

Onečišćenje mora opasnim i štetnim tvarima

Štokić, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:846648>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-25**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

ANTONIO ŠTOKIĆ

**ONEČIŠĆENJE MORA OPASNIM I
ŠTETNIM TVARIMA**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET

ONEČIŠĆENJE MORA OPASNIM I ŠTETNIM TVARIMA

**SEA POLLUTION WITH DANGEROUS AND HARMFUL
SUBSTANCES**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Tehnologija uklanjanja onečišćenja mora

Mentor/komentor: dr.sc. Đani

Šabalja

Student/studentica: Antonio

Štokić

Studijski smjer: Nautika i

tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112072215

Rijeka, rujan, 2022.

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom

Onečišćenje mora opasnim i štetnim tvarima

(naslov diplomskog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom

dr.sc. Đanija Šabalje

(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

te komentorstvom _____

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____

(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica

Štokić

(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

Antonio Štokić

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Stij', located in the bottom right corner of the page.

SAŽETAK

Kroz rad je definirana problematika vezana uz opasne tvari i štetne tvari te njihov utjecaj na okoliš (more). Kada je riječ o kemijskom onečišćenju, ono se definira kao uništenje štetnih tvari u okoliš. Nadalje, mnogi zagađivači koje je stvorio čovjek dospijevaju u vode, mora i ocean te stvaraju ekološki problem, zagađivači su: pesticidi, herbicidi, gnojiva, deterdženti, nafta, industrijske kemikalije i kanalizacija. Nadalje, samim ispuštanjem u okoliš dolazi do poremećaja u njemu, pa se događa da mnoge životinje konzumiraju te kemijske tvari koje kasnije apsorbcijom dolaze u organizam čovjeka. Nadalje, onečišćenje često dolazi iz izvora kao što su poljoprivredno otjecanje, otpad nošen vjetrom i prašina. Kroz rad je definirana problematika uz dostupnu literaturu te relevantne internetske izvore.

Ključne riječi: onečišćenje mora, opasne tvari

SUMMARY

Through the paper, the issues related to hazardous substances and harmful substances and their impact on the environment (sea) are defined. When it comes to chemical pollution, it is defined as the destruction of harmful substances in the environment. Furthermore, many man-made pollutants reach the waters, seas and oceans and create an ecological problem, the pollutants are: pesticides, herbicides, fertilizers, detergents, oil, industrial chemicals and sewage. Furthermore, the mere release into the environment leads to disturbances in it, so it happens that many animals consume these chemical substances, which are later absorbed into the human body. Furthermore, pollution often comes from sources such as agricultural runoff, wind-blown debris, and dust. Through the paper, the problem is defined along with the available literature and relevant internet sources.

Keywords: sea pollution, dangerous substances

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. POJAM OPASNIH I ŠTETNIH TVARI.....	2
2.1. Pojam opasnih tvari.....	2
2.2. Pakiranje	4
2.3. Skladištenje	6
2.4. Označavanje.....	8
3. OPĆENITO O ONEČIŠĆENJU MORA.....	10
3.1. Problematika onečišćenja mora	10
3.2. Vrste onečišćenja	11
3.3. Učinci onečišćenja oceana	13
3.4. Rješenja za onečišćenje mora	13
4. ONEČIŠĆENJE MORA NAFTAOM I ULJIMA	15
4.1. Pojam i proizvodnja nafte i ulja	15
4.2. Potrošnja i uloga nafte	16
4.3. Onečišćenje mora naftom i uljem	17
4.4. Utjecaj na morski okoliš	19
5. PROBLEMATIKA UTJECAJA MIKROPLASTIKE NA MORE	21
5.1. Proizvodnja mikroplastike i globalni problem.....	21
5.2. Učinci na okoliš	25
5.3. Prikaz izloženosti morskog života mikroplastici	27
5.4. Utjecaj na ljude	30
5.5. Budućnost i perspektiva mikropplastike u okolišu	34
6. ZAKLJUČAK.....	41

1. UVOD

Sve je veća svijest o opasnim i štetnim tvarima u okolišu i njezinim potencijalnim negativnim posljedicama za sigurnost vode, biološku raznolikost, usluge ekosustava, ljudsko zdravlje i dobrobit.

Problem s brojnim opasnim i štetnim tvarima je taj što se poput plastičnih predmeta bilo koje veličine ne razgrađuju lako na bezopasne molekule. Plastici mogu trebati stotine ili tisuće godina da se razgradi i u međuvremenu izazvati pustoš u okolišu. Na plažama je mikroplastika vidljiva kao sitni raznobojni komadići plastike u pijesku. U oceanima mikroplastičnu onečišćenost često konzumiraju morske životinje.

Dio tog onečišćenja okoliša dolazi od bacanja smeća, ali velik dio je rezultat oluja, otjecanje vode i vjetrova koji nose plastiku i netaknute predmete te mikroplastiku u okoliš. Plastika za jednokratnu upotrebu plastični predmeti namijenjeni upotrebi samo jednom, a potom odbacivanju, poput slamke primarni su izvor sekundarne plastike u okolišu.

Zajedno s drugim novim entitetima, sada se smatra da onečišćenje voda i mora prelazi sigurne planetarne granice. Onečišćenje je sve što je prisutno ili uneseno u okoliš što uzrokuje štetu. U moru ima mnogo vrsta onečišćenja poput smeća, ulja, kemikalija pa čak i kanalizacijskih voda.

U posljednjih deset godina vode su podnijele najveći teret ozbiljnih nesreća onečišćenja, ali one postaju sve rjeđe kako se tehnologije razvijaju i kako se učinci bolje razumiju. No, još uvijek ima jako puno toga za naučiti o učincima onečišćenja morskog okoliša. Često se onečišćenje ne može vidjeti golim okom, a ponekad onečišćenje nikada neće nestati iz vode.

Na mnogo načina čovjekovo vlastito djelovanje dovodi do zagađenja, a u nekim slučajevima možemo učiniti nešto u vezi s tim. Na primjer, kupnja lokalnih proizvoda smanjuje potražnju za hranom iz inozemstva, smanjuje broj brodova potrebnih za prijevoz te hrane, a zauzvrat smanjuje onečišćenje koje uzrokuju u oceanima i otpad koji odlažu.

2. POJAM OPASNIH I ŠTETNIH TVARI

2.1. Pojam opasnih tvari

Broj raznih vrsta opasnih tvari koje zahtijevaju pravilan transport i dalje raste. Njihov transport može predstavljati potencijalnu opasnost za život i zdravlje ljudi, kao i za okoliš. Stupanj ove opasnosti ima tendenciju da se razlikuje ovisno o tome kakva se tvar transportira i kakve posljedice ima ako dospije u okoliš.¹

Uzimajući u obzir ukupnu količinu tereta, koji se prevozi cestovnim prijevozom u Hrvatskoj, postotak opasnih tvari uključenih u to procjenjuje se na oko 10%. Promet ove vrste podrazumijeva nužnost implementacije inovativnih tehnologija, čija je temeljna zadaća povećanje sigurnosti prometa. Cestovni promet, koji postaje sve popularniji, igra presudnu ulogu.



Slika 1. Prikaz oznaka opasnih tvari

Izvor: <https://hr.your-best-home.net/7368650-health-risk-from-paints-and-varnishes>

Intenzivirani rast ove grane prometa prvenstveno je rezultat izgradnje novih benzinskih postaja koje se svake godine grade kao i specijaliziranih poduzeća koja se bave njihovom proizvodnjom, distribucijom i trgovinom. Našim se cestama svakodnevno prevoze znatne količine tekućih

¹ Domitran, M. (2004) Prijevoz opasnih tvari u cestovnim prometu, Zagreb, str. 55

goriva, gorivnih plinova u tekućem obliku, amonijaka, klora, cijanovodonične i drugih otrovnih ili eksplozivnih tvari.

Plinovi i tekućine s niskom temperaturom paljenja navedeni su kao najopasniji materijali. Navedena pitanja impliciraju da prijevoz opasnih tvari nosi potencijalnu opasnost za život i zdravlje ljudi, kao i za prirodni okoliš. Stupanj ove opasnosti ima tendenciju da se razlikuje ovisno o tome kakva se tvar transportira i kakve posljedice ima ako dospije u okoliš. Takva opasnost predstavlja izazov za niz subjekata koji neprestano prate i pokušavaju povećati razinu sigurnosti cestovnog prijevoza opasnih tvari.²

Opasne robe definiraju se kao materijali ili predmeti za koje u skladu s ADR³ ugovorom, RID⁴ ugovorom. Opasna roba uključuje sve predmete i robu koji predstavljaju opasnost za transport i imaju UN broj. UN broj je četveroznamenkasti broj koji identificira opasnu robu.

Opasne tvari su tvari koje zbog činjenice da sadrže opasna svojstva (kemijska, fizička ili biološka) mogu predstavljati opasnost po zdravlje, pridonijeti smrti, zagađivati prirodni okoliš ili uzrokovati velike materijalne gubitke ako se njima pravilno ne rukuje u transportu ili skladištenju. Takvi se materijali često koriste i njihov transport predstavlja ogromnu opasnost za ljude i okoliš. Opasne tvari i predmeti su kemijski elementi ili učinci kemijskih reakcija kao i smjese koje se sastoje od kemijskih tvari koje se razvrstavaju prema štetnom utjecaju na zdravlje ljudi ili prirodni okoliš.

Taj utjecaj ima uvelike veze s osobitostima pojedinih proizvoda (fizikalno-kemijska, toksikološka i ekotoksikološka svojstva). Opasne tvari su kemijski elementi i njihovi spojevi u stanjima u kojima se javljaju u prirodi ili su dobiveni procesima proizvodnje. Ponekad tvari mogu biti mješavine, na primjer produkti kemijskih reakcija razbijenih u zasebne spojeve (npr. izomeri, alkoholi, frakcije destilacije nafte).⁵

Dok su opasni proizvodi smjese ili otopine koje se sastoje od dvije ili više tvari, pri čemu je jedna od njih opasna tvar.

² Domitran, M. (2004) Prijevoz opasnih tvari u cestovnim prometu, Zagreb, str. 55

³ Engleska skraćenica od: alternative dispute resolution

⁴ Engleska skraćenica od: Carriage of Dangerous Goods by Rail

⁵ Domitran, M. (2004) Prijevoz opasnih tvari u cestovnim prometu, Zagreb, str. 57

Drugi pojam koji je od presudne važnosti u ovoj temi je opasan otpad, koji je kategoriziran kao opasan pod uvjetom da ispunjava uvjete navedene u definiciji opasne robe koju daje ADR. Trenutno se koriste dvije različite klasifikacije:⁶

- Razvrstavanje prema zakonskim propisima utvrđenim u pravilniku ministra zaštite okoliša, prirodnih dobara i šumarstva
- Razvrstavanje za potrebe prijevoza u skladu s ADR sporazumom. Temeljno načelo označava prijevoz otpada koji se smatra opasnim prema propisima koji se odnose na otpad od mjesta njegovog nastanka do objekata oporavka ili mjesta gdje je otpad nesposoban, uzimajući u obzir važeće propise koji se primjenjuju na prijevoz opasnih tvari.

2.2. Pakiranje

Sigurnost u prijevozu opasnih tvari ovisi o slanju opasne robe u ispravnom pakiranju, ako se odabere pogrešno pakiranje, može doći do opasnosti za ljude naštetiti okolišu ili izazvati katastrofalnu štetu u prijevozu.

Odgovarajuće pakiranje opasne robe temelji se na najprikladnijoj klasifikaciji opasnosti proizvoda i njegovih fizičkih svojstava. Na primjer, ne možete slati korozivne materijale u metalnim pakiranjima jer korozivi burno reagiraju s metalom i na kraju će uništiti paket.

Zahtjevi za pakiranje razlikuju se ovisno o vrsti, klasi i količini opasne robe koju šaljete. Često se ambalaža mora testirati i certificirati kako bi zadovoljila zahtjeve propisa za otpremu opasnih tvari zračnim putem 49 CFR⁷, dio 173 navodi opće zahtjeve za pakiranje koji se primjenjuju na pakiranje u rasutom stanju i pakiranje koje nije u rasutom stanju, novo i ponovno korišteno pakiranje te pakiranje sa specifikacijama i pakiranja bez specifikacija.⁸

⁶ Domitran, M. (2004) Prijevoz opasnih tvari u cestovnim prometu, Zagreb, str. 58

⁷ Kodeks saveznih propisa (CFR) je službena pravna tiskana publikacija koja sadrži kodifikaciju općih i trajnih pravila vezanih za transport

⁸ Izvor: <https://www.fries-kt.com/products/packaging/guide-industrial-packaging/guide-un-approvals-for-dangerous-goods/?lang=en>

Odgovarajuće pakiranje također ovisi o skupini pakiranja materijala. Skupina pakiranja je skupina tvari (osim onih u Klasi opasnosti 2, Klasi 6, Odjel 2 i Klasi 7), u skladu sa stupnjem opasnosti koju predstavljaju:⁹

- Pakirna skupina I: tvari visoke opasnosti;
- Ambalažna skupina II: tvari srednje opasnosti; i
- Ambalažna skupina III: tvari niske opasnosti.

