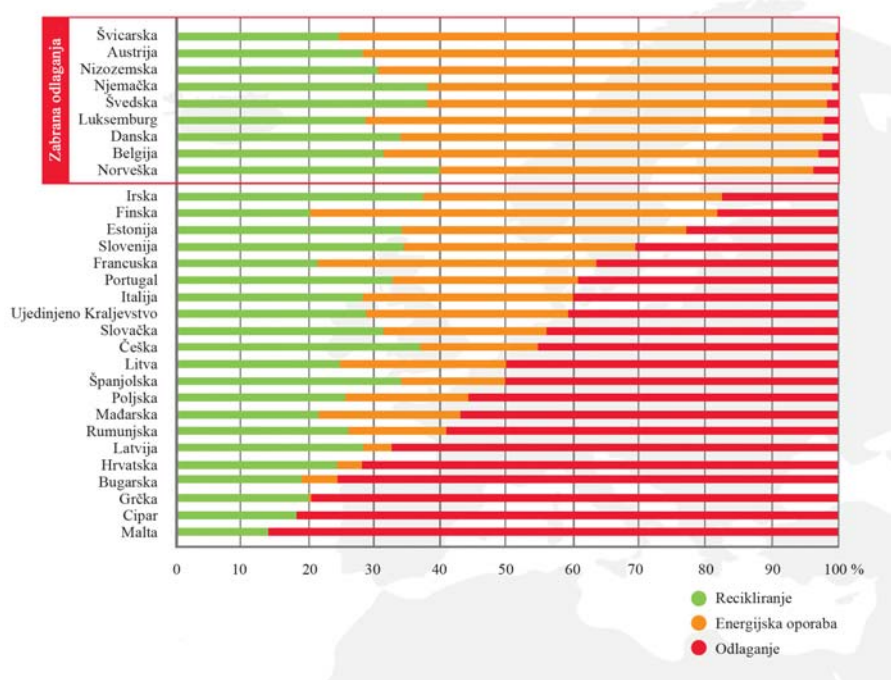
Velik je broj vrsta otpada u morima. Oko 70 % otpada, kao što su staklo, metali, ribarska oprema i dr., potone na morsko dno. Plastika najčešće ostaje plutati na površini, što je čini vrlo vidljivom u morskom okolišu. Otpad u morima nije samo estetski problem – on šteti ekosustavu oceana, živim bićima i ljudima. Oštećuje koraljne grebene i životinjske vrste koje žive na dnu oceana, a često je i zaplitanje životinja u otpad (najčešće odbačen ribolovni alat) ili gutanje otpada.³

Plastični otpad u morskom okolišu uzrokuje čovjek, koji ga namjerno ili nenamjerno ispušta u jezera, mora ili oceane. Pritom najveća količina takvog otpada dolazi s kopna. S povećanom uporabom plastike sve veća količina nerazgradljive plastike ulazi u mora i predstavlja veliku opasnost za morske organizme. Može ga se naći na obalama, u Arktičkom ledu, na površini, kao i na dnu mora i oceana. Atmosfersko djelovanje uzrokuje fragmentaciju plastike, pa je tako mogu progutati i vrlo mali morski beskralješnjaci. Zbog mikroskopske veličine, teško ju je povezati s izvorom onečišćenja, te vrlo teško ukloniti iz otvorenih oceana. Otpadna plastika u morskom okolišu, osim lošeg estetskog dojma, uzrokuje zaplitanje životinja, najčešće u odbačene ribarske alate (mreže, vrše), služi kao hrana morskim organizmima, a na sitne djeliće otpadne plastike akumuliraju se vrlo otrovni hidrofobni ekotoksikanti (poliklorirani bifenili (PCB) ili diklor-difenil-trikloretani (DDT)), čija koncentracija može biti i milijun puta veća nego u vodi. Osim toga, plutajući otpad obrasta školjkama, diatomejama i algama, pa se morske vrste prenose na mjesta gdje ih izvorno nema. Stoga treba učiniti sve napore da se spriječi ulaz plastičnoga otpada u mora.⁴⁻⁶

