

MIKROPLASTIKA IN BOLEZNI SRCA IN OŽILJA

DAVORIN ŽNIDARIČ,¹ MARJAN SENEGAČNIK²

¹ Univerza v Ljubljani, Pravna fakulteta, Ljubljana, Slovenija
davorinznidaric@gmail.com

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
marjan.senegacnik@um.si

Plastični materiali se uporabljajo praktično na vseh področjih. Poleg mnogih koristi ima to dejstvo tudi vrsto negativnih posledic. Vzroki so pogosto v neustreznem ravnanju s plastičnimi odpadki, ki se kopičijo v naravi in pri tem tudi mehansko razpadajo na manjše delce. Glede na dimenzije delcev plastične odpadke delimo na makroplastiko, mezoplastiko in mikroplastiko. Mikroplastika je še posebno problematična, saj poleg okolja neposredno ogroža tudi človeško zdravje. Mikroplastika ne izvira samo iz plastičnih odpadkov, ampak so delci mikroplastike lahko namerno dodani nekaterim izdelkom, kot so kozmetični proizvodi, ali pa se delci mikroplastike sproščajo v okolje pri uporabi plastičnih predmetov, kot so posode, cevi ali embalaža živil. Delci mikroplastike lahko vstopijo v človeški organizem preko kože, dihal ali prebavnega trakta in se nato akumulirajo v različnih tkivih, tudi v krvi in obtočilih. Pričujoči prispevek obravnava probleme, ki so povezani z množično uporabo plastike, s poudarkom na vplivih mikroplastike na bolezni srca in ožilja.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2025.83](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2025.83)

ISBN

978-961-286-963-2

Ključne besede:
plastični materiali,
plastični odpadki,
mikroplastika,
bolezni srca in ožilja,
vpliv na zdravje



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2025.83](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2025.83)

ISBN
978-961-286-963-2

Keywords:

plastic materials,
plastic waste,
microplastics,
cardiovascular disease,
impact on health

MICROPLASTICS AND CARDIOVASCULAR DISEASE

DAVORIN ŽNIDARIČ,¹ MARJAN SENEGAČNIK²

¹ University of Ljubljana, Faculty of Law, Ljubljana, Slovenia
davorinznidaric@gmail.com

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
marjan.senegacnik@um.si

Plastic materials are used in almost every field today. This fact brings with it a number of problems in addition to its many advantages. The causes often lie in the improper management of plastic waste, which accumulates in nature and mechanically breaks down into smaller particles. Depending on the size of the particles, plastic waste is divided into macroplastics, mesoplastics and microplastics. Microplastics are particularly problematic as they are not only harmful to the environment but also to human health. Microplastics not only come from plastic waste, but microplastics are often deliberately added to certain products, such as cosmetics. Pieces of microplastics can also be released into the environment during the use of plastic products such as containers, pipes or food packaging. Microplastic fragments can enter the human body through the skin, respiratory tract or digestive tract and accumulate in various tissues, including blood and blood vessels. The topic of this paper is the problems associated with the mass use of plastics, with a particular focus on the impact of microplastics on cardiovascular diseases.



1 Uvod

Razvoj družbe, novih znanj, tehnologij in produktov, predvsem pa vztrajanje na potrošniški družbi, je imelo skozi različna časovna obdobja različne okoljske in družbeno socialne učinke. Na eni strani pozitivne, ki so se odražali skozi izboljšano zdravstveno oskrbo, omejitvami fizičnega in nevarnega dela, ter nad drugi strani številne negativne vplive. Med negativnimi vplivi na okolje in živa bitja ima pomembno vlogo iznajdba plastike.

Pod izrazom plastika ali plastični materiali pojmujeemo sintetične ali polsintetične polimere, ki so najpogosteje proizvedeni iz nafte. Plastični materiali vedno vsebujejo ogljik in vodik, lahko pa tudi atome drugih elementov (npr. klor). Poleg osnovnega polimera plastični materiali pogosto vsebujejo še razne dodatke (barvila, stabilizatorji, polnila itd.) (Helmenstine, 2020).

Plastične materiale glede na termične lastnosti delimo na termoplaste in duroplaste. Nekateri termoplasti imajo amorfnó, drugi pa kristalinično strukturo. Za vse termoplaste pa je značilno, da se pri segrevanju stalijo, po ohladitvi pa se ponovno strdijo. Ta lastnost se tudi izkorišča pri oblikovanju izdelkov (Helmenstine, 2020). Duroplasti pa so amorfnó snovi, pri segrevanju se ne stalijo in jih zato tudi ni mogoče preoblikovati s segrevanjem (Stecker Express, b.d.).