Za većinu zračnih pošiljaka opasne robe potrebna je ambalaža prema UN specifikaciji ili pakiranje usmjereno na učinkovitost (POP). POP¹⁰ je pakiranje koje mora proći nekoliko testova kako bi se osiguralo da su paketi dovoljno čvrsti da izdrže udarce, opterećenja i promjene atmosferskog tlaka s kojima se inače susreću tijekom transporta.



Slika 2. Prikaz pakiranja opasnih tvari

Izvor: <http://www.ekoteh.hr/tehnike-djelatnosti/uvoz-izvoz-i-prijevoz/>

Paketi koji su uspješno prošli ove testove nosit će UN oznake koje potvrđuju da su prošli tražene testove. Oznake označavaju razinu testiranja koju je paket prošao. Iz tablice se može utvrditi broj

⁹ Domitran, M. (2004) Prijevoz opasnih tvari u cestovnim prometu, Zagreb, str. 59

¹⁰ POP (engl. persistent organic pollutants – pakiranje usmjereno na učinkovitost)

ID paketa. Referenca za sve standarde i testove pakiranja usmjerenih na učinkovitost može se pronaći u Kodeksu saveznih propisa, naslov 49, dio 178.¹¹

Opasne tvari smiju se prevoziti samo u ambalaži koja ima oznaku UN. Kako bi olakšali međunarodni prijevoz, Ujedinjeni narodi (UN) uspostavili su sveobuhvatan skup propisa za prijevoz (i pakiranje) opasnih tvari.

Svakoj kemijskoj tvari dodijeljen je UN broj. Ovi se brojevi mogu koristiti za određivanje propisa primjenjivih na pakiranje i prijevoz opasnih tvari. Ovisno o UN oznaci i klasi opasne robe, određeni zahtjevi vrijede za prijevoz robe cestom, željeznicom, vodom ili zrakom.¹²

2.3. Skladištenje

Prema propisima o kontroli tvari opasnih po zdravlje one se moraju skladištiti i rukovati na način da:¹³

- minimizira rizike
- ograničava izloženost ljudi njima.

Moraju se procijeniti rizike skladištenja i rukovanja opasnim tvarima. To uključuje mogućnost štete za okoliš uzrokovanu curenjem i izlivanjem.

Zatim treba poduzeti sve radnje potrebne za kontrolu rizika, uključujući:¹⁴

- skladištenje kemikalija prema uputama proizvođača na sigurnosno-tehničkom listu
- zadržavajući najmanju potrebnu količinu opasnih tvari
- odvojeno skladištenje nekompatibilnih tvari
- poduzimanje koraka za sprječavanje ispuštanja ili istjecanja opasnih tvari
- držanje kompleta za prolijevanje u blizini skladišnih prostora i obučavanje osoblja što učiniti u slučaju izlivanja

¹¹ Izvor: <https://www.fries-kt.com/products/packaging/guide-industrial-packaging/guide-un-approvals-for-dangerous-goods/?lang=en>

¹² Kaučić, N., Nemet, Z., Šegović, M. (2002) Prijevoz opasnih tvari, Naklada Ljevak, Zagreb, str. 39

¹³ Kaučić, N., Nemet, Z., Šegović, M. (2002) Prijevoz opasnih tvari, Naklada Ljevak, Zagreb, str. 40

¹⁴ Izvor: <https://www.fries-kt.com/products/packaging/guide-industrial-packaging/guide-un-approvals-for-dangerous-goods/?lang=en>

- čišćenje eventualnih curenja ili izlivanja
- korištenje pravih zaštitnih mjera pri rukovanju tvarima - na primjer, nošenje zaštitne odjeće ili osiguravanje odgovarajuće ventilacije
- osposobljavanje djelatnika koji skladište i rukuju opasnim tvarima
- pravilno označavanje spremnika koji se koriste za kratkotrajno skladištenje.



Slika 3. Prikaz ormara za skladištenje opasnih tvari

Izvor: <https://shop.reca.hr/ormar-za-skladistenje-opasnih-tvari-900-x-598-x-1935-mm.html>

Sigurno skladištenje opasnih tvari važan je dio zaštite ljudi i okoliša. To uključuje pohranjivanje opasnih tvari, odnosno osiguravanje da se nekompatibilne tvari ne pohranjuju zajedno i da se dekantirane tvari pohranjuju u pravu vrstu spremnika i da su ispravno označene.

Gdje i kako skladištite opasne tvari također je važno, a to će ovisiti o klasi tvari i količini koju poduzeće ili ustanova ima. Male količine se mogu držati u metalnim ormarićima, dok se velike

količine moraju držati u zasebnoj zgradi. Također, određene tvari će se morati držati na određenoj udaljenosti od drugih prostorija ili javnih mjesta.¹⁵

Svedite količinu opasnih tvari koje skladištite na minimum. To će vam olakšati upravljanje onim što imate i može smanjiti vaše potrebe i troškove usklađenosti. Držite posude poklopcima kako biste zadržali pare unutra. To sprječava isparenja u zrak i smanjuje mogućnost prolijevanja.

2.4. Označavanje

Primarni cilj označavanja paketa koji prevoze opasne materijale je postići komunikaciju o tome što se unutar njih prevozi. Ispravno označavanje i označavanje paketa opasnih materijala očito je izuzetno važan korak koji treba poduzeti prilikom pripreme pošiljaka za transport.¹⁶

Važno je napomenuti da se zahtjevi označavanja i označavanja mogu malo razlikovati ovisno o načinu prijevoza, stoga je vrlo važno da vaša obuka i razumijevanje specifičnih zahtjeva za prijevoz budu ažurni i u skladu s najnovijim propisima.

Neki primjeri razlika i promjena u označavanju uključuju:¹⁷

- Nove zahtjeve za označavanje i označavanje litijskih baterija koji su postali obvezni tek ove godine
- Zahtjeve za označavanje neto količine za zračni u odnosu na druge načine
- Varijacije u otpremi ograničene količine zrakom, zemljom i mora jer se odnosi na primjenu oznaka i naljepnica
- Označavanje morskog zagađivača/tvari opasne po okoliš za tlo, zrak i ocean.

Oznake se koriste kao identifikatori opasnih materijala i univerzalno govore o opasnosti(ma) materijala u paketu. Moraju ispunjavati specifikacije opisane u raznim propisima za boju, oblik i veličinu. Oznake utječu na rukovanje, skladištenje, sigurnost i hitne reakcije. Oni mogu pomoći pošiljatelju u stvaranju pošiljki koje su u skladu s propisima, špediteru, agentu za teret i operateru u zahtjevima odgovarajućeg odvajanja za skladištenje i transport, te osobi za hitne slučajeve u ublažavanju incidenata ili nezgoda s tim materijalima.

¹⁵ Kaučić, N., Nemet, Z., Šegović, M. (2002) Prijevoz opasnih tvari, Naklada Ljevak, Zagreb, str. 46

¹⁶ Domitran, M. (2004) Prijevoz opasnih tvari u cestovnim prometom, Zagreb, str. 60

¹⁷ Pavelić, Đ. (2011) Pakiranje opasnih tvari, Sigurnost, str. 20

Oznake su u biti identifikatori koji se koriste za detaljnije opisivanje sadržaja paketa nego samo naljepnice. Oni uključuju točan naziv otpreme, identifikacijski broj, ograničene i izuzete količine i tvari opasne za okoliš, da spomenemo samo neke.

3. OPĆENITO O ONEČIŠĆENJU MORA

3.1. Problematika onečišćenja mora

Onečišćenje mora događa se kada tvari koje koriste ili šire ljudi, kao što su industrijski, poljoprivredni i stambeni otpad, čestice, buka, višak ugljičnog dioksida ili invazivni organizmi uđu u ocean i tamo prouzrokuju štetne učinke.¹⁸

Budući da većina inputa dolazi s kopna, bilo putem rijeka, kanalizacije ili atmosfere, to znači da su kontinentalni pojasevi osjetljiviji na onečišćenje. Zagađenje zraka je također faktor koji pridonosi odnošenju željeza, ugljične kiseline, dušika, silicija, sumpora, pesticida ili čestica prašine u ocean.

Onečišćenje često dolazi iz izvora kao što su poljoprivredno otjecanje, otpad nošen vjetrom i prašina. Putovi onečišćenja uključuju izravno ispuštanje, otjecanje s kopna, onečišćenje s brodova, onečišćenje atmosfere i, potencijalno, rudarenje u dubokom moru.

Vrste onečišćenja mora mogu se grupirati kao onečišćenje morskim otpadom, onečišćenje plastikom, uključujući mikroplastiku, zakiseljavanje oceana, onečišćenje hranjivim tvarima, toksini i podvodna buka. Onečišćenje oceana plastikom vrsta je onečišćenja mora plastikom, veličine od velikog izvornog materijala kao što su boce i vrećice, do mikroplastike nastale fragmentacijom plastičnog materijala. Morski otpad uglavnom je odbačeno ljudsko smeće koje pluta na oceanu ili lebdi u njemu. Onečišćenje plastikom štetno je za život u moru.¹⁹

Drugi problem je otjecanje hranjivih tvari (dušika i fosfora) iz intenzivne poljoprivrede i odlaganje neobrađene ili djelomično pročišćene otpadne vode u rijeke i potom u oceane. Ove dušične i fosforne hranjive tvari (koje također sadrže gnojiva) potiču rast fitoplanktona i makroalgi, što može dovesti do štetnog cvjetanja algi (eutrofikacije) što može biti štetno za ljude, kao i za morska stvorenja.

Pretjerani rast algi također može ugušiti osjetljive koraljne grebene i dovesti do gubitka bioraznolikosti i zdravlja koralja. Druga velika zabrinutost je da degradacija cvjetanja algi može

¹⁸ Seršić M. (2003) Međunarodnopravna zaštita morskog okoliša, Pravni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 18

¹⁹ Silano, M., Silano, V. (2017) Food and feed chemical contaminants in the European Union: Regulatory, scientific, and technical issues concerning chemical contaminants occurrence, risk assessment, and risk management in the European Union. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 57, str. 2162-2217.

dovesti do potrošnje kisika u obalnim vodama, a situacija se može pogoršati s klimatskim promjenama jer zatopljenje smanjuje vertikalno miješanje vodenog stupca.²⁰

Mnoge potencijalno otrovne kemikalije prijanjaju na sitne čestice koje onda prehranom organizama i životinja koje čovjek konzumira završavaju u ljudskom tijelu. Kada se pesticidi ugrade u morski ekosustav, brzo se apsorbiraju u morske prehrambene mreže. Kada dospiju u hranidbene mreže, ovi pesticidi mogu uzrokovati mutacije, kao i bolesti, koje mogu biti štetne za ljude kao i za cijelu hranidbenu mrežu. Otrovnici metali također se mogu unijeti u morske prehrambene mreže. To može uzrokovati promjenu u tkivu, biokemiji, ponašanju, reprodukciji i potisnuti rast morskog života.

Također, mnoga stočna hrana ima visok sadržaj ribljeg brašna te se na taj način mogu prenijeti na kopnene životinje, a kasnije se pojavljuju u mesu i mliječnim proizvodima.

3.2. Vrste onečišćenja

U današnjem načinu života, onečišćenje je postalo glavna prijetnja vodama, morima i oceanima, oceane preplavljaju dvije glavne vrste onečišćenja: kemikalije i smeće.

Kemijska kontaminacija ili onečišćenje hranjivim tvarima zabrinjava zbog zdravstvenih, ekoloških i ekonomskih razloga. Do ove vrste onečišćenja dolazi kada ljudske aktivnosti, osobito korištenje gnojiva na farmama, dovedu do otjecanja kemikalija u vodene tokove koji na kraju teku u ocean. Povećana koncentracija kemikalija, poput dušika i fosfora, u obalnom oceanu potiče rast cvjetanja algi, koje može biti otrovno za divlje životinje i štetno za ljude. Negativni učinci na zdravlje i okoliš uzrokovani cvjetanjem algi štete lokalnom ribarstvu i turizmu.²¹

Morsko smeće obuhvaća sve proizvedene proizvode - većinom plastične - koji završe u oceanu. Bacanje smeća, olujni vjetrovi i loše gospodarenje otpadom doprinose nakupljanju tog otpada, od čega 80 posto dolazi iz izvora na kopnu. Uobičajene vrste morskog otpada uključuju različite plastične predmete poput vrećica za kupnju i boca pića, zajedno s opušcima, čepovima boca, omotima hrane i opremom za ribolov. Plastični otpad posebno je problematičan kao zagađivač jer je tako dugotrajan, nadalje plastičnim predmetima treba stotine godina da se razgrade.

²⁰ Seršić M. (2003) Međunarodnopravna zaštita morskog okoliša, Pravni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 20

²¹ Sharma S., Chatterje S., (2017) Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and humanhealth: a short review, Environmental Science and Pollution Research, 24, str. 21530–21547.