Posljednjih godina sve se češće objavljuju rezultati istraživanja koja izvještavaju o morskim pticama, kornjačama i ribama koje gutaju plastične otpatke koji ih ubijaju ili utječu na njihovo zdravlje. Većina plastičnih otpadaka su potrošački proizvodi, kao što su boce, čepovi ili spremnici koji su nepažljivo odbačeni, ali dio plastičnog otpada u morima predstavlja i plastični granulati koji je ušao u otpadne tokove i u



SLIKA 3 – Odlaganje plastičnog otpada u EU 2014.¹



SLIKA 4 – Gospodarenje plastičnim otpadom u EU 2014.¹

drugi proizvod. Kada to nije moguće, mogu se iskoristiti za energijsku uporabu kao nadomjestak fosilnim gorivima. Recikliranje je izvrsna opcija za ambalažu koja se jednostavno prikuplja i razvrstava, kao što su platenke i komercijalni ambalažni filmovi i folije. Najčešće je recikliranje plastike mehaničkim postupcima (mljevenje, pranje, sušenje, granuliranje) kojim se dobije reciklat koji se može pretvoriti u nove plastične proizvode. Moguće je i kemijsko recikliranje kojim se plastika vraća u početne

kemijske sastojke, što omogućava proizvodnju novih plastičnih materijala. Trenutno je to najnepovoljniji način uporabe. No vrlo je prošireno pri uporabi stakla, papira i metala. Optimalna razina za recikliranje plastičnog otpada kreće se između 35 i 50 %. Iznad te razine troškovi recikliranja bili bi previsoki za društvo, uz vrlo malu ili nikakvu korist za okoliš. Plastični otpad koji nije isplativo reciklirati (npr. višeslojni i malu ambalažu) treba iskoristiti kao izvor energije, odnosno energijski uporabiti.¹

oceane zbog neopreznog rukovanja u proizvodnji. Kada životinje pojedu granulatu, ne mogu ga probaviti, što dovodi do pothranjenosti i izgladnjivanja, iako su dokumentirane i neke vrste koje uspješno izlučuju plastiku koju pojedu. Primjerice, sjeverni galebovi smanjuju veličinu plastičnih djelića u svom mišićavom želucu i izlučuju ih natrag u okoliš u obliku mikroplastike.⁷ Potrošači su odgovorni za pravilno odlaganje proizvoda kada postane otpad, a plastičarska industrija se mora usredotočiti na pravilno rukovanje svojim proizvodom, te spriječiti ulazak granulata i vodene tokove koji u konačnici vode do mora i oceana.³

Općenito, plastični otpad u mora i oceane može doći iz izvora vezanih uz kopno te iz izvora vezanih uz more. Pritom oko 80 % plastičnog otpada u morima dolazi s kopna, od čega 25 % iz loše upravljanih sustava gospodarenja otpadom, a 75 % je nesakupljeni, tj. odbačeni otpad. Izvori vezani uz kopno najčešće su odlagališta komunalnog otpada na obali ili kopnu, riječni transport otpada s odlagališta ili drugih izvora uz rijeke i druge plovne putove (kanale), ispuštanje neobrađenih otpadnih voda, uključujući oborinske vode (i povremene poplave), industrijska postrojenja, te turizam (rekreativni posjetitelji na obali, posjetitelji plaža). Izvori vezani uz more uključuju trgovačke brodove, trajekte i turističke brodove, ribarske brodove (odbačena ribarska oprema), vojne flote i istraživačke brodove, osobna plovila, naftne i plinske platforme te ribogojilišta.^{5,8}

Tijekom 2014. je kroz akciju čišćenja *International Coastal Cleanup* koja se odvija svake godine od 1986. više od 560 000 dobrovoljaca iz 91 zemlje uklonilo više od 7 000 t smeća duž više od 20 000 km obala.⁹ Deset najčešćih vrsta otpadaka navedeno je u tablici 1. Nažalost, 8 od 10 najčešćih vrsta otpadaka nađenih na obalama načinjeno je od plastike. Najviše ima cigaretnih opušaka koje pušači olako odbacuju u okoliš jer ih vjerojatno niti ne doživljavaju plastičnima, iako se cigaretni filtri još od 1950. proizvode od nerazgradljive bioplastike, celuloznog acetata.