Plastične materiale delimo tudi glede na potek reakcije polimerizacije v dve skupini, na adicijske in kondenzacijske polimere. Med adicijske polimere sodijo polimeri alkenov ali njihovih derivatov (npr. polietilen, polipropilen, polivinilklorid), med kondenzacijske polimere pa poliestri ali poliamidi (Bettelheim in March, 1998).

1.1 Vloga plastike v vsakdanjem življenju

Lahek in multi uporaben produkt, ki ga danes najdemo vsepovsod, nam kroji vsakdanje življenje. Tako kot razvoj, pa zaradi neustreznega ravnanja po uporabi povzročá različne negativne učinke. Kljub temu, da je produkcija plastike enostavnejša kot na primer proizvodnja železa, hkrati pa ima plastika nizko težo in večjo uporabnost, igra pri njeni produkciji pomembno vlogo tudi cena. Ta po podatkih za leto 2024 znaša 1 euro za kilogram (Milliery, 2024), vendar je realna cena produkcije nedvomno precej višja. Zaradi njene cene in tehničnih lastnosti, je

plastika v uporabi široko razširjena in jo lahko najdemo v skoraj vseh napravah. Njena produkcija po podatkih združenih narodov vsako leto raste in znaša že več kot 400 milijonov ton (413, 8 milijona metričnih ton), pri čemer naj bi bilo recikliranih le okrog 10 % vse plastike, v sežigalnicah pa uničeno le okrog 12 % (UN, 2021 in Statista, 2024). Če primerjamo produkcijo v letu 1950, ko je ta znašala »le« 1,5 milijona ton in produkcijo v letih kasneje, lahko opazimo, da je produkcija skokovito rasla od leta 2002 in še vedno narašča. Uporabnost in cena sta pri širjenju plastike igrala pomembno vlogo, saj je plastika prisotna skoraj v vseh produktih, kjer so lahko s plastiko zamenjali kovinske dele. Pomembno je prisotna tudi v vsakdanjem življenju. Gospodinjski aparati, embalaža, medicinski pripomočki, avtomobilska industrija itd., so samo nekateri produkti in panoge v katerih je plastika prisotna.

2 Vplivi plastike na okolje in naravo

Multifunkcionalnost in dostopnost plastike ter (z ekonomskega pogleda) nizka cena v primerjavi z drugimi snovmi, povzročajo, da si danes brez uporabe plastike težko zamišljamo vsakdanje življenje. Toda njena uporaba, predvsem pa neustrezno tretiranje po koncu uporabnosti, povzroča številne negativne učinke v okolju in prostoru. Pravzaprav so določene lastnosti plastike, ki so pozitivne, dokler so plastični izdelki v uporabi, povzročajo težave, ko plastični izdelki odslužijo in postanejo odpadki. Tako je odpornost proti vlagi in mikroorganizmom, dokler je proizvod v funkciji, zaželena lastnost, saj prispeva k večji uporabnosti plastičnih izdelkov, a ravno ta lastnost postane zelo problematična, ko plastika postane odpadki.

V vodnem okolju prisotno plastiko pogosto delimo glede na velikost delcev. Večje kose plastike imenujemo makroplastika, majhne delce pa mikroplastika. Vendar pa je točna razmejitev nekoliko nejasna in se v različnih virih pogosto razlikuje. Prvotno so opredelili kot makroplastiko delce z dimenzijami nad 5 mm, manjše delce pa kot mikroplastiko (Betts, 2008; Fendall in Sewell, 2008). Vendar pa sta Gregory in Andrady predlagala nekoliko bolj podrobno klasifikacijo, saj kot gornjo mejo za mikroplastiko postavljata mejo 500 μm (0,5 mm), medtem ko za nekoliko večje delce predlagata izraz mezoplastika (Gregory in Andrady, 2003, v Andrady, 2011). Med mikroplastiko sodi tudi nanoplastika, kjer gre za delce z dimenzijami med 1 nm in 1 000 nm oz. 1 μm (Qin, 2024).