Ovo smeće predstavlja opasnost i za ljude i za životinje. Ribe se zapetljaju i ozlijede u ostacima, a neke životinje zamijene predmete poput plastičnih vrećica za hranu i konzumiraju ih. Mali organizmi hrane se sitnim komadićima razgrađene plastike, koja se naziva mikroplastika, i apsorbiraju kemikalije iz plastike u svoja tkiva.

Mikroplastika je manjeg od pet milimetara (0,2 inča) u promjeru i otkrivena je u nizu morskih vrsta, uključujući plankton i kitove. Kada male organizme koji konzumiraju mikroplastiku pojedu veće životinje, otrovne kemikalije tada postaju dio njihovih tkiva. Na taj način onečišćenje mikroplastikom migrira uz prehrambeni lanac i na kraju postaje dio hrane koju ljudi jedu.²²

Rješenja za onečišćenje mora uključuju prevenciju i čišćenje. Promjena društvenog pristupa korištenju plastike bit će dug i ekonomski izazovan proces. Za razliku od toga, čišćenje može biti nemoguće za neke stavke.

Mnoge vrste krhotina (uključujući neke vrste plastike) ne plutaju, pa su izgubljene duboko u oceanu. Plastika koja pluta ima tendenciju skupljanja u velikim "krpama" u oceanskim vrtlozima. Pacific Garbage Patch jedan je primjer takvog skupljanja, s plastikom i mikroplastikom koja pluta na površini i ispod površine vrtložnih oceanskih struja između Kalifornije i Havaja na području od oko 1,6 milijuna četvornih kilometara (617 763 četvornih milja), iako njezina veličina nije fiksni.²³

Ove mrlje manje su poput otoka smeća, a, kako kaže Nacionalna uprava za oceane i atmosferu, više poput mrlja mikroplastične paprike koja se vrti oko oceanske juhe. Čak su i neka rješenja koja obećavaju neadekvatna za borbu protiv onečišćenja mora. Takozvana "biorazgradiva" plastika često se razgrađuje samo na temperaturama višim nego što će se ikada postići u oceanu.

Ipak, mnoge zemlje poduzimaju mjere. Prema izvješću Ujedinjenih naroda iz 2018., više od šezdeset zemalja donijelo je propise za ograničavanje ili zabranu uporabe jednokratnih plastičnih predmeta.

²² Seršić M. (2003) Međunarodnopravna zaštita morskog okoliša, Pravni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 44

²³ Sharma S., Chatterje S., (2017) Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and humanhealth: a short review, Environmental Science and Pollution Research, 24, str. 21530–21547.

3.3. Učinci onečišćenja oceana

Onečišćenje oceana ima brojne posljedice koje izravno i neizravno utječu na život u moru, ali i na ljude. Evo nekih od najčešćih učinaka onečišćenja oceana:

Morske životinje česte su žrtve onečišćenja oceana. Na primjer, izlivanje nafte uhvatit će u zamku i ugušiti morske životinje prožimanjem njihovih škrga. Kad ulje dospije u perje morskih ptica, one možda neće moći letjeti ili hraniti svoje mlade. Životinje koje nisu ubijene sirovom naftom mogu oboljeti od raka, promjena u ponašanju i postati nesposobne za reprodukciju.²⁴

Morske životinje također zabunom konzumiraju male plastične ostatke s hranom ili se zapetljaju ili zadave plastičnim vrećicama i odbačenim ribarskim mrežama. Životinje koje su najosjetljivije na kontaminaciju plastičnim otpadom u oceanu, a to uključuje dupine, ribe, morske pse, kornjače, morske ptice i rakove.

Kako se višak krhotina u oceanu polako razgrađuje tijekom mnogo godina, za to se koristi kisik, što dovodi do manje kisika u oceanu. Niska razina kisika u oceanu dovodi do smrti oceanskih životinja kao što su pingvini, dupini, kitovi i morski psi.

Višak dušika i fosfora u morskoj vodi također uzrokuje gubitak kisika. Kada se u nekom području oceana dogodi velika nestašica kisika, ono može postati mrtva zona u kojoj nijedno morsko biće ne može preživjeti.²⁵

Zagađivači iz oceana vraćaju se do ljudi. Mali organizmi gutaju toksine i jedu ih veći grabežljivci, od kojih su mnogi plodovi mora koje mi na kraju pojedemo. Kada se toksini u kontaminiranim životinjama talože u ljudskom tkivu, to može dovesti do dugotrajnih zdravstvenih problema, raka i urođenih mana.

3.4. Rješenja za onečišćenje mora

S obzirom na dugoročne, katastrofalne učinke onečišćenja oceana, nastojanja su da sve što se može učiniti da izbjegnemo onečišćenje naših mora. U nastavku rada se navode rješenja za onečišćenje oceana koja mogu napraviti veliku razliku.

²⁴ Silano, M., Silano, V. (2017) Food and feed chemical contaminants in the European Union: Regulatory, scientific, and technical issues concerning chemical contaminants occurrence, risk assessment, and risk management in the European Union. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 57, str. 2162-2217.

²⁵ Seršić M. (2003) Međunarodnopravna zaštita morskog okoliša, Pravni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 60

Višak kemijskog gnojiva na kraju dospijeva u oceane. Koristiti organska gnojiva koja imaju manje hranjivih tvari i koristite ih u pola snage ili upola manje nego što je predloženo.

Plastične boce i posuđe za bacanje, uključujući slamke, veliki su zagađivači oceana. Umjesto da pridonosite prijetnji morskom životu, odlučite se za boce i posuđe za višekratnu upotrebu.

Organizirati socijalno distanciranje čišćenja na plaži ili u obližnjem parku. Što više smeća pokupe ljudi i pravilno odlože, manje otpada ide u more.

Jedan od najjednostavnijih načina za smanjenje onečišćenja oceana je pravilno odlaganje plastike i drugih materijala koji se mogu reciklirati kako ne bi završili u oceanu. Na otvorenim prostorima, kao što su plaže i parkovi, odložite smeće u siguran spremnik ili ga ponesite kući.

4. ONEČIŠĆENJE MORA NAFTOM I ULJIMA

4.1. Pojam i proizvodnja nafte i ulja

Naziv nafta obuhvaća i neprerađenu sirovu naftu koja se prirodno javlja i naftne derivate koji se sastoje od rafinirane sirove nafte. Fosilno gorivo, nafta nastaje kada se velike količine mrtvih organizama, uglavnom zooplanktona i algi, zakopaju ispod sedimentne stijene i podvrgnu jakoj vrućini i pritisku. Nedavna poboljšanja tehnologija dovela su i do iskorištavanja drugih nekonvencionalnih rezervi kao što su naftni pijesak i uljni škriljevac.

Jednom kad se ekstrahira, ulje se rafinira i odvaja, najlakše destilacijom, u brojne proizvode za izravnu uporabu ili uporabu u proizvodnji, poput benzina (benzina), dizela i kerozina do asfalta i kemijskih reagensa koji se koriste za proizvodnju plastike, pesticida i lijekova. Nafta se koristi u proizvodnji najrazličitijih materijala, a procjenjuje se da svijet svakodnevno troši oko 100 milijuna barela.²⁶

Proizvodnja nafte je vrlo isplativa i bila je važna za gospodarski razvoj u 20. stoljeću, jer su neke države, takozvane "naftne države", stekle značajnu gospodarsku i međunarodnu moć zbog svoje kontrole nad proizvodnjom nafte.

Također, nafta i ostali proizvodi od nje imaju negativne učinke na okoliš poput: izlivanja nafte, te onečišćenje zraka i vode na mjestima korištenja. Svi ovi utjecaji na okoliš imaju izravne zdravstvene posljedice za ljude. Uz to, nafta je također izvor sukoba što je dovelo i do ratova pod vodstvom države i do drugih vrsta sukoba (na primjer, prihodi od nafte financirani od Islamske države Irak). Očekuje se da će proizvodnja nafte dostići vrhunac nafte prije 2040. godine, jer globalna gospodarstva smanjuju ovisnost o nafti kao dio ublažavanja klimatskih promjena i tranzicije prema obnovljivoj energiji i elektrifikaciji.

Očekuje se da će ovo imati značajne ekonomske učinke za koje dionici smatraju da ih treba predvidjeti pravednom tranzicijom i rješavanjem nasukane imovine naftne industrije.

²⁶ Cerić, E., Nafta, procesi i proizvodi, INA Industrija nafte, Zagreb, 2006., str. 64

4.2. Potrošnja i uloga nafte

Nafta se danas koristi za veliki broj kemijskih proizvoda, a ekstremna novčana vrijednost nafte i njezinih proizvoda dovela je do toga da je ona poznata kao "crno zlato".

Nafta je vitalna za mnoge industrije i neophodna je za održavanje industrijske civilizacije u sadašnjoj konfiguraciji, što je čini kritičnom za mnoge države. Nafta čini veliki postotak svjetske potrošnje energije, u rasponu od niskih 32% za Europu i Aziju, do visokih 53% za Bliski istok. Uzorci potrošnje ostalih zemljopisnih regija su sljedeći: Južna i Srednja Amerika (44%), Afrika (41%) i Sjeverna Amerika (40%). Svijet godišnje troši 36 milijardi barela (5,8 km³) nafte, s najvećim potrošačima u razvijenim zemljama. Sjedinjene Države potrošile su 18% nafte proizvedene 2015.²⁷

Proizvodnja, distribucija, rafiniranje i maloprodaja nafte u cjelini predstavlja najveću svjetsku industriju u pogledu vrijednosti dolara.

Vlade poput vlade Sjedinjenih Država daju velike državne subvencije naftnim kompanijama, uz velike porezne olakšice u gotovo svakoj fazi istraživanja i vađenja nafte, uključujući troškove najma naftnih polja i opreme za bušenje.

Posljednjih godina poboljšane tehnike iskorištavanja nafte - ponajviše višestepeno bušenje i hidraulično lomljenje (fracking) - prešle su u prvi plan industrije, jer ova nova tehnologija igra presudnu i kontroverznu ulogu u novim metodama ekstrakcije nafte.

Potrošnja u dvadesetom i dvadeset i prvom stoljeću obilno je potaknuta rastom automobilskeg sektora. Proždiranje nafte od 1985. do 2003. potaknulo je čak i prodaju vozila s niskom potrošnjom goriva u zemljama OECD-a. Čini se da je ekonomska kriza 2008. imala određeni utjecaj na prodaju takvih vozila; Ipak, u 2008. potrošnja nafte pokazala je mali porast.

2016. Goldman Sachs je predvidio manju potražnju za naftom zbog zabrinutosti zemalja u razvoju, posebno Kine. Mogle bi se pokrenuti i države BRICS-a (Brazil, Rusija, Indija, Kina, Južna Afrika), jer je Kina nakratko bila prvo tržište automobila u prosincu 2009.

Dugoročno gledano, neizvjesnosti se zadržavaju; OPEC vjeruje da će zemlje OECD-a u nekom trenutku ubuduće provoditi politike niske potrošnje; kad se to dogodi, definitivno će obuzdati

²⁷ Prema podacima OPECA organizacije

prodaju nafte, a OPEC i Uprava za energetske informacije (EIA) smanjivali su procjene potrošnje za 2020. tijekom posljednjih pet godina.

Detaljan pregled naftnih projekcija Međunarodne energetske agencije otkrio je da su revizije svjetske proizvodnje nafte, cijena i ulaganja motivirane kombinacijom čimbenika potražnje i ponude. Sve skupa, konvencionalne projekcije izvan OPEC-a bile su prilično stabilne u zadnjih 15 godina, dok su OPEC-u uglavnom dodijeljene revizije prema dolje. Nedavne revizije prema gore prvenstveno su rezultat američke nafte.²⁸

Proizvodnja će se također suočiti sa sve složenijom situacijom; dok zemlje OPEC-a još uvijek imaju velike rezerve po niskim cijenama proizvodnje, novopronađeni rezervoari često dovode do viših cijena; offshore divovi poput Tupija, Guare i Tibera zahtijevaju velika ulaganja i sve veće tehnološke sposobnosti. Tehnike poboljšane obnove nafte (EOR) nastavit će igrati glavnu ulogu u povećanju obnovljive nafte na svijetu.²⁹

Sve veći broj kampanja za prodaju dionica iz glavnih fondova koje potiču novije generacije koje sumnjaju u održivost nafte može ometati financiranje buduće potrage i proizvodnje nafte.