U modernom društvu plastika je nezamjenjiva jer poboljšava kvalitetu života kao niti jedan drugi materijal. Prodlužuje trajnost hrane, omogućuje siguran prijenos i uporabu sterilizirane medicinske opreme, a sve to uz minimalnu potrošnju fosilnih izvora energije i minimalne emisije ugljikovog dioksida. Nažalost, zbog svoje sveprisutnosti i male mase, plastika vrlo često završava u okolišu, bilo kopnenom, bilo morskom.

Najnovije istraživanje Zaklade *Ellen MacArthur* (e. *Ellen MacArthur Foundation*) o kružnom gospodarstvu u plastičarskoj industriji predviđa vrlo pesimističku budućnost ako se nastavi tradicijsko, tj. uobičajeno poslovanje (e. *business as usual*). Svake godine, 8 milijuna tona plastike dospije u oceane (slika 5), a procjena je da

TABLICA 1 – Deset najčešćih vrsta otpadaka sakupljenih tijekom akcije čišćenja *International Coastal Cleanup* 2014.⁹

Vrsta smeća	Broj komada	Udio, %
Cigaretni opušci	2 248 065	14,78
Omoti za hranu (bomboni, čips, itd.)	1 376 133	9,04
Plastične boce	988 965	6,50
Plastični čepovi	811 871	5,34
Slamke	519 911	3,42
Ostale plastične vrećice	489 968	3,22
Plastične vrećice za nošenje	485 204	3,19
Staklenke	396 121	2,60
Limenke	382 608	2,51
Plastične čaše i tanjuri	376 479	2,47
Ukupno	8 075 325	53,08
Ukupno sakupljeno	15 214 527	

se u oceanima već nalazi više od 150 milijuna tona. Nastavi li se ista praksa, u oceanima će do 2025. biti gotovo 250 milijuna plastike, odnosno 1 tona plastike na 3 tone ribe, a do 2050. plastike će biti više nego ribe. S obzirom na to da će proizvodnja plastičnih materijala sve više rasti (predviđa se potrošnja od 1 124 milijuna tona u 2050.), plastičarska industrija će trošiti 20 % nafte umjesto današnjih 5 %.^{4,10} Bez obzira na to jesu li ova predviđanja napuhana ili ne, ostaje činjenica da plastici u okolišu, a posebno u morima oceanima iz kojih se vrlo teško može ukloniti, nije mjesto.

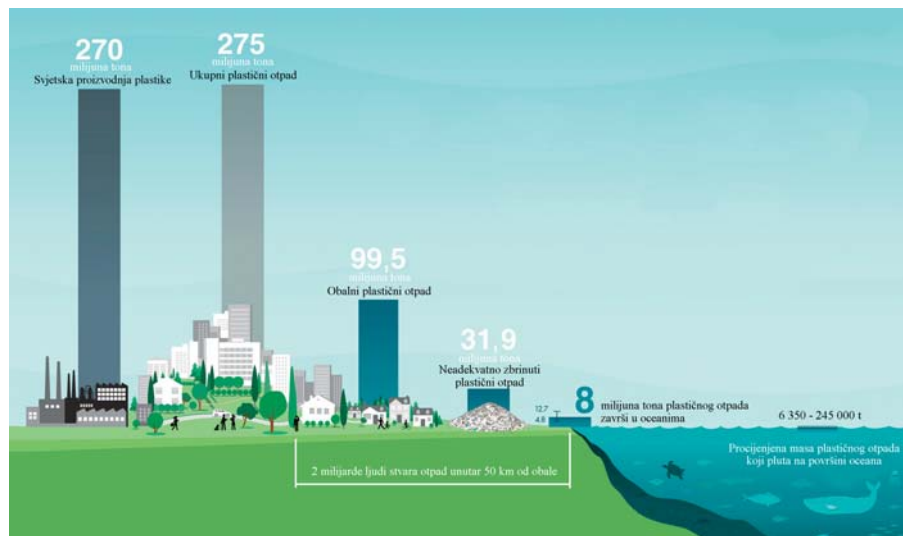
Plastika u morima dolazi iz 192 zemlje s izlazom na mora i oceane, no 20 zemalja odgovorno je za više od 80 % plastičnog otpada u oceanima. Na prvom mjestu onečišćivača je Kina, a slijede Indonezija, Filipini, Tajland i Vijetnam (slika 6).⁴ Aktivnosti smanjenja ulaska plastičnog otpada u mora trebale bi uključivati: smanjenje plastičnog otpada u otpadnim tokovima (npr. odvojenim sakupljanjem plastičnog otpada), poboljšanje infrastrukture sustava gospodarenja otpadom, te povećano sakupljanje plastičnog otpada u moru (npr. pojačani nadzor u povratku smeća s brodova, akcije čišćenja, nepomične mreže