Pojavnost mikroplastike glede na mesto izvora obremenjevanja, lahko opredelimo kot primarni, oziroma sekundarni vir. Kot primarni vir lahko obravnavamo mikroplastiko, ki jo danes najdemo v produktih, ki vsebujejo mikrokroglice. Le te najdemo v zobnih pastah, pilingih, uporabljajo jih v kozmetiki (Andrady, 2017 v Kumar in sod., 2023). Drug, primarni vir predstavlja tako imenovani industrijski vpliv. Plastika se v tem primeru v okolje sprošča zaradi industrijskih procesov s prašnimi delci kot nosilci obremenil. V to skupino spadajo tudi obremenjevanja zaradi uporabe sintetičnih oblačil (Napper in Thompson, 2016). Za razliko od primarnih virov, predstavljajo sekundarni vir fragmentacije večjih oblik plastik, ki jih sonce, voda, mehansko valovanje ali UV žarki spreminjajo v manjše delce (Wright in sod., 2020). Najizrazitejši primer obremenitev predstavlja vodno okolje, saj se v oceanih, rekah in jezerih razgrajujejo enormne¹ količine odvržene plastike. Po podatkih Evropske komisije (2024) samo v Sredozemlju konča dnevno 730 ton odpadkov. Vsako minuto pa v oceanih konča 1 milijon plastičnih vrečk (Brittany Ferries & Condor Ferries, 2024).

Analize obremenjenosti voda, so pokazale da je plastika prisotna tudi v najglobljih predelih oceanov. V oceanih po podatkih Eriksena in sodelavcev (2013) zaradi pomanjkanja ustreznega ravnanja z odpadki plava več kot 250.000 ton kosov plastike. Samo obalne države, so v letu 2010 v oceane izpustile do 12,7 milijona metričnih ton plastike (Jambeck in sod. 2015). Med desetimi največjimi obremenitvami v morjih, predstavlja plastika za enkratno uporabo največjo obremenitev s kar 86 %, oziroma 43 % vseh odpadkov v morju (Evropski parlament, 2024). Za morske živali in druge manjše organizme, predstavlja plastika neposredno težavo kadar jo zamenjajo za hrano. Zaužitje plastike pa pogosto tudi zaradi mehanskih in fizičnih vplivov na žive organizme, vodi v njihovo umiranje. Pomemben, posredni vpliv ima kontaminacija s plastiko prek prebavnega trakta, na živali vključno s človekom, ki se s kontaminiranimi organizmi iz vode prehranjujejo (Evropski parlament, 2024). Na trofičnih ravneh² so plastiko in mikroplastiko odkrili v različnih organizmih, od planktona in nevretenčarjev, do rib in sesalcev (Derraik, 2002; Rochman et al., 2013).

¹ 5,25 trilijona delcev makro in mikro plastik se nahaja v oceanih. Na vsakem kvadratnem kilometru oceanov, se nahaja 46.000 kosov ali skupno 269.000 ton (Brittany Ferries, 2024).

² Trofična raven, je pojem, ki ponazarja prehranjevalno strukturo v ekosistemu in je povezana z dvema poglavitnima načinoma prehranjevanja organizmov. Elemente trofične strukture delimo na tri skupine organizmov; producente, konzumente in razkrojevalce.

Plastiko v različnih oblikah in velikostih, zaradi neustreznih ravnanj po uporabi, ne najdemo samo v morjih in morskih organizmih, temveč tudi v zemljinah, zraku ter hrani. Raziskave (v zadnjem obdobju), so pokazale njeno prisotnost (mikro delci), tudi v virih pitne vode. V raziskavah vzorcev pitne vode iz pip so ugotovili, da 81 % le teh vsebuje 5,45 mikroplastičnih delcev na liter vode. Še kritičnejši je podatek o mikroplastiki iz ustekleničene vode, saj se je na 19 lokacijah po vsem svetu, pri 11 vodilnih blagovnih znamkah distributerjev vode, v 93 % pokazalo, da vode vsebujejo povprečno 10,4 plastične delce na liter vode (Kumar in sod., 2023). Prisotnost delcev mikroplastike so ugotovili v morski hrani, medu, mleku, pivu in kuhinjski soli (Prattichizzo in sod., 2024).