4.3. Onečišćenje mora naftom i uljem

Globalna naftna industrija često uzima veliki danak od okoliša. Na kopnu postoji problem onečišćenja tla naftom iz cjevovoda koji cure. Na otvorenom moru nafta izlivena iz oštećenih tankera truje morski život, oblaže i lijepi se za perje morskih ptica i zagađuje obale. Problemi povezani s proizvodnjom i transportom sirove nafte postali su previše očiti 60-ih i 70-ih, kada su prvi supertankeri ušli u promet, povećavajući potencijalnu prijetnju okolišu.³⁰

Tada je svijet svjedočio prvom velikom izlivanju nafte, koje je često utjecalo na tisuće ljudi. Prva od ovih katastrofa dogodila se 1967. godine, kada je tanker Torrey Canyon, koji je prevozio 119.000 tona sirove nafte, udario u stijene i razbio se u blizini otočja Scilly kod jugozapadne Engleske. Nafta je stvorila mrlju veličine oko 1000 četvornih kilometara i uzrokovala veliko onečišćenje obala oko Cornwalla, Guernseyja u Kanalskim otocima i Francuske.

²⁸ Prema podacima Svjetske trgovinske organizacije za 2020. godinu

²⁹ Lambertson, Giles (2008). "Oil Shale: Ready to Unlock the Rock". Construction Equipment Guide., str. 19

³⁰ Weis J. S. (2015) Marine pollution. What everyone needs to know, Oxford University Press, New York, str. 70

Katastrofe tankera i eksplozije naftnih platformi još uvijek se s vremena na vrijeme događaju; jedan od primjera bio je incident na Deepwater Horizonu u proljeće 2010., u kojem je golemu količina nafte ispuštena u okoliš u vrlo kratkom vremenskom razdoblju. Ipak, u stvarnosti, ova vrsta spektakularne katastrofe čini samo mali postotak globalnog onečišćenja mora uljem. Većina ulja putuje manje očiglednim putovima.

Od procijenjenih milijun tona nafte koje godišnje dospiju u morski okoliš, oko 5 posto dolazi iz prirodnih izvora. U Meksičkom zaljevu, na primjer, sirova nafta prirodno curi iz podzemnih pukotina i pukotina i diže se iz rezervoara na dno oceana. Drugdje, kao u Kaspijskom području, velike količine sirove nafte izbijaju iz podzemnih rezervoara u vodu putem blatnih vulkana. To nisu pravi vulkani nego humci na morskom dnu. Sadrže vodenasti sediment koji se zagrijava duboko pod zemljom, uzrokujući njegovo podizanje. U nekim slučajevima također transportira naftu iz obližnjih ležišta prema gore.³¹

Katastrofe naftnih tankera uzrokuju oko 10 posto globalnog onečišćenja mora uljem. Oko 35 posto dolazi iz redovitih pomorskih operacija; ovo uključuje naftu ispuštenu tijekom incidenata koji uključuju sve druge vrste plovila, kao i naftu iz ilegalnog čišćenja tankova.

Najveći udio, u iznosu od 45 posto, dolazi od inputa iz komunalnih i industrijskih otpadnih voda te iz rutinskih operacija naftnih platformi, zajedno s malom količinom od hlapljivih sastojaka nafte koji se emitiraju u atmosferu tijekom različitih vrsta procesa izgaranja na kopnu i potom dopijevaju u vodu (mora, rijeke i oceane). Daljnjih 5 posto dolazi iz nedefiniranih izvora. To uključuje manje unose u more od strane zagađivača koji ostanu neotkriveni. Ti se postoci naravno ne odnose na 2010. i druge godine u kojima je došlo do većih izlivanja nafte. Samo katastrofa Deepwater Horizon ispuстила je oko 700.000 tona nafte u more – više od dvije trećine količine koja bi inače ušla u morski okoliš tijekom cijele godine.

Nafta je prirodna mješavina ugljikovodika koju razgrađuju bakterije u biološkom procesu. Ove bakterije su posebno aktivne u sljedećim uvjetima:³²

- visoke temperature, promicanje aktivnosti bakterija;
- velika površina (ako je potrebno, površina mrlje se može povećati upotrebom disperzanata koji potiču stvaranje disperzija);

³¹ Popović M., Kurtels Ž. (2012) Analiza većih tankerskih nesreća, Naše more, 59, (1-2), str. 12-21.

³² Weis J. S. (2015) Marine pollution. What everyone needs to know, Oxford University Press, New York, str. 78

- dobra opskrba kisikom;
- dobra opskrba drugim ključnim nutrijentima;
- nizak broj predatorskih organizama što bi smanjilo broj bakterija.

Kako je razgradnja nafte pomoću bakterija mnogo sporija pri nižim temperaturama vode, naftne katastrofe u područjima s hladnom vodom posebno su razorne.

4.4. Utjecaj na morski okoliš

Veliki incidenti često rezultiraju stvaranjem masivnih naftnih mrlja koje se protežu stotinama kilometara. U takvim situacijama nemoguće je zaštititi cijelu obalu. Odgovor se stoga mora usredotočiti na najvažnije i najosjetljivije dijelove obale. Zaštita prirodnih rezervata ili staništa rijetke faune i flore smatra se prioritetom, a prednost bi trebale imati i gospodarski važne zone, poput objekata za akvakulturu.³³

Sada postoje karte osjetljivosti za mnoge regije svijeta. Oni pružaju detaljne informacije o osjetljivosti različitih dijelova obale na zagađenje uljem i identificiraju vrste flore i faune koje se tamo pojavljuju. Ključni čimbenici su rijetkost vrsta, razina rizika koju za njih predstavlja onečišćenje naftom i kolika je vjerojatnost da bi vrste izumrle lokalno u slučaju onečišćenja naftom. Često nisu najrizičnije morske ptice ili morski sisavci, već rijetke vrste biljaka ili insekata.

Sve ove informacije također se koriste za pripremu planova za nepredviđene situacije. Timovi za intervenciju sada imaju podršku računalnih programa koji omogućuju pristup bazama podataka koje sadrže podatke o osjetljivosti. Te se informacije mogu povezati s najnovijim meteorološkim podacima kako bi se izračunala ruta naftne mrlje i opseg do kojeg će važna područja biti pogođena. Na taj način timovi za rješavanje problema s naftom mogu usmjeriti brodove za odgovor na izlivanje nafte na područja kojima je posebno potrebna zaštita ili osigurati da su grane postavljene za njihovu obranu.

Nakon brojnih incidenata zagađenja uljem, sada imamo vrlo detaljne informacije o učincima nafte na floru i faunu. Najočitiiji učinak je oštećenje perja morskih ptica. Kao rezultat onečišćenja

³³ Popović M., Kurtels Ž. (2012) Analiza većih tankerskih nesreća, Naše more, 59, (1-2), str. 12-21.

uljem, perje više ne može obavljati svoje vitalne funkcije odbijanja vode i pružanja toplinske izolacije.

Kao rezultat toga, ptica gubi tjelesnu toplinu i umire. Sličan učinak može se primijetiti kod morskih sisavaca, poput vidri, koje mogu umrijeti od hladnoće ako im je krzno premazano uljem. Nadalje, ptice i sisavci često gutaju ulje kada pokušavaju očistiti svoje nauljeno perje ili krzno, a to ih može otrovati. Ribe apsorbiraju otrovne ugljikovodike kroz kožu i škrge. Kod biljaka kontaminacija uljem prekida izmjenu plinova kroz lišće i prijenos hranjivih tvari kroz korijenje, što uzrokuje smrt biljke.³⁴

Filtarske hranilice kao što su dagnje i drugi organizmi često gutaju ulje zajedno s hranom. Otrovnim ugljikovodicima u ulju i začepljenju njihovih unutarnjih sustava za filtriranje općenito ih vrlo brzo ubijaju, ako dagnje prežive, toksini se mogu prenijeti hranidbenim lancem kada se kontaminirane dagnje pojedu.

Učinci toksičnih ugljikovodika razlikuju se od vrste do vrste. Pokusi s rakovima ili školjkama pokazuju da su uglavnom poremećeni njihovi metabolički procesi i rast. Kod drugih organizama reprodukcija je nepovoljno pogođena. Trovanje uljem može uzrokovati genetsko oštećenje: kod haringe je, na primjer, brojna tek izležena potomka bila deformirana.³⁵

Nadalje, mnoge morske faune gube osjećaj za smjer, jer mnoge od njih koriste vrlo fine koncentracije određenih tvari u vodi kao sredstvo za pronalaženje puta u svom okolišu. To je poremećeno određenim ugljikovodicima, što im otežava traženje hrane ili identificiranje partnera za reprodukciju.

³⁴ Weis J. S. (2015) Marine pollution. What everyone needs to know, Oxford University Press, New York, str. 79

³⁵ Popović M., Kurtels Ž. (2012) Analiza većih tankerskih nesreća, Naše more, 59, (1-2), str. 12-21.

5. PROBLEMATIKA UTJECAJA MIKROPLASTIKE NA MORE

5.1. Proizvodnja mikroplastike i globalni problem

Zbog svoje veličine i raznolikosti izvora, karakterizacija mikroplastike još je složenija nego za velike plastične ostatke. Postoje dvije vrste čestica mikroplastike: one koje su namjerno napravljene (primarni izvori) i one koje su rezultat fragmentacije i trošenja većih predmeta.

Za mikroplastiku koja potječe iz primarnih izvora može biti moguće identificirati određeni izvor i stoga identificirati mjere ublažavanja kako bi se smanjio njezin unos u okoliš. Male čestice plastike, unutar klase veličine mikroplastike, stvaraju se za proizvode kao što su proizvodi za osobnu njegu (procjenjuje se da bi korisnici pilinga za lice u Sjedinjenim Državama mogli biti odgovorni za ispuštanje 263 tone polietilenske mikroplastike godišnje.³⁶

Oni također nastaju kao rezultat nenamjernog ispuštanja posredne plastične sirovine (tj. peleta, grudvica ili suza sirena) i javljaju se kao nusproizvodi proizvodnje ili drugih procesa. Ovo potonje uključuje vjerojatno najveću raznolikost izvora – od emisija čestica iz industrijske proizvodnje ili održavanja plastike ili proizvoda na bazi plastike, do ispuštanja prašine i vlakana, do trošenja i habanja plastičnih proizvoda tijekom normalne uporabe.

To uključuje čestice nastale rezanjem, poliranjem ili oblikovanjem tijekom proizvodnje proizvoda na bazi plastike, emisije tijekom nanošenja ili održavanja boje na bazi plastike, vlakna koja se oslobađaju iz sintetičkih tekstilnih proizvoda tijekom pranja ili čestice gume koje se oslobađaju trošenjem guma na cestama.

U 2019. svjetska proizvodnja plastike iznosila je 368 milijuna tona; 51% proizvedeno je u Aziji. Kina, najveći svjetski proizvođač, stvorila je 31% ukupne svjetske proizvodnje.³⁷

Onečišćenje plastikom je globalni problem. Trenutačni odgovori na ovaj problem su fragmentirani i mogu dati samo ograničeni dugoročni učinak na ispuštanje plastike u okoliš. Sada se povećava zamah za povećanje globalnih napora.

Četiri stupa Europske strategije za plastiku iz 2018. su ponovna uporaba i recikliranje, smanjenje otpada, postizanje pune kružnosti kroz inovacije i ulaganja te poticanje globalnih akcija. Radnije

³⁶ Thompson, R. C., Moore, C., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, str. 2153–2166.

³⁷ Sartain, M., Wessel, C., & Sparks, E. (2018). *Microplastics Sampling and Processing Guidebook*. Mississippi State, MS: Mississippi State University, str. 39

vezane uz mikroplastiku u Strategiji potpadaju pod stup o suzbijanju otpada koji navodi da se ciljane mjere za sprječavanje onečišćenja trebaju provoditi za različite izvore. U Strategiji se priznaje da je razumijevanje izvora i utjecaja mikroplastike i dalje manjkavo.

Izvešća SAPEA o pregledu dokaza koje podupire ovo mišljenje potvrđuje da su znanstveni temelji zakonodavstva relevantnog za onečišćenje plastikom i mikroplastikom rijetki. Stoga je vrijedno preispitati znanstveno obrazloženje koje usmjerava sadašnji i potencijalni budući razvoj politike usmjerene na mikroplastiku u svjetlu najsuvremenije znanosti.

Općenito, SAPEA (2019) pokazuje da je dostupno znanstveno znanje o onečišćenju mikroplastikom i njegovim utjecajima mješavina konsenzusa, osporavanog znanja, informirane ekstrapolacije, nagađanja i mnogih nepoznanica. To odražava i nezrelost polja i njegovu intrinzičnu složenost. Literatura društvenih i bihevioralnih znanosti o onečišćenju mikroplastikom tek je u povojima.³⁸

Literatura u nastajanju opisuje javnu svijest o mikroplastici i moralno protivljenje mikroplastici na temelju osjećaja gađenja i bijesa, posebno u pogledu njenog ulaska u prehrambeni lanac.

Općenito, literatura podržava konsenzus o potrebi djelovanja, s malo naznaka onih koji poriču plastično onečišćenje. Relevantne prirodne znanosti naprednije su od društvenih znanosti, ali još uvijek nedovoljno razvijene.