itd.). Isto tako, trebalo bi pooštriti zakone vezane uz smanjenje otpada, te poboljšati uporabu plastičnog otpada.

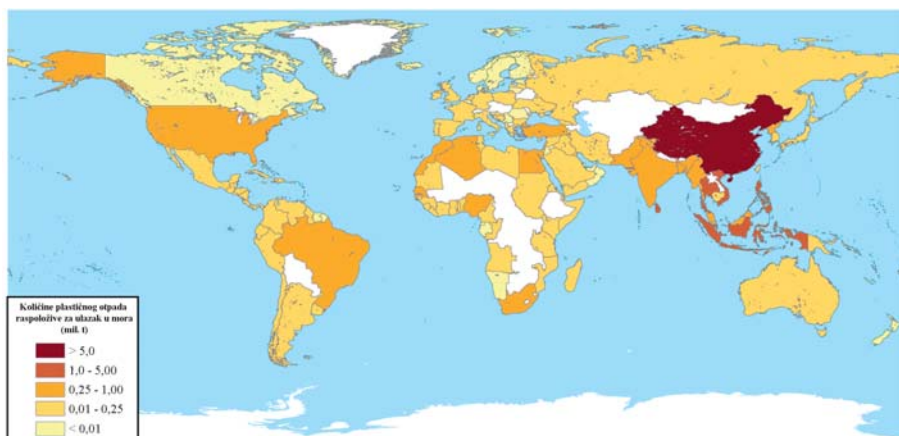
Međutim, sve navedene mjere odnose se na visoko razvijene zemlje s financijskim sredstvima koja takve programe mogu provesti. Spomenutih pet zemalja koje najviše onečišćuju oceane plastičnim otpadom razvijaju se ubrzano, a potražnja za novim proizvodima raste brzinom većom od brzine uspostavljanja lokalne infrastrukture gospodarenja otpadom.⁸

Prema izvještaju američke neprofitne organizacije za zaštitu oceana *Ocean Conservancy* koji je načinjen u suradnji s *McKinseyevim* centrom za poslovanje i okoliš (*McKinsey Center for Business and Environment*)⁸, sljedeće mjere dale bi najbolje rezultate u smanjivanju ulaska plastičnog otpada u oceane u prethodno navedenim zemljama.

1. Proširenje usluga sakupljanja otpada što će u konačnici dovesti do povećanja količina sakupljenog otpada.
2. Zatvaranje mjesta propuštanja otpada u okoliš unutar sustava sakupljanja otpada. Propuštanje otpada u okoliš događa se tijekom transporta i na otvorenim smetlištima.