Za razliko od večjih kosov plastike, ki povzročajo predvsem mehanske poškodbe morskih živali (zapletanja, ureznine, zadušitve), pa imajo delci mikroplastike podobne dimenzije kot plankton in vstopajo v prehransko verigo. Tako se mikroplastika prenaša od nižjega do višjih členov prehranjevalne verige in končno tudi do človeka. Toksične snovi v mikroplastiki so (Andrady, 2011):

- Rezidualni monomeri, ki preostanejo od izdelave, ali pa toksični aditivi
- Toksični produkti, ki nastanejo zaradi delne razgradnje polimerov
- Obstojni organski onesnaževalci (pogosto označeni s kratico POP, ki izvira iz angleškega izraza *persistant organic pollutants*). To so toksične organske snovi, ki so običajno v morski vodi zaradi slabe topnosti prisotne v nizkih koncentracijah, ker pa so v organskih snoveh mnogo bolje topijo, se zato intenzivno akumulirajo v delcih mikroplastike.

V zraku pa jo lahko pripišemo virom, kot je obraba plastičnih izdelkov. Kritična je obremenitev prahu, ki vsebuje delce mikroplastike, saj se zaradi atmosferskega transporta lahko ti delci prenašajo tudi na večje razdalje. (Dris et al., 2016; Zhang et al., 2019).

3 Škodljivi vplivi plastike na človeški organizem

Človek je tako kot pri drugih obremenjevanjih, vplivu plastike izpostavljen na več načinov. Delci mikroplastike lahko vstopajo v organizem skozi kožo, preko dihalnih poti ali skozi prebavni trakt s hrano ali pijačo. Čeprav so vplivi plastike na žive organizme trenutno v zdravstvu še vedno premalo izpostavljeni, lahko skozi študije

iz tujine zatrdimo, da ima plastika, predvsem mikro in nano velikosti, velik vpliv na žive organizme in s tem tudi na človeka. Glede na mesto prisotnosti v živih organizmih in agregatno stanje, delci plastike ob dolgoročni izpostavljenosti pri človeku škodljivo vplivajo na različne organe, hkrati pa predstavljajo pomemben dejavnik zdravstvenih tveganj. Izpostavljenost plastiki ima pri človeku vpliv na težave prebavnega trakta, dihal; vpliv se kaže tudi skozi poudarjene dermatološke pojave in nenazadnje tudi težave v krvožilnem sistemu, ki mu je v pričujočem prispevku posvečeno največ pozornosti.

Posamezni matematični modelni izračuni dajo sicer nekoliko različne ocene glede vnosa trdnih delcev v organizem, npr. en model med 74.000 in 121.000 delcev na osebo letno, drugi model pa med 39.000 in 52.000 delcev na osebo letno. Glede posameznih živil oziroma pijač pa je ocena prispevkov npr. za morsko sol do 1000 delcev, za vodo iz pipe 4000 delcev in za školjke 11.000 delcev (Prattichizzo in sod., 2024).

V človeškem tkivu so ugotovili več kot deset različnih vrst sintetičnih polimerov, med najpogostejše pa sodijo polietilen, polivinilklorid, polietilentereftalat, polipropilen in polistiren, ki so tudi sicer najpogosteje uporabljani plastični materiali. Iz teh materialov je zelo pogosto izdelana embalaža hrane, pijače in kozmetičnih izdelkov pa tudi vodovodne cevi (Prattichizzo in sod., 2024).

Prisotnost plastičnih delcev so zaznali praktično v vseh tkivih človeškega organizma, vendar pa so do sedaj ugotovljene povezave med prisotnostjo plastičnih delcev in obolenji skoraj izključno omejene na srce in ožilje. Edini doslej znani izjemi so jetra in črevesje (Prattichizzo in sod., 2024).

Tako so prisotnost delcev mikro in nanoplastike našli v jetrih pacientov s cirozo, ne pa tudi v jetrih zdravih ljudi (Horvatits in sod., 2022). Prisotnost plastičnih delcev v izločkih bolnikov z vnetnimi obolenji črevesja je bila višja kot pa pri zdravih ljudeh (Yan in sod., 2022).

3.1 Mikroplastika in srčno-žilne bolezni

Rezultati raziskav potrjujejo, da delci mikro- in nanoplastike lahko vstopajo v celice človeškega organizma in povzročajo vrsto procesov, povezanih z boleznimi srca in ožilja. Tovrstni procesi so (Prattichizzo in sod., 2024):

- Oksidativni stres
- Celično staranje
- Zlepjanje krvnih ploščic (trombocitov) in
- Nizka stopnja vnetnih procesov.