Oni još ne daju točnu sliku osnovnih zaliha i tokova mikroplastike i temeljnih trendova, a kamoli njihovih učinaka, iako se pojavljuju važni nalazi. Prijavljeni štetni učinci akutne profesionalne izloženosti mikroplastici, pokusi na životinjama i ono što se zna o potencijalnim opasnostima razlozi su za zabrinutost, kao i poticaj za provođenje uvjerljivijih istraživanja. Neka znanstvena istraživanja mikroplastike usmjerena su na karakterizaciju prisutnosti, sudbine, kao i varijacija ovisnih o veličini, sastavu ili koncentraciji u njihovom ponašanju u okolišu. Postoje dokazi o sve većem opsegu i globalnom dosegu zagađenja mikroplastikom i njegovoj dugotrajnoj prirodi.³⁹

Također je utvrđeno da mikroplastika nalazi svoj put do prehrambenog lanca i svih dijelova okoliša.

³⁸ Izvor: <https://www.europarc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf>

³⁹ Izvor: <https://www.europarc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf>

Važno je rasvijetliti prirodu takvih učinaka i postoji li stvarni potencijal da ti učinci negativno utječu na biotu i ekosustave ili na ljudsko zdravlje kada mikroplastika uđe u tijelo (putem udisanja, uzimanja hrane ili kroz kožu). Takvih je istraživanja, usmjerenih na pojavu ili odsutnost negativnih učinaka u određenim kontroliranim okolnostima i terenskim studijama, sve više. Na primjer, mnoge životinjske vrste gutaju plastiku zamjenjujući je za hranu – od velikih sisavaca, ptica i riba do sićušnog zooplanktona, od kojih neki umiru kao rezultat.⁴⁰

Laboratorijski pokusi pokazuju da mikroplastika može uzrokovati niz mehaničkih, kemijskih i bioloških utjecaja na biotu uzrokujući štetu, disfunkciju i fiziološke poremećaje. Oni pružaju dokaze o upalama i stresu, kao i negativnim učincima na potrošnju hrane, rast, reprodukciju i preživljavanje niza vrsta SAPEA.

Sve veći broj znanstvenih dokaza o opasnostima od nekontroliranog onečišćenja mikroplastikom, u kombinaciji s njegovom dugotrajnom postojanošću i nepovratnošću, sugerira da treba poduzeti razumne i proporcionalne mjere kako bi se spriječilo ispuštanje mikroplastike u okoliš i njezino stvaranje od raspadanja. od makroplastike.

Ove mjere trebaju imati za cilj:⁴¹

- a) ograničiti nepotrebnu upotrebu plastike;
- b) ograničiti namjernu upotrebu mikroplastike;
- c) spriječiti ili ublažiti stvaranje mikroplastike tijekom životnog ciklusa plastike i proizvoda koji sadrže plastiku;
- d) izbjegavati ispuštanje u okoliš što je moguće bliže izvoru; i
- e) ublažiti i kontrolirati na ključnim točkama na putovima od izvora do ponora.

EU utire put globalnom sporazumu o plastici kako bi podržao globalni prijelaz na kružno gospodarstvo kako je navedeno u novom akcijskom planu za kružno gospodarstvo.

Takav bi se globalni sporazum trebao baviti plastikom onečišćenja tijekom cijelog životnog ciklusa plastike, kako bi se loše upravljanje plastikom svelo na najmanju moguću mjeru i spriječilo da plastika uđe u okoliš.

⁴⁰ Izvor: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

⁴¹ Izvor: <https://www.europarc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf>

Trenutačno ne postoji poseban međunarodni instrument osmišljen posebno za sprječavanje onečišćenja plastikom tijekom cijelog životnog ciklusa plastike.

Neke zemlje poduzimaju mjere za smanjenje potrošnje plastike ili povećanje recikliranja - kroz kampanje i mjere podizanja svijesti, na primjer. Druge zemlje imaju posebne zakone, poput obvezivanja proizvođača i proizvođača da minimiziraju otpad, usvajanja ciljeva recikliranja ili postupnog ukidanja najproblematičnijih plastičnih proizvoda, uključujući plastiku za jednokratnu upotrebu.

Međutim, nedavne studije pokazuju da s trenutačnim mjerama možemo samo smanjiti onečišćenje mora plastikom, središnji element izazova plastike, za 7 posto. Stoga je više od 100 zemalja pozvalo na uspostavu globalnog sporazuma o plastici, u okviru Programa Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP). Cilj ovog sporazuma bio bi uhvatiti se u koštac s globalnim ispuštanjem i lošim upravljanjem plastikom, smanjenjem istjecanja plastike u okoliš i utjecaja proizvodnje i potrošnje plastike na resurse.⁴²

Potreba za poduzimanjem hitnih, konkretnih radnji naglašena je u nekoliko rezolucija Skupštine Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEA) od 2014. UNEA3 je 2017. osnovala ad-hoc stručnu skupinu otvorenog sastava za morski otpad („AHEG“) kako bi identificirati potencijalna rješenja. Skupina je završila svoj rad i njezine su preporuke razmotrene na drugom zasjedanju UNEA5 početkom 2022., što je dovelo do pokretanja pregovora o pravno obvezujućem globalnom sporazumu za borbu protiv onečišćenja plastikom.

Međuvladin pregovarački odbor unutar kojeg se mogu odvijati pregovori za sporazum o plastici osnovan je pri UNEA5. EU će nastaviti raditi sa svojim saveznicima i drugim partnerima u cilju brzog završetka pregovora.

Cilj sporazuma trebao bi biti uklanjanje praznina koje postojeći instrumenti ne rješavaju. Također bi trebao pomoći u usmjeravanju i koordinaciji napora svih uključenih dionika pružanjem sveobuhvatnog okvira za djelovanje. Mandat dogovoren na UNEA5 uključuje uspostavu međuvladinog pregovaračkog odbora koji će razviti međunarodni pravno obvezujući instrument o onečišćenju plastikom, uključujući morski okoliš, na temelju sveobuhvatnog pristupa koji se bavi cijelim životnim ciklusom plastike.

⁴² Izvor: <https://www.discovermagazine.com/environment/the-fight-against-microplastics>

Pregovarački odbor trebao bi, u skladu sa svojim mandatom, razmotriti odredbe kojima se specificiraju ciljevi instrumenta, promicanje održive proizvodnje i potrošnje, provedba i ažuriranje nacionalnih akcijskih planova, kao i izvješćivanje i procjene učinkovitosti novog instrumenta.

5.2. Učinci na okoliš

Globalno, došlo je do eksponencijalnog porasta količine plastike proizvedene za različite industrijske primjene, posljedično, postoji i jednako astronomski porast otpada koji nastaje od ovih polimera. Nedavno je procijenjeno da je proizvodnja plastike astronomski porasla s nekoliko tona u ranim 1950-ima na blizu 400 milijuna tona u 2018..⁴³

Plastični otpad od tada je prepoznat kao sveprisutan, relativno nebiorazgradiv i široko rasprostranjen u različitim ekosustavima na našem planetu. Stoga je postao sve veći izvor zabrinutosti i diskursa među biologima, ekolozima, kao i općom javnošću.

Nadalje, primijećeno je da plastični otpad s vremenom na kraju gubi svoj mehanički integritet zbog raznih čimbenika iz okoliša uključujući abraziju, fotooksidaciju, kao i različite puteve biotičke razgradnje. S vremenom se ta otpadna plastika minijaturizira do sitnih čestica, tj. mikroplastike i nanoplastike, koje također predstavljaju nemjerljivu opasnost za okoliš. Ove "manje" plastične čestice dospjele su u središte znanstvene pozornosti 1970-ih nakon što su identificirane kao glavna komponenta otpada s oceanskog dna, a čak su privukle više pažnje kada je uveden pojam "mikroplastika".⁴⁴

Trenutačno je uočeno da literatura nije dosljedna u pogledu kategorizacije veličina čestica mikroplastike budući da su različiti autori i organizacije različito definirali njihove raspone veličine čestica.

Međutim, primijećeno je da su mnoge studije postavile gornje granice za mikroplastiku na 5 mm, dok je gornja granica za nanoplastiku postavljena na 100 nm.

⁴³ Gamaralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics* 1 (1), str. 102–120.

⁴⁴ Can-Güven, E. (2021). Microplastics as Emerging Atmospheric Pollutants: A Review and Bibliometric Analysis. *Air Qual. Atmos. Health* 14, str. 203–215.

Nadalje, Međunarodna organizacija za standardizaciju također je definirala nanočestice kao objekte čije vanjske dimenzije postoje u nanoskali. Stoga je u ovoj studiji mikroplastika posebno definirana kao plastične čestice unutar raspona veličine od 100 nm do 5 mm, dok su nanoplastika čestice plastičnog podrijetla veličine manje od 100 nm.⁴⁵

U tom smislu, te čestice su prisutne diljem planeta, od polarnih regija zamrznutih u ledu do otvorenih voda oko ekvatora, kao i od obale do dubokog mora.

Mikroplastika i nanoplastika kategorizirane su prema izvorima u primarnu i sekundarnu mikroplastiku te nanoplastiku. Primarni mikroplastike su nusproizvodi emisija čestica koje se oslobađaju iz različite industrijske proizvodnje i ulaze u okoliš u svojim izvornim malim veličinama, koje su povezane s njihovim specifičnim primjenama i potrošačkim proizvodima.⁴⁶

Utvrđeno je da ti proizvodi uglavnom uključuju kozmetičke proizvode i proizvode za čišćenje kao što su pasta za zube, sirovine koje se koriste za proizvodnju plastične robe kao i tekstilna vlakna koja se oslobađaju tijekom pranja ili sušenja. Sekundarna mikroplastika, s druge strane, nastaju kao rezultat razgradnje plastičnog otpada zbog njihove izloženosti fizičkim, životinjskim i mikrobiološkim.

Mikroplastika i nanoplastika uglavnom su prepoznate kao zagađivači mora s procjenama od stotina tisuća metričkih tona koje plutaju na površinama glavnih morskih ekosustava. Međutim, nedavne studije također su pokazale da mikroplastika prožimaju slatkovodna tijela i različita kopnena okruženja.⁴⁷

Nadalje, zbog heterogenosti mikroplastike i raznih čestica anorganske plastike, kao i organske tvari, oni imaju sklonost stvaranju većih površina od plastike kao što je istaknuto u mnogim studijama. Stvaranje tih nepoželjnih nakupina dovodi do fenomena bioakumulacije i bioamplifikacije koji uzrokuju štetne učinke na biotičke komponente u različitim ekosustavima.

⁴⁵ Can-Güven, E. (2021). Microplastics as Emerging Atmospheric Pollutants: A Review and Bibliometric Analysis. *Air Qual. Atmos. Health* 14, str. 203–215.

⁴⁶ Can-Güven, E. (2021). Microplastics as Emerging Atmospheric Pollutants: A Review and Bibliometric Analysis. *Air Qual. Atmos. Health* 14, str. 203–215.

⁴⁷ Gamaralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics* 1 (1), str. 102–120.

Visoka sveprisutnost mikroplastike ima ozbiljne ekološke posljedice koje prelaze nacionalne granice. Ovo je dodatno pogoršano činjenicom da oni u velikoj mjeri pokazuju višeskalarne, vremenske reakcije i mehanizme apsorpcije, koji još uvijek nisu dobro shvaćeni.

Međutim, do sada je dokazano da čestice mikroplastike mogu progutati brojni organizmi zbog njihove male veličine, što izaziva više zabrinutosti za zdravlje, posebno u pogledu njihovog potencijala da poremete stanične membrane.

Uočeno je da morski organizmi kao što su školjkaši, kopitonošci, bodljokošci i mnogočetinaši imaju veliku vjerojatnost konzumiranja apsorpcije iz okoliša, barem jednom u različitim životnim fazama.

Posljedično, ti toksični elementi nalaze svoj put u sustave živih organizama putem konzumacije mikroplastike i mogu rezultirati napredovanjem duž različitih prehrambenih lanaca, što u konačnici utječe na ljudsko zdravlje.

Međutim, još uvijek postoji mnogo sivih područja u vezi s kroničnim učincima izloženosti mikroplastike, kao i mogućim implikacijama njihove kontaminacije u različitim ekosustavima. U tom smislu, ovaj rad nastoji baciti više svjetla na sudbinu i utjecaj na okoliš.

5.3. Prikaz izloženosti morskog života mikroplastici

Trenutačno su glavni izvori mikroplastike u oceanu: kopneni tok: plastični otpad kao što su plastične vrećice, pjena i vlakna na kopnu ispiraju vjetar i kiša te rijekom otječe u morski okoliš, što uzrokuje plastično onečišćenje mora. Kopneni tok je glavni izvor mikroplastike u morskom okolišu.⁴⁸

Sve je veći utjecaj i turizma, na turističkim atrakcijama uz more kao što su gusto naseljene plaže, zbog niske specifične topline, brzog zagrijavanja i brze fotooksidacije plaže, plastične vrećice, boce mineralne vode i drugi plastični otpad koji turisti nasumično bacaju.

Problem postaju i brodovi koji odbacuju mnogo plastičnog otpada u ocean koji je također važan izvor mikroplastike. Osim toga, pomorske nezgode također mogu uzrokovati istjecanje velikog broja plastičnih proizvoda u ocean.

⁴⁸ Thompson, R. C. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions. In Marine Anthropogenic Litter, str. 185-200

Nadalje, u ribolovnim aktivnostima kočarstva, ribolovna užad i ribarske mreže istrošit će se zbog abrazije i presretanja, čime će se povećati sadržaj mikroplastike u morskim ribolovnim vodama. Osim toga, zbog nedovoljnog dugotrajnog korištenja i održavanja ovih ribolovnih alata svake godine veliki broj plastičnih ribolovnih alata bude odbačen u more, onečišćenje mikroplastikom u životu usko je povezano s lokalnim ribarskim proizvodnim aktivnostima.⁴⁹

Mikroplastika je raspoređena na površini vodenih tijela, obalnim plažama i sedimentima vodenog dna, a postoje velike prostorne razlike. Općenito govoreći, onečišćenje priobalnih voda mikroplastikom je ozbiljno, što je uglavnom povezano s intenzitetom ljudskih proizvodnih aktivnosti.

Sadržaj obalnih sedimenata veći je od sadržaja dubokomorskih sedimenata. Trenutačno su oblici, veličine, boje i gustoće mikroplastike koju prikupljaju ljudi različiti, ovisno o vrsti plastike.

Budući da je mikroplastika tijekom procesa proizvodnje izložena različitim utjecajima iz okoliša, oblik je nepravilan, površina je neravna i ima mnogo pukotina, često je pričvršćena na sirovu naftu, željezne okside, organske zagađivače, bakterije pa čak i viruse itd., podložni su monsunskim i oceanskim strujama drugim vanjskim silama i okupljaju se u različitim morskim područjima.⁵⁰

Morska mikroplastika utjecat će na mnoge aspekte morske ribe i lanca morske hrane. Mikroplastika može imati toksični učinak na ribe i druge vodene životinje, uključujući smanjenje unosa hrane, usporavanje rasta, uzrokujući oksidacijska oštećenja i abnormalno ponašanje.

Osim toga, mikroplastika u nanorazmjerima će prodrijeti kroz biološku barijeru i nakupljati se u tkivima, što će rezultirati stvaranjem različitih oboljenja, utjecati na metabolizam lipida i može dodatno utjecati na život na molekularnoj razini.

Na primjer, ribe koje jedu čestice polistirena nano veličine kroz hranidbeni lanac u vodi imale su značajne razlike u tjelesnoj težini, omjeru serumskih triglicerida i kolesterola, sadržaju kolesterola u mišićima i jetri i drugim metaboličkim parametrima. No sve u svemu, trenutna istraživanja o toksikološkim učincima mikroplastike na ribe tek su u povojima, a izvješća o učincima i mehanizmima rasta, razvoja i metabolizma riba još uvijek su vrlo ograničena. I riba je

⁴⁹ Thompson, R. C. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions. In *Marine Anthropogenic Litter*, str. 185-200

⁵⁰ Barbier, E. B. (2016). The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 109(2), str. 676-681

važna skupina u morskom ekosustavu, igra ključnu ulogu u procesu kruženja materijala, protoka energije i prijenosa informacija, a njezina zdravstvena razina može se izravno povezati sa stabilnošću strukture i funkcije morskog ekosustava.⁵¹

Štoviše, budući da je riba za ljude važan izvor životinjskih bjelančevina, onečišćivači mora mogu ući u ljudsko tijelo obogaćivanjem ribe i ugroziti ljudsko zdravlje. Stoga je od velike važnosti provesti istraživanja o ekološkim učincima mikroplastike na ribe.

Mikroplastika je široko rasprostranjena u morskom okolišu zbog male veličine čestica, morski organizmi ih lako pojedu i proizvode niz toksičnih učinaka, uključujući inhibiciju rasta i razvoja, utjecaj na sposobnost hranjenja i ponašanja, reproduktivnu toksičnost, toksičnost imuniteta, genetska oštećenja itd.

Mikroplastika može spriječiti rast i razvoj morskog života. Na primjer, polistirenska mikroplastika u sedimentu može značajno inhibirati rast *arenicola marina*, a stupanj inhibicije je u pozitivnoj korelaciji s koncentracijom mikroplastike. Polietilenska mikroplastika može spriječiti hranjenje i rast *Tripneustes gratilla*, ali neće imati smrtonosni učinak na *Tripneustes gratilla*. Kada morski život unese mikroplastiku u tijelo, ona će se nakupljati u probavnom traktu i blokirati probavni trakt, što će rezultirati sitošću, opadati kapacitet hranjenja i smanjiti rezerve energije u tijelu, a time utjecati na rast morskog života. Polistirenska mikroplastika značajno utječe na rezervu energije te smanjuje nutritivnu kvalitetu organizma.⁵²

U školjkaša koji su bili izloženi većim česticama plastike utvrđeno je da im se sadržaj proteina i lipida nije promijenio, ali se ukupna rezerva energije smanjila kako se povećao sadržaj izložene mikroplastike. Polietilenska mikroplastika poremetit će tjelesnu ravnotežu, što će rezultirati povećanom potrošnjom energije i smanjenom brzinom rasta.

Mikroplastika može naštetiti reproduktivnom zdravlju morskog života. Pod utjecajem polistirenske mikroplastike značajno se smanjuje broj jajnih stanica koje ovulira *thecrassostrea gigas*, a smanjena je i razina pokretljivosti spermija, što pokazuje da bi mikroplastika značajno

⁵¹ Thompson, R. C. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions. In *Marine Anthropogenic Litter*, str. 185-200

⁵² Chubarenko, I., Esiukova, E., Bagaev, A., Isachenko, I., Demchenko, N., Zobkov, M., Khatmullina, L. (2018). Behavior of Microplastics in Coastal Zones. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments An Emerging Matter of Environmental Urgency*, str. 175-223

inhibirala reproduktivnu sposobnost *the crassostrea gigas*. Nakon što mikroplastika uđe u biološka tkiva i organe morskog ribarstva, pokrenut će niz imunoloških odgovora.

Mikroplastika može uzrokovati genetsku štetu morskom životu. Istraživanja su pokazala da mikroplastika apsorbira policikličke aromatske ugljikovodike, što uzrokuje imunitotoksičnost, neurotoksičnost i genotoksičnost za *M. galloprovincialis*), te može uzrokovati genetsko oštećenje dagnji.⁵³

Međutim, trenutno postoji nekoliko studija o genotoksičnosti mikroplastike za morski život.

5.4. Utjecaj na ljude

Istraživanje objavljeno 2022. prvi je put identificiralo prisutnost polimera u ljudskoj krvi kod 17 od 22 zdrava dobrovoljca. Srednja vrijednost ukupne mjerljive koncentracije plastičnih čestica bila je 1,6 mg/L. Navedena svrha studije bila je razviti metodu uzorkovanja i analitičku metodu koja bi se mogla koristiti za otkrivanje plastike u ljudskoj krvi.

Postojani organski zagađivači (POP) su otrovne kemikalije koje štetno utječu na ljudsko zdravlje i okoliš diljem svijeta. Budući da se mogu prenositi vjetrom i vodom, većina POP-ova proizvedenih u jednoj zemlji može utjecati i utječe na ljude i divlje životinje daleko od mjesta gdje se koriste i ispuštaju. Dugo ostaju u okolišu i mogu se nakupljati i prelaziti s jedne vrste na drugu kroz hranidbeni lanac. Kako bi riješile ovu globalnu zabrinutost, Sjedinjene Države udružile su snage s 90 drugih zemalja i Europskom zajednicom kako bi potpisale revolucionarni ugovor Ujedinjenih naroda u Stockholmu, Švedska, u svibnju 2001. Prema ugovoru, poznatom kao Stockholmska konvencija, zemlje su se složile smanjiti ili eliminirati proizvodnju, upotrebu i/ili ispuštanje 12 ključnih POPs i odrediti prema Konvenciji proces znanstvenog pregleda koji je doveo do dodavanja drugih POPs kemikalija od globalnog značaja.⁵⁴

Mnogi POPs uključeni u Stockholmsku konvenciju više se ne proizvode u ovoj zemlji. Međutim, američki građani i staništa još uvijek mogu biti izloženi riziku od POPs-a koji su ostali u okolišu od nenamjerno proizvedenih POPs-a koji su ispušteni u Sjedinjenim Državama, od POPs-a koji

⁵³ Barbier, E. B. (2016). The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 109(2), str. 676-681

⁵⁴ Gamaralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics* 1 (1), str. 102–120.

su ispušteni negdje drugdje i zatim preneseni ovamo (vjetrom ili vodom, na primjer) ili iz oba. Iako je većina razvijenih zemalja poduzela snažne korake za kontrolu POP-a, veliki broj zemalja u razvoju tek je relativno nedavno počeo ograničavati njihovu proizvodnju, upotrebu i ispuštanje. Stockholmska konvencija dodaje važnu globalnu dimenziju našim nacionalnim i regionalnim naporima za kontrolu POPs. Iako Sjedinjene Države još nisu stranke Stockholmske konvencije, Konvencija je odigrala istaknutu ulogu u kontroli štetnih kemikalija na nacionalnoj i globalnoj razini. Na primjer, EPA i države značajno su smanjile ispuštanje dioksina i furana u tlo, zrak i vodu iz izvora u SAD-u. Uz procjenu dioksina, EPA također marljivo radi na smanjenju DDT-a iz globalnih izvora. Sjedinjene Države i Kanada potpisale su sporazum o virtualnom uklanjanju postojećih otrovnih tvari u Velikim jezerima kako bi se smanjile emisije otrovnih tvari. Sjedinjene Države su također potpisale regionalni protokol Ekonomske komisije Ujedinjenih naroda za Europu o POPs-ima prema Konvenciji o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka koja se bavi Stockholmskom konvencijom o POPs-ima i drugim kemikalijama.⁵⁵

Mnogi POPs su naširoko korišteni tijekom procvata industrijske proizvodnje nakon Drugog svjetskog rata, kada su tisuće sintetičkih kemikalija uvedene u komercijalnu upotrebu. Mnoge od ovih kemikalija pokazale su se korisnima u kontroli štetočina i bolesti, proizvodnji usjeva i industriji. Međutim, te iste kemikalije imale su nepredviđene učinke na ljudsko zdravlje i okoliš.

Mnogi ljudi su upoznati s nekim od najpoznatijih POP-ova, kao što su PCB, DDT i dioksini. POPs uključuje niz tvari koje uključuju:

Namjerno proizvedene kemikalije koje se trenutno ili nekoć koriste u poljoprivredi, kontroli bolesti, proizvodnji ili industrijskim procesima. Primjeri uključuju PCB-e, koji su bili korisni u raznim industrijskim primjenama (npr. u električnim transformatorima i velikim kondenzatorima, kao hidraulične tekućine i tekućine za izmjenu topline, te kao aditive bojama i mazivima) i DDT, koji se još uvijek koristi za suzbijanje komaraca koji prenose malariju u nekim dijelovima svijeta.⁵⁶

⁵⁵ Can-Güven, E. (2021). Microplastics as Emerging Atmospheric Pollutants: A Review and Bibliometric Analysis. *Air Qual. Atmos. Health* 14, str. 203–215.

⁵⁶ Gameralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics* 1 (1), str. 102–120.

Nenamjerno proizvedene kemikalije, poput dioksina, koje nastaju iz nekih industrijskih procesa i izgaranja (na primjer, spaljivanje komunalnog i medicinskog otpada i spaljivanje smeća u dvorištu).

Uz sporazume vezane uz POPs u čijem su potpisivanju sudjelovale Sjedinjene Države, Sjedinjene Države također su pružile široku financijsku i tehničku potporu zemljama diljem svijeta koje podupiru smanjenje POPs. Neke od tih inicijativa uključuju popis ispuštanja dioksina i furana u Aziji i Rusiji te smanjenje izvora PCB-a u Rusiji.

Veliki poticaj za Stockholmsku konvenciju bilo je otkriće kontaminacije POP-ovima u relativno netaknutim arktičkim regijama - tisućama milja od bilo kojeg poznatog izvora. Velik dio dokaza o dalekosežnom prijenosu plinovitih i čestičnih tvari u zraku u Sjedinjene Države usredotočen je na prašinu ili dim jer su vidljivi na satelitskim slikama. Praćenje kretanja većine POP-ova u okolišu je složeno jer ti spojevi mogu postojati u različitim fazama.

Ljudska izloženost može se dogoditi udisanjem, gutanjem i dermalnom apsorpcijom zbog svoje sveprisutnosti u zraku, vodi, hrani i potrošačkim proizvodima.

Znanstvenici misle da svaki dan možemo unijeti od desetaka do više od 100 000 mikroplastičnih čestica kao koristan vizualni prikaz, to bi moglo iznositi masu vrijednosti kreditne kartice u roku od jedne godine. Čak i sintetička odjeća koju nosimo može odbaciti vlakna neka su istraživanja otkrila da je tekstil glavni izvor mikroplastike koja se prenosi zrakom.⁵⁷

Smatra se da mogu djelovati kao iritanti, na isti način na koji se sada zna da azbestna vlakna izazivaju upalu pluća i uzrokuju rak. Također se smatra da mikroplastika djeluje kao vektori za mikroorganizme i otrovne kemikalije, što predstavlja daljnje zdravstvene rizike.

Istraživanja su pokazala potencijal za metaboličke poremećaje, neurotoksičnost kao i kancerogene učinke. Dokazano je da mikroplastika može djelovati kao endokrini disruptor, ometajući tako normalnu funkciju hormona i potencijalno uzrokujući debljanje.⁵⁸

Istraživanja koja su pronašla mikroplastiku u izmetu ljudi iz Europe, Rusije i Japana, potvrdila su prisutnost čestica mikroplastike. Ovo istraživanje također je pokazalo da se neke čestice

⁵⁷ Wei, W., Huang, Q.S., Sun, J., Wang, J.Y., Wu, S.L., Ni, B.J. (2019) Polyvinyl Chloride Microplastics Affect Methane Production from the Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge through Leaching Toxic Bisphenol-A. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, str. 2509–2517.

⁵⁸ Brandon, J.A., Jones, W., Ohman, M.D., Brandon, J.A., Jones, W., Ohman, M.D. (2019) Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Sci. Adv.* 2019, str. 17-35,

mikroplastike izlučuju iz našeg tijela. Na temelju ove vrste studija, istraživači su pretpostavili da ljudska izloženost mikroplastici može dovesti do oksidativnog stresa, oštećenja DNK i upale, među ostalim zdravstvenim problemima. Osobito, kada upala postane kronična, to može utrti put vrlo ozbiljnim zdravstvenim problemima. Međutim, nisu samo plastične čestice potencijalno štetne: površinu mikroplastike u okolišu koloniziraju mikroorganizmi, od kojih su neki identificirani kao ljudski patogeni.⁵⁹

Mikroplastika uzrokuje štetu ljudskim stanicama u laboratoriju u razinama za koje se zna da je ljudi jedu putem hrane, pokazalo je istraživanje.

Kao dio studije, mikroplastika obložena krvnom plazmom stavljena je u posude s kulturama uz ljudske imunološke stanice u laboratorijskim uvjetima. Utvrđeno je da je 20 posto imunoloških stanica testiranih u posudama s kulturama bez mikroplastike umrlo unutar 24 sata. Kada su imunološke stanice došle u kontakt s mikroplastikom, 60 posto stanica umrlo je u istom vremenskom razdoblju. Istraživači su naknadno zaključili da je ta stopa stanične smrti daleko veća od one kada se imunološke stanice susreću i gutaju većinu bakterija ili stranih tijela.⁶⁰

Posljedice toga mogle bi biti ozbiljne, jer oblici ubrzane stanične smrti ili oštećenja mogu potaknuti upalnu reakciju u tijelu. Preliminarni nalazi koje je prošle godine objavila druga istraživačka skupina pokazuju druge zabrinjavajuće utjecaje uključujući toksičnost plastičnih čestica povezanu s veličinom, kemijski prijenos adsorbiranih kemijskih zagađivača i poremećaj crijevnog mikrobioma.

Šteta je uključivala smrt stanica i alergijske reakcije, a istraživanje je prvo pokazalo da se to događa na razinama relevantnim za izloženost ljudi. Međutim, utjecaj na zdravlje na ljudsko tijelo je neizvjestan jer se ne zna koliko dugo mikroplastika ostaje u tijelu prije nego što se izluči.

Istraživanje je analiziralo 17 prethodnih studija koje su proučavale toksikološke učinke mikroplastike na ljudske stanične linije. Znanstvenici su usporedili razinu mikroplastike pri kojoj

⁵⁹ Brandon, J.A., Jones, W., Ohman, M.D., Brandon, J.A., Jones, W., Ohman, M.D. (2019) Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Sci. Adv.* 2019, str. 17-35,

⁶⁰ Wei, W., Huang, Q.S., Sun, J., Wang, J.Y., Wu, S.L., Ni, B.J. (2019) Polyvinyl Chloride Microplastics Affect Methane Production from the Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge through Leaching Toxic Bisphenol-A. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, str. 2509–2517.

je došlo do oštećenja stanica s razinama koje ljudi konzumiraju putem kontaminirane pitke vode, plodova mora i kuhinjske soli.⁶¹

Ljudski patogeni se posebno snažno vežu za plastični otpad, više nego za prirodne površine. Istraživanje objavljeno 2016. identificiralo je ljudski patogen *Vibrio cholera*, koji uzrokuje koleru kod ljudi, vezan za mikroplastiku uzorkovanu iz Sjevernog i Baltičkog mora.⁶²

Štoviše, plastika se ne biološki razgrađuje i stoga može putovati na velike udaljenosti u vodenom okolišu. Pretpostavlja se da bi plastika mogla pridonijeti širenju bolesti, posebno u područjima s lošim sanitarnim uvjetima i visokim zagađenjem plastikom.

5.5. Budućnost i perspektiva mikroplastike u okolišu

Često, kada ljudi bace neku stvar, prestanu razmišljati o njoj. Međutim, pred otpadom je dugo putovanje nakon što dospije u kantu za smeće, a ako se s njim ne postupa pravilno, otpad može završiti u ekosustavima i uzrokovati probleme za okoliš i javno zdravlje. Jedan veliki izvor otpada je plastika to je danas jedan od najtraženijih materijala, a potražnja raste zajedno s stanovništvom i potrošnjom.

Onečišćenje plastikom postaje sve veća globalna briga zbog sve veće upotrebe i brze distribucije u okolišu. Plastika se defragmentira na male čestice, od kojih se čestice manje od 5 mm definiraju kao mikroplastika. Mikroplastika se nalazi čak i u bocama s vodom i različitim ekosustavima.

U okoliš dopijeva iz mnogih izvora zbog ljudskih aktivnosti. Ima mnoge negativne utjecaje na okoliš i organizme, uključujući nakupljanje u hranidbenom lancu i skupljanje kontaminacije (bilo organske ili anorganske) iz okoline.

⁶¹ Brandon, J.A., Jones, W., Ohman, M.D., Brandon, J.A., Jones, W., Ohman, M.D. (2019) Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Sci. Adv.* 2019, str. 17-35,

⁶² Wei, W., Huang, Q.S., Sun, J., Wang, J.Y., Wu, S.L., Ni, B.J. (2019) Polyvinyl Chloride Microplastics Affect Methane Production from the Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge through Leaching Toxic Bisphenol-A. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, str. 2509–2517.

Većina proizvedene plastike su jednokratni proizvodi koji se bacaju godinu dana ili manje nakon proizvodnje. Trajnost plastike ono je što je čini tako privlačnom kao komercijalni materijal i ono što je čini toliko štetnom za okoliš. Plastici mogu biti potrebne godine do stoljeća da se razgradi zapravo, rašireno je mišljenje da svaki pojedini komad plastike ikada stvoren (koji nije spaljen) i danas postoji na planet.⁶³

Čestice plastike nikada nisu istinski biorazgradive, jednostavno se fragmentiraju u sve manje i manje dijelove dok ne postanu nevidljivi golim okom. Ti razlomljeni komadi nazivaju se mikroplastikom, općenito definiranom kao komad plastike veličine 5 mm ili manji.

Primarna i sekundarna plastika nalazi se diljem oceanskih ekosustava, od obala do površinske razine do dubokooceanskih bentoskih zona. Vrlo ih je teško ukloniti iz okoliša kada se jednom pojave i zbog toga se lako mogu probiti do hranidbenih mreža, zagađujući prehranu životinja i ljudi.

Do 2013. pokazalo se da je više od 250 morskih vrsta diljem svijeta progutalo mikroplastiku, a taj je broj od tada vjerojatno porastao kako se koncentracije pogoršavaju. Antropogeni otpad kao što su omoti od hrane, limenke, boce i drugi predmeti za jednokratnu upotrebu mogu predstavljati i fizičku i kemijsku prijetnju divljim morskim životinjama.

Fizička ozljeda može nastati kada se životinje poput ptica, riba, kornjača ili drugih morskih sisavaca zapetljaju u otpad ili ga konzumiraju. Zapetljane životinje mogu se utopiti ili postati ozlijeđene ili oštećene, zbog čega ne mogu pobjeći predatorima. Slično tome, plastika i smeće koji se pogrešno smatraju hranom i progutaju mogu dovesti do gušenja ili začepljenja organa koji zatim mogu dovesti do smrti.

Paradoksalno, plastika je problem jer apsorbira i zagađivače. Čestice na svojoj površini koncentriraju hidrofobne kontaminante koji su već prisutni u morskoj vodi iz drugih izvora. Stanja u crijevima mogu uzrokovati oslobađanje tih kontaminanata, prenoseći kemikalije u organizam.

⁶³ Gamaralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics 1* (1), str. 102–120.

Nakon što se proguta i probavi, organizam bi bio izložen mnogo većim količinama toksičnih materijala jer je pokazano da su te kemikalije višestruko koncentriranije na plastičnim površinama nego u okolnoj vodi.

Mikroplastika također može promijeniti svojstva sedimenata duž obalnih linija. Pokazalo se da visoke koncentracije mogu povećati propusnost, kao i smanjiti apsorpciju topline. Veća propusnost može povećati vjerojatnost da će se organizmi koji žive u sedimentu isušiti ili isušiti, a niže maksimalne temperature mogu utjecati na organizme kao što su morske kornjače utječući na određivanje spola jaja.

Kako globalna populacija raste, postaje relevantnije i važnije proučavati širenje i utjecaj mikroplastike, posebno u oceanskim ekosustavima. Obalna područja posebna su područja od interesa za proučavanje jer su dom nekoliko različitih tipova staništa – obale, koraljni grebeni, morska trava, mangrove, lagune, plićaci itd. – i važno ih je odvojiti od ekosustava otvorenog oceana jer čestice teku različito i na njih utječu različiti čimbenici okoliša.⁶⁴

Toliko vrsta organizama živi u obalnim zonama, a svi su u opasnosti da budu oštećeni hidrofobnim i teškim metalnim zagađivačima koje nosi mikroplastika, da je potrebno locirati žarišta za koncentracije mikroplastike kako bi se dalje proučavao njihov utjecaj.

Plastika i plastične čestice također se koncentriraju duž obalnih linija, na koje dolazi otpad i s kopna i iz mora. Kopneni izvori su najzastupljeniji na mjestima s velikim ljudskim utjecajima i gustoćom, dok se otpad iz oceana taloži kada ga uhvate obalne struje.

Kao što je gore navedeno, znanost još nije uspostavila pouzdane osnovne podatke o zalihama, tokovima, putovima i vremenski ovisnim trendovima mikroplastike u različitim dijelovima okoliša. Međutim, niz objavljenih procjena sugerira da bi onečišćenje kopna mikroplastikom u tlu i slatkovodnim sustavima moglo biti obilnije od onog procijenjenog za morski okoliš.

Provedene su i neke studije o mikroplastici koja se prenosi zrakom na otvorenom i u zatvorenom prostoru, iako više kao put za transport mikroplastike s jedne lokacije na drugu – npr. gradska prašina koja sadrži mikroplastiku u zraku postaje atmosferski talog iznad kopna i vodenih tijela.

⁶⁴ Gamaralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics* 1 (1), str. 102–120.

Međutim, iz perspektive utjecaja na ljudsko zdravlje, mikroplastika u zraku ima potencijalni značaj za udisanje u tijelo.⁶⁵

Kreatori politike, znanstvenici i javnost do sada su najviše pažnje posvetili morskoj mikroplastici zagađenju. To je razumljivo s obzirom na to da je stanje oceana odigralo veliku ulogu u privlačenju pozornosti na sveprisutnost plastičnog onečišćenja i njegovih štetnih učinaka. U preporuci da se pozornost politike proširi na druge dijelove okoliša, to treba shvatiti kao dodatak, a ne na štetu, trenutne pozornosti morskom okolišu.

Važno je da onečišćenje mora mikroplastikom ostaje istaknuti politički problem u Europi i svijetu. Na primjer, Okvirna direktiva EU o pomorskoj strategiji (MSFD) postavlja obveze državama članicama što se tiče prisutnosti mikrosmeća (uključujući mikroplastiku). Sav napredak koji je do sada postignut u okviru MSFD-a je dobrodošao, ali treba još učiniti više. To naglašava činjenica da je, prema znanstvenicima, oko 99 % plastike koja uđe u ocean neobjavljeno. Znanstveno modeliranje sugerira da se ta "plastika koja nedostaje" nalazi u udaljenim obalnim područjima, duboko u vodenom stupcu i u sedimentima gdje koncentracije mogu biti četiri do pet redova veličine veće nego u vodenom stupcu.⁶⁶

Tako visoke koncentracije u sedimentima ne znače nužno da je prag učinka rizika za štetne ekološke učinke premašen jer se također mora uzeti u obzir relativna osjetljivost izloženih vrsta.

Nedavno je došlo do porasta znanstvene pozornosti na mikroplastiku u slatkovodnim sustavima. To je mnogo manje slučaj za tlo gdje se vrlo malo zna o sudbini i putevima mikroplastike, iako postoje neke objavljene studije.

Nadalje, ovakva situacija bi mogla dovesti do konkretnih mjera politike ili prilagodbi postojećih:⁶⁷

- Okvirna direktiva o vodama, za razliku od Okvira morske strategije Direktiva ne obvezuje države članice na poduzimanje mjera protiv otpada u površinskim vodama. U

⁶⁵ Gamaralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics* 1 (1), str. 102–120.

⁶⁶ Can-Güven, E. (2021). Microplastics as Emerging Atmospheric Pollutants: A Review and Bibliometric Analysis. *Air Qual. Atmos. Health* 14, str. 203–215.

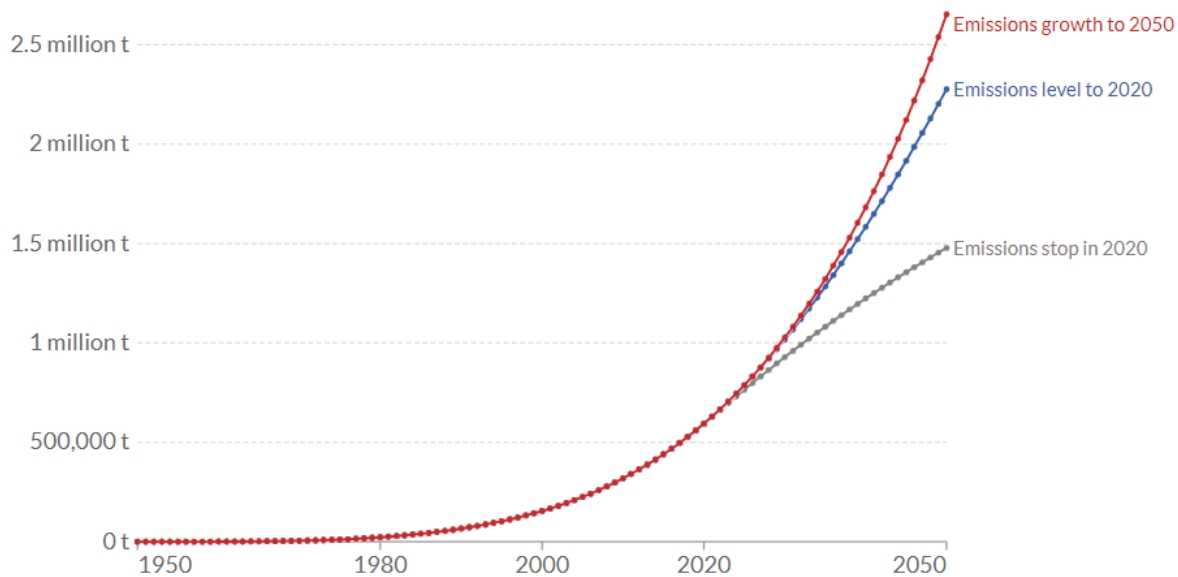
⁶⁷ Gamaralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics* 1 (1), str. 102–120.

kontekstu detaljne revizije Okvirne direktive o vodama i bilo kakvog mogućeg praćenja te revizije, Komisija bi mogla razmotriti usklađivanje Direktive s načinom na koji se postupa s otpadom i mikrootpadom prema Okvirnoj direktivi o morskoj strategiji.

- Značajan izvor onečišćenja tla mikroplastikom javlja se korištenjem kanalizacijskog mulja u poljoprivredi koji sadrži visoke koncentracije mikroplastike filtrirane iz otpadnih voda. To ukazuje na potencijalni sukob između, s jedne strane, uklanjanja više mikroplastike iz vodenog okoliša (npr. putem boljeg filtriranja koje bi moglo biti propisano Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, ako se smatra prikladnim, nakon revizije koja je u tijeku i koja bi trebala biti dovršena u 2019) i, s druge strane, vjerojatnost da će takva mikroplastika pronaći svoj put u tlo ako se ne ukloni iz mulja. To bi također moglo imati implikacije na Direktivu iz 1986. kojom se uređuje korištenje kanalizacijskog mulja u poljoprivredi (Direktiva 86/278/EEC)²⁷ koja je, koliko razumijemo, razmatrana za reviziju posljednjih godina.
- EU-ove Direktive o kvaliteti vanjskog zraka sadrže detaljne propise za čestice u zraku na dva različita praga veličine (tj. aerodinamički promjer²⁹) - PM₁₀ (10 mikrona ili manje) i PM_{2,5} (2,5 mikrona ili manje). Budući da nije navedena nikakva vrsta materijala ili sastav, sva mikroplastika u zraku u ovim klasama veličine automatski je obuhvaćena. Međutim, iz nekoliko dostupnih studija o ispadanju mikroplastičnih vlakana u zraku razine koncentracije vlakana duljine ispod 50 µm nisu poznate. Objavljene distribucije veličine za duljine od 50 µm do milimetarske ljestvice sugeriraju više koncentracije za vlakna ispod 50 µm. Ovo pitanje plus činjenica da izloženost u zatvorenom prostoru nije obuhvaćena, možda bi se isplatilo ponovno razmotriti zajedno s tekućom provjerom prikladnosti ovih direktiva.
- Na zakonodavstvo se obično gleda kao na konačan način za postizanje potrebnih promjena. Međutim, razmatranje ljudskog i organizacijskog ponašanja može značiti da zakonodavstvo nije uvijek najbolje ili jedino rješenje. Osim propisa, naknada, zabrana itd., mjere za smanjenje onečišćenja mikroplastikom mogu uključivati dobrovoljne sporazume i blaže mjere podizanja svijesti, komunikacije i obrazovanja. SAPEA ističe da se ponašanje može brzo promijeniti kao odgovor na nove okolnosti ili medijske poruke. Promjene koje proizlaze iz zakonodavstva mogu trajati dugo zbog: sporih procesa donošenja odluka; inercija odgovora ciljanih; i poteškoće u provedbi. Istraživanje

promjene ponašanja sugerira da je najbolje kombinirati niz različitih intervencija i pristupa, baveći se nizom determinanti ponašanja, psiholoških i situacijskih (npr. društvene norme, stavovi, vrijednosti). Ljudi i organizacije će vjerojatno promijeniti svoje ponašanje ako postoji dovoljna motivacija, izvedive alternative ili poticajni uvjeti i poticaji.

Grafikon 1. Prikaz rasta mikroplastike u okolišu do 2050. godine



Source: Lebreton et al. (2019). A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean.

CC BY

▶ 1950 ○ 2050

Izvor: <https://ourworldindata.org/grapher/microplastics-in-ocean>

Komisija bi trebala iskoristiti trenutne odredbe u postojećim pravnim instrumentima za sprječavanje i smanjenje mikroplastike u zraku, tlu i vodi. Zagađenje mikroplastikom iz zraka, slatke vode i tla trebalo bi se baviti politikom u istoj mjeri kao i mikroplastikom mora. Trebalo bi uvesti nove mjere tamo gdje je to moguće i izvedivo prema postojećim relevantnim instrumentima.

Potencijalno relevantni primjeri uključuju okvirnu direktivu o vodi i direktive primjenjive na pročišćavanje gradskih otpadnih voda, primjenu kanalizacijskog mulja kao gnojiva i kvalitetu zraka. Znanstveni dokazi i znanstveni savjeti trebali bi pomoći u određivanju najbolje mjere za svaki problem, tvar i kontekst. Osim zakonodavstva, također treba razmotriti blaže dobrovoljne, ekonomske ili uvjerljive mjere usmjerene na poticanje odgovornih promjena kroz komercijalne, društvene ili altruističnije inicijative.

6. ZAKLJUČAK

U radu je obrađena tematika vezana uz opasne tvari i štetne tvari te njihov utjecaj na okoliš (more). Kemijsko onečišćenje je unošenje štetnih kontaminanata. Uobičajeni zagađivači koje je stvorio čovjek i koji dopijevaju u ocean uključuju pesticide, herbicide, gnojiva, deterdžente, naftu, industrijske kemikalije i kanalizaciju.

Mnogi zagađivači oceana ispuštaju se u okoliš daleko uzvodno od obale. Gnojiva s hranjivim tvarima primijenjena na poljoprivredno zemljište, na primjer, često završe u lokalnim potocima i na kraju se talože u ušćima i zaljevima. Ovaj višak hranjivih tvari izaziva masovno cvjetanje algi koje vodu oduzimaju kisika, ostavljajući mrtve zone u kojima može živjeti nekoliko morskih organizama. Onečišćenje često dolazi iz izvora kao što su poljoprivredno otjecanje, otpad nošen vjetrom i prašina. Ovi izvori uglavnom su posljedica otjecanja koje ulazi u ocean kroz rijeke, ali vjetrom nošeni ostaci i prašina također mogu igrati ulogu, budući da se ti zagađivači mogu taložiti u vodene putove i oceane.

Putovi onečišćenja uključuju izravno ispuštanje, otjecanje s kopna, onečišćenje s brodova, onečišćenje atmosfere i, potencijalno, rudarenje u dubokom moru.

Neki kemijski zagađivači penju se visoko u hranidbene mreže. Znanstvenici počinju bolje razumjeti kako specifični zagađivači, isprani u ocean iz drugih materijala, utječu na morski divlji svijet.

LITERATURA

1. Barbier, E. B. (2016). The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 109(2), str. 676-681
2. Brandon, J.A., Jones, W., Ohman, M.D., Brandon, J.A., Jones, W., Ohman, M.D. (2019) Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Sci. Adv.* 2019, str. 17-35,
3. Can-Güven, E. (2021). Microplastics as Emerging Atmospheric Pollutants: A Review and Bibliometric Analysis. *Air Qual. Atmos. Health* 14, str. 203–215.
4. Cerić, E. (2006) *Nafta, procesi i proizvodi*, INA Industrija nafte, Zagreb,
5. Chubarenko, I., Esiukova, E., Bagaev, A., Isachenko, I., Demchenko, N., Zobkov, M., Khatmullina, L. (2018). Behavior of Microplastics in Coastal Zones. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments An Emerging Matter of Environmental Urgency*, str. 175-223
6. Domitran, M. (2004) *Prijevoz opasnih tvari u cestovnim prometu*, Zagreb,
7. Gamaralalage, P. J. D., Ohgaki, M., et al. (2022). Microplastics and Potentially Toxic Elements: Potential Human Exposure Pathways Through Agricultural Lands and Policy Based Countermeasures. *Microplastics* 1 (1), str. 102–120.
8. Jacques, O., and Prosser, R. S. (2021). A Probabilistic Risk Assessment of Microplastics in Soil Ecosystems. *Sci. Total Environ.* 757, str. 14-39
9. Kaučić, N., Nemet, Z., Šegović, M. (2002) *Prijevoz opasnih tvari*, Naklada Ljevak, Zagreb,
10. Lambertson, Giles (2008). "Oil Shale: Ready to Unlock the Rock". *Construction Equipment Guide.*,
11. Pavelić, Đ. (2011) *Pakiranje opasnih tvari*, Sigurnost,
12. Popović M., Kurtels Ž. (2012) Analiza većih tankerskih nesreća, *Naše more*, 59, (1-2), str. 12-21.
13. Sartain, M., Wessel, C., & Sparks, E. (2018). *Microplastics Sampling and Processing Guidebook*. Mississippi State, MS: Mississippi State University, str. 39
14. Seršić M. (2003) *Međunarodnopravna zaštita morskog okoliša*, Pravni fakultet Sveučilišta u Zagrebu,

15. Sharma S., Chatterje S., (2017) Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and humanhealth: a short review, *Environmental Science and Pollution Research*, 24, str. 21530–21547.
16. Silano, M., Silano, V. (2017) Food and feed chemical contaminants in the European Union: Regulatory, scientific, and technical issues concerning chemical contaminants occurrence, risk assessment, and risk management in the European Union. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 57, str. 2162-2217.
17. Thompson, R. C., Moore, C., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, str. 2153–2166.
18. Weis J. S. (2015) *Marine pollution. What everyone needs to know*, Oxford University Press, New York.
19. Wei, W., Huang, Q.S., Sun, J., Wang, J.Y., Wu, S.L., Ni, B.J. (2019) Polyvinyl Chloride Microplastics Affect Methane Production from the Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge through Leaching Toxic Bisphenol-A. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, str. 2509–2517.

Internet izvori:

1. Izvor: <https://www.euoparc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf>
2. Izvor: <https://www.euoparc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf>
3. Izvor: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>
4. Izvor: <https://www.discovermagazine.com/environment/the-fight-against-microplastics>
5. Izvor: <https://www.euoparc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf>
6. Izvor: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>
7. Izvor: <https://www.euoparc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf>
8. Izvor: <https://www.discovermagazine.com/environment/the-fight-against-microplastics>
9. Izvor: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.786026/full>
10. Izvor: https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/microplastics_en