SLIKA 5 – Procijenjena količina plastičnog otpada u morima (prema stanju 2010.)¹¹



SLIKA 6 – Karta svijeta sa zemljama obojanima prema procijenjenoj količini neadekvatno zbrinutog plastičnog otpada unutar 50 km od obale (u milijunima tona)⁴

- Obrada otpada spaljivanjem s oporabom energije ili rasplinjavanjem. Mogući su i neki drugi postupci obrade otpada, kao što su recikliranje ili piroliza, no spomenuta dva postupka pokazala su se najisplativijima s obzirom na uložena financijska sredstva, jednostavnost predobrade koja je nužna za postupak obrade, te utjecaj na društvo i okoliš.
- U područjima s manjim količinama otpada, gdje nije isplativo uvesti energijsku oporabu, poželjno je ručno razvrstavanje plastičnog otpada više vrijednosti (oko 20 % plastičnog otpada, npr. PET boce) za recikliranje, a niže vrijednosti (npr. PE vrećice) za proizvodnju goriva iz otpada.

Bakterije koje vole plastiku – znanstvena fantastika ili stvarnost?

Da nije sve tako crno, pokazuju najnovija istraživanja. Bez obzira na uobičajeno mišljenje, plastika je razgradljiva, samo njezina razgradnja, istina bez točnih podataka jer je relativno kratko u uporabi, traje dugo. Da bi se razgradnja ubrzala, mogu pomoći bakterije. Istraživači na Sveučilištu u Dublinu otkrili su vrstu bakterija *Pseudomonas* koja je u stanju proizvesti poli(hidroksi-alkanoat) (PHA) kada se hrani PET-om, preciznije tereftalnom kiselinom koja je osnovni sastojak PET-a.¹² PHA je biorazgradljivi plastični materijal koji se primjenjuje u mnogim područjima, primjerice u medicini za kirurške konce, a razgrađuje se u bilo kakvom okolišu. Kineski znanstvenici su dokazali da ličinka bakrenastog moljca (lat. *Plodia interpunctella*) jede polietilenski film.¹³ Istraživači s *Oceanografskog instituta Woods Hole* u Massachusettsu su na plastičnim otpacima izvučenima iz Sargaškog mora pronašli bakteriju koja se, čini se, također hrani plastikom. Doduše, dio mora iz kojeg su izvukli plastiku siromašan je fosforom i drugim nutrientima, pa su bakterije bile primorane jesti plastiku kako bi preživjele.¹⁴ Najnovije istraživanje je iz Japana, gdje su istraživači izolirali

novu vrstu bakterija, *Ideonella sakaiensis*, koja hidrolizom razgrađuje PET uz pomoć dva enzima na osnovne sastojke – tereftalnu kiselinu i etilen-glikol. Bakterija je pronađena u postrojenju za recikliranje.¹⁵

Zaključak

Ukoliko se na području gospodarenja plastičnim otpadom ništa ne promijeni, u sljedećih dvadeset godina iz prije navedenih pet zemalja u oceane bi moglo doći 300 milijuna tona plastike,⁴ što je nezamisliva količina koja bi imala izrazito negativan utjecaj na ekosustav. Stoga je nužno djelovati čim prije, na globalnoj razini. To je zadaća koje će se morati prihvatiti svi – pojedinci, komunalna poduzeća, države, a posebno plastičarska industrija. Neke inicijative već postoje, no sve to je još uvijek premalo i za sada ne daje nikakve konkretne rezultate. Plastika je izvrstan materijal s brojnim prednostima koje je čine prvim izborom za mnoge primjene. To je materijal koji doprinosi održivom razvoju i bez kojega nema ugodnog života na koji smo navikli. Nažalost, sve dobre strane plastike zasjenjuje negativan imidž zbog problema s otpadom koji je vrlo vidljiv i sveprisutan u okolišu. Nije plastika kriva zbog toga, krivo je neprikladno i loše postupanje ljudi s plastičnim otpadom, ali i svojstvo plastike koje je upravo čini idealnom za mnoštvo primjena – mala masa. Plastika omogućuje transport sve više robe u sve tanjoj i lakšoj ambalaži, koja često nošena vjetrom (s odlagališta, iz kanti za smeće, itd.) završi u okolišu. Nužna je sustavna promjena rada i razmišljanja o otpadu koja će zahtijevati velike napore kako bi se ostvarila suradnja između svih zainteresiranih strana u cijelom plastičarskom lancu vrijednosti – proizvođača plastičnih materijala i proizvoda (posebno ambalaže), poduzeća uključениh u lanac recikliranja (sakupljanje, razvrstavanje i ponovna preradba), kao i donositelja političkih odluka. Bez plastike više se ne može, to je svakome jasno. Kako plastika ne bi zauvijek ostala obilježena kao najveći onečišćivač