Precejšnje število raziskav je bilo doslej opravljeno v laboratoriju (in vitro) ali pa na živalih. Pri teh raziskavah je bil kot polimer večinoma uporabljen polistiren. Pri raziskavah na živalih je bil polistiren dodan z zaužitjem v relativno visokih odmerkih, zato se pojavlja vprašanje, v kolikšni meri je mogoče zaključke teh raziskav neposredno prenesti tudi na ljudi (Prattichizzo in sod., 2024).

Srce in ožilje sta izpostavljena vsem snovem, ki so prisotne v krvnem obtoku. Več raziskav je potrdilo tudi prisotnost delcev mikro in nanoplastike v ex-vivo vzorcih iz človeškega srčno-žilnega sistema.

Epidemiološka študija iz leta 2024 (Duk-Hee, 2024) je pokazala, da so osebe pri katerih je bila v plakih ugotovljena prisotnost mikroplastike, za 4,5 krat bolj izpostavljene tveganju za miokardni infarkt, možgansko kap ali umrljivost kot tisti, ki plastiki niso bili izpostavljeni.

Marfella in sod. (2024) so opravili raziskavo o povezavi med prisotnostjo mikroplastike v plakih (ateroskleroznih oblogah na stenah arterij) iz karotidnih arterij in srčno-žilnih zapletih (srčni infarkt, možganska kap). Vzorce tkiva iz plakov so odvzeli pri pacientih z asimptomatično stenozo karotidnih arterij s postopkom endarterektomije (kirurške odstranitve ateromatoznega tkiva t.j. tkiva obloge na žilni steni). V vzorcih tkiva so nato preverjali prisotnost plastičnih delcev z uporabo vrste različnih metod: elektronske mikroskopije, pirolize, plinske kromatografije, masne spektrometrije in analize stabilnih izotopov. Po odvzemu vzorcev tkiva so nato v obdobju $33,7 \pm 6,9$ meseca spremljali zdravstveno stanje pacientov (Marfella in sod., 2024).

Izmed 257 oseb, ki so sodelovale v raziskavi, pri 107 osebah (41,6 %) v vzorcih tkiva niso ugotovili prisotnosti delcev mikro- ali nanoplastike, pri 150 osebah (58,4 %) so ugotovili prisotnost polietilena v povprečni vrednosti $21,7 \pm 24,5$ $\mu\text{g}/\text{mg}$ tkiva plaka, ter pri 31 osebah (12,1 %) prisotnost polivinilklorida v povprečni vrednosti $5,2 \pm 2,4$ $\mu\text{g}/\text{mg}$ tkiva. Elektronska mikroskopija je pokazala, da se med penastimi celicami

makrofagov in amorfnim materialom plaka nahajajo delci z nazobčanimi robovi. Pri teh delcih gre očitno za tujke, ki niso biološkega izvora, najverjetneje za plastične delce. V nekaterih izmed teh delcev so ugotovili tudi prisotnost klora. V primeru prisotnosti plastičnih delcev v plaku so opazili tudi povečane vsebnosti vnetnih faktorjev interlevkina-6, interlevkina-18, interlevkina-1 β in tumorskega nekroznega faktorja (TNF α) (Marfella in sod., 2024).

V nadaljnji fazi raziskave so preverjali povezavo med prisotnostjo plastičnih delcev v plakih in srčno-žilnimi zapleti (srčni infarkt brez smrtnega izida, možganska kap brez smrtnega izida, naravna smrt zaradi kateregakoli vzroka) v obdobju 33, 7 \pm 6,9 meseca. Pri 107 osebah brez zaznane prisotnosti plastičnih delcev v plakih so v obdobju opazovanja zabeležili 8 zapletov (7,5 % ali 2,2 dogodka na 100 pacientov-let). Pri 150 osebah z zaznano prisotnostjo plastike v plakih pa je v obdobju opazovanja prišlo do 30 zapletov (20 % ali 6,1 dogodka na 100 pacientov-let). Iz navedenega je mogoče sklepati, da imajo pacienti s prisotnostjo delcev plastike v plakih večje tveganje za pojav srčno-žilnega zapleta in tudi za smrt kot pa tisti brez prisotnosti plastike (Marfella in sod., 2024).

Liu in sod. (2024) so analizirali prisotnost plastike v vzorcih iz plakov, odvzetih iz karotidnih in koronarnih arterij ter vzorcih tkiva iz aorte. V vzorcih iz plakov je bila vsebnost plastičnih delcev bistveno višja kot pa v tkivu iz aorte, kjer ni bilo prisotnih plakov. To nakazuje na dejstvo, da se plastični delci prednostno nabirajo v ateroskleroznih oblogah (Liu in sod., 2024).

Prisotnost devetih različnih sintetičnih polimerov so ugotovili tudi v različnih delih srca (moikardij, epikardij, perikardij, perikardijsko adipozno tkivo, levi atrijski privesek)(Yang in sod. (2023), medtem ko so v tkivu iz safenozne vene zaznali prisotnost petih različnih polimerov (Rotchell in sod., 2023).

Prisotnost plastičnih delcev so ugotovili tudi v možganih, odvzetih po avtopsijah. Koncentracije delcev plastike v možganih so bile višje kot pa v vzorcih iz ledvic in jeter (Campen in sod., 2024).

Plastične delce so našli tudi v krvnih strdkih pri arterijski disekciji (Wu in sod., 2023) ali pa v strdkih odvzetih po srčnem infarktu, možganski kapi in trombozi globokih ven (Wang in sod., 2024). Ugotavljajo tudi povezavo med koncentracijo plastičnih delcev in resnostjo obolenj.

Opažena je bila tudi povezava med prisotnostjo plastičnih delcev v črevesju in obolenji ožilja, saj so pri pacientih s kalcifikacijo torakalne aorte ugotovili višje koncentracije plastičnih delcev v blatu kot pa pri zdravih ljudeh (Yan, 2023).

Rezultati vseh navedenih študij kažejo na to, da vnos delcev mikroplastike in nanoplastike v organizem igra vlogo pri razvoju ateroskleroznih obolenj, a je za potrjevanje vzročnih povezav potrebno opraviti še vrsto nadaljnih raziskav (Prattichizzo in sod., 2024).

4 Rešitve za odpravo posledic rabe plastike v vsakdanjem življenju

Zaradi vsesplošne uporabe plastike v vsakdanjem življenju, nizkih cen, industrije in delovnih mest, so rešitve za vplive plastike v okolju in vsakdanjem življenju, kompleksne. Rešitve, ki bi zadovoljile tako industrijo, zaposlene, uporabnike in omejile vplive na naravo in okolje, bi morale zajeti koncept reflektivne ekološke modernizacije. Ta sloni na spremembi tehnoloških procesov, spodbujanju industrij v okoljsko in ekološko sprejemljivejše postopke ob vključitvi vseh akterjev v prostoru k oblikovanju ustreznih in za vse vpletene, konsenzualno sprejetih rešitev. Rešitve bi morale zajeti;

- spremembe polisi
- tehnološke izboljšave v smeri več uporabnosti produktov
- spremembe potrošniških navad
- ustrezno ravnanje z odpadki
- prehod na druge materiale

Plastika je zaradi količine obremenitev v oceanih, vodah, zemljinah, globalni problem. Zato bi morale polisi držav strmeti k njeni manjši produkciji in rabi v vsakdanjem življenju. Materiali obstajajo, vendar so v primerjavi s ceno plastike občutno dražji, kar omejuje njihovo splošno rabo. Zaradi usmerjenosti industrij v

maksimiranje dobičkov, bi moral biti prehod iz plastike na druge vire subvencioniran. Delno s strani države, delno bi morale strošek prehoda kriti neposredni proizvajalci- industrija, zaradi njihovih posrednih in neposrednih vplivov na negativne okoljske in družbene posledice. Za lažji prehod v okoljsko sprejemljivejše tehnologije in postopke, bi morala biti skrb za okolje in družbo, s strani države in pristojnih služb, predstavljena kot nova poslovna priložnost. Prehod na čistejše produkte, pa korak k večji konkurenčnosti, saj se vse več ljudi odloča za nakup ekoloških ali okoljsko prijaznih produktov.

Za prehod in zmanjšanje vplivov plastike v prostoru, bi morale na globalni ravni politiki držav, sprejeti ukrepe za prehod iz plastike na druge, za okolje, naravo in ljudi manj obremenjujoče materiale, ki bi jih v začetnem obdobju subvencionirale. Države bi morale poskrbeti za delavce in transformacijo njihovih delovnih mest ter socialni in ekonomski status na način, kot se je to ustrezno reševalo na področju rudarstva (samozaposlitve, prekvalifikacije, odpravnine).

Strategija podjetij bi morala biti usmerjena v izdelavo produktov, ki bi bili trajnostno naravnani, večkratno uporabni in se lahko v končni fazi večkratno reciklirajo. V prehodnem obdobju, do prehoda na izdelavo produktov iz naravnih materialov, bi morali biti tehnološki sistemi prirejeni na način izdelave plastike, ki bi imela s pogleda obremenjevanj, okoljsko čim manjše vplive zaradi morebitne razgradnje.

Rešitve, bi morale zajeti tudi spremembe miselnih vzorcev potrošnikov. Zaradi nizkih cen predvsem splošno uporabnih produktov, kot so nosilne vrečke, plastični lončki itd., se je v preteklosti v odpadkih, tudi nerekiclriranih, nabralo na milijone ton odpadnih izdelkov. Potrošniki bi v kontekstu rabe plastičnih materialov, morali narediti korak nazaj. V preteklosti se je namesto plastike uporabljalo steklo, les. Tudi materiali niso bili vezani na število klikov ali časovno obdobje. Z večjo kvaliteto materialov bi se podaljšal rok uporabnosti osnovnih produktov, ki bi po eni strani zmanjšal izdelavo novih in s tem potencialno negativnih vplivov na okolje in živo ter neživo naravo.

Sežiganje, sicer druga najslabša možnost ravnanja z odpadki takoj za odmetavanjem v prostor, je vprašljiva, saj producira dodatne obremenitve, če tehnološki sistemi v pečeh niso ustrezno konstruirani in izpusti v prostor urejeni z ustreznimi filtrirnimi sistemi. Rešitev problema plastičnih odpadkov, mora zato vsebovati koncept *na*

začetku pipe in ne na koncu. Ob manjši uporabi, bi bilo potrebno tudi sankcioniranje neokoljskih praks, še prej pa saniranje obstoječih posledic.

5 Zaključek

Najlažje je uporabo plastike prepovedati. Ta rešitev bi bila najhitrejša in najučinkovitejša, vendar bi na drugi strani pomenila izgubo delovnih mest. Samo v Evropi industrija zaposluje 1,6 milijona ljudi v 60.000 podjetjih (Plastics Europe, 2021). Globalno pa se ocenjuje, da je v panogi zaposlenih več deset milijonov ljudi. Nekaj milijonov neposredno, v podjetjih za reciklažo, pa je samo v Indiji zaposleno več kot 1,5 milijona ljudi. Kljub dobičkom in zaposlitvam, so problemi zaradi rabe plastike, predvsem pa neustreznih ravnanj po uporabi v okolju, prostoru, naravi in posledično na ljudeh tako veliki in kompleksni, da zahtevajo ukrepanje. Zamenjavo plastike z drugimi manj okoljsko spornimi materiali, je kompleksen problem, vendar zaradi vseh negativnih posledic v prostoru, nujen in potreben.

Literatura

- Andrady, A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, str. 1596-1605. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
- Andrady, A. L. (2017). The plastics in microplastics: A review. *Marine pollution bulletin*, 119(1), 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Bettelheim, F.A. in March, J. (1998). *General, Organic and Biochemistry. Fifth Edition*. Saunders College Publishing, Forth Worth etc.
- Betts, K. (2008). Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans. *Environ. Sci. Technol.*, 42, 8995. <https://doi.org/10.1021/es802970v>
- Brittany Ferries & Condor Ferries (2024). *Shocking Ocean Plastic Statistics: The Threat to Marine life The Ocean & Humanity*. Pridobljeno 16.12. 2024 na: <https://www.condorferries.co.uk/plastic-in-the-ocean-statistics>
- Campen, M., Nihart, A., Garcia, M., Liu, R., Olewine, M., Castillo, E., et al. (2024). Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains assessed by pyrolysis gas chromatography–mass spectrometry. *Res Squ* 6, rs.3.rs-4345687. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4345687/v1>
- Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marineenvironment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842-852 [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C.Tassin,B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? *Marine pollution bulletin*, 104, 290-293. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.006>
- Duk-Hee, L. (2024). Microplastic and Cardiovascular Diseases: Imortance of Coexisting Ebvironmenral Pollutants. *AHA/ASA Journal*. Dostopno prek: <https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/CIRCULATIONAHA.124.069801>

- Eriksen, M.; Mason, S.; Wilson, S.; Box, C.; Zellers, A.; Edwards, W.; Farley, H.; Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>
- Evropski parlament, (2024). Plastika v oceanih:dejstva, posledice in novi predpisi EU. Pridobljeno 16.12. 2024 na: <https://www.europarl.europa.eu/topics/sl/article/20181005STO15110/plastika-v-oceanih-dejstva-posledice-in-novi-predpisi-eu>
- Fendall, L.S. in Sewell, M.A. (2008). Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastic in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1225-1228. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025>
- Gregory, M.R., Andrady, A.L. (2003). *Plastics in the marine environment*. In: Andrady, Anthony.L. (Ed.), *Plastics and the Environment*. John Wiley and Sons, ISBN 0- 471-09520-6, (2003)
- Helmenstine, A.M. (2020). *Plastic Definition and Examples in chemistry*. Pridobljeno 10.2.2025 na <https://www.thoughtco.com/plastic-chemical-composition-608930>
- Horvatits T, Tamminga M, Liu B, Sebode M, Carambia A, Fischer L, et al. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue. *EBioMedicine*, 82, 104147. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.104147>
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, A. in Lavender Law, K. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 768-771. DOI: 10.1126/science.1260352
- Kumar, P., Sharma, Y., Singh, S., Sharma, S. (2023). Microplastic in Drinking Water: Assessing Occurrence and Potential Risk. *Journal of Research in Applied Sciences and Biotechnology* 2(3),189-197. <https://doi.org/10.55544/jrasb.2.3.25>
- Liu, S., Wang, C., Yang, Y., Du, Z., Li, L., Zhang, M. et al. (2024).Microplastics in three types of human arteries detected by pyrolysis–gas chromatography/mass spectrometry (Py–GC/MS). *J Hazard Mater*, 469, 133855. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.133855>
- Marfella, R., Prattichizzo, F., Sardu, C., Fulgenzi, G., Graciotti, L., Spadoni, T., D'Onofrio, N. in Paolisso, G. (2024). Microplastics and Nanoplastics in Atherosclerosis and Cardiovascular Events. *N Engl J Med* 390 (10), 900-910 DOI: 10.1056/NEJMoa2309822
- Millierey, M. (2024). *The real costs of plastic*. Pridobljeno 16.12. 2024 na: <https://www.linkedin.com/pulse/real-cost-plastic-manuel-millierey-3cytc>
- Napper, I. E. & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine pollution bulletin*, 112, 39-45. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.09.025
- Plastics Europe (2021). *Plastics – the Facts 2021. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Pridobljeno 15.2. 2025 na: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>
- Prattichizzo, F., Ceriello, A., Pellegrini, V., La Grotta, R., Graciotti, L., Olivieri, F., Paolisso, P., D'Agostino, B., Iovino, P., Balestrieri, M.L., Rajagopalan, S., Landrigan, P., Marfella, R. in Paolisso, G. (2024). Micro-nanoplastics and cardiovascular diseases: evidence and perspectives. *European Heart Journal* 45, 4099-4110. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae552>
- Qin, M. (2024). *What are nanoplastics? An engineer explains concerns about particles too small to see*. The Conversation. Pridobljeno 15.2. 2025 na: <https://theconversation.com/what-are-nanoplastics-an-engineer-explains-concerns-about-particles-too-small-to-see-225791>
- Rochman, C. M.; Hoh, E.; Kurobe, T.; & Teh, S. J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific reports*, 3(1),1-7. <https://doi.org/10.1038/srep03263>
- Rotchell, J.M., Jenner, L.C., Chapman, E., Bennett, R.T., Bolanle, I.O., Loubani, M. et al. (2023). Detection of microplastics in human saphenous vein tissue using mufitir: a pilot study. *PLoS One*, 18, e0280594. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280594>

- Statista (2024). Annual production of plastics worldwide from 1950 to 2023. Dostopno prek: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>
- Stecker Express (b.d.). *Duroplasts – Overview of Duroplasts and their properties*. Pridobljeno 10.2. 2025 na: <https://stex24.com/guide/duroplasts?srltid=AfmBOop4P8FkG08iN3NM4wX6ZlyY-4E4ZL1UyjBfNcKx8eNBns-IXMlx>
- UN (2021). *Drowning in Plastics-Marine Litter and Plastic Waste Vital Graphics*. Pridobljeno 16.12. 2024 na: <https://www.unep.org/resources/report/drowning-plastics-marine-litter-and-plastic-waste-vital-graphics>
- Yan, Z., Liu, Y., Zhang, T., Zhang, F., Ren, H., Zhang, Y. (2022). Analysis of microplastics in human feces reveals a correlation between fecal microplastics and inflammatory bowel