našeg planeta, a ne kao revolucionarni materijal koji je donio napredak svakom dijelu industrije i društva, nužne su drastične i ubrzane mjere za sprječavanje ispuštanja plastičnog otpada u okoliš, uz primjenu kružnog gospodarstva. Primjeri bakterija koje se hrane plastikom pokazuju kako se okoliš mijenja i najvjerojatnije prilagođava na novi izvor hrane – plastiku. Međutim, evolucija je dugotrajan proces i proći će stoljeća da se razviju organizmi kojima će plastika biti poslastica. Dok sama Priroda ne započne rješavanje problema plastičnog otpada, mora joj se pomoći. Čim prije i bez oklijevanja.

KORIŠTENA LITERATURA:

- Plastics – the Facts 2015: An analysis of European plastics production, demand and waste data*, Plastics-Europe, 2015., www.plasticseurope.org/Document/plastics--the-facts-2015.aspx, 23. 3. 2016.
- Honolulu Strategy: a global platform for the prevention, reduction, and management of marine debris*, UNEP i NOAA, 5imdc.files.wordpress.com/2011/03/honolulustrategy.pdf, 17. 5. 2016.
- Marine Litter Solutions*, www.marinelittersolutions.com/, 14. 5. 2016.
- Jambeck, J. R. et al.: *Plastic waste inputs from land into the ocean*, *Science*, 347(2015), 768-771., www.iswa.org/fileadmin/user_upload/Calendar_2011_03_AMERICANA/Science-2015-Jambeck-768-771_2_.pdf, 19. 2. 2015.
- Sources of Marine Litter*, www.unep.org/regionalseas/marinelitter/about/sources/default.asp, 15. 6. 2015.
- Thevenon, F., Carroll C., Sousa J. (Eds.): *Plastic Debris in the Ocean: The Characterization of Marine Plastics and their Environmental Impacts*, *Situation Analysis Report*, Gland, Switzerland, 2014., portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-067.pdf, 12. 2. 2015.
- Van Frankener, J. A., Lavender Law, K.: *Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution*, *Environmental Pollution*, 203(2015), 89-96, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749115001104, 23. 5. 2016.
- Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean*, Ocean Conservancy and McKinsey Center for Business and Environment, 2015, www.oceanconservancy.org/our-work/marine-debris/mckinsey-report-files/full-report-stemming-the.pdf, 16. 5. 2016.
- 2015 Report*, International Coastal Cleanup, www.oceanconservancy.org/our-work/marine-debris/2015-data-release/2015-data-release-pdf.pdf, 20. 5. 2016.
- The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics*, Ellen MacArthur Foundation, 2016., www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation_TheNewPlasticsEconomy_15-3-16.pdf, 20. 5. 2016.
- images.sciencedaily.com/2015/02/150212154422_1_900x600.jpg, 30. 1. 2015.
- O' Connor, K et al.: *The conversion of waste PET plastic to a high value added biodegradable plastics*, www.epa.ie/pubs/reports/research/tech/STRIVE%20Report%2077%20-%20K.OConnor.pdf, 22. 5. 2016.
- Yang, J. et al.: *Evidence of Polyethylene Biodegradation by Bacterial Strains from the Guts of Plastic-Eating Waxworms*, *Environ. Sci. Technol.*, 48(2014)23, 13776-13784, pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es504038a, 22. 5. 2016.
- Zaikab, G. D.: *Marine microbes digest plastic*, www.nature.com/news/2011/110328/full/news.2011.191.htm, 22. 5. 2016.
- Yoshida, S. et al.: *A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate)*, *Science*, 351(2016)6278, 1196-1199, science.sciencemag.org/content/351/6278/1196, 22. 5. 2016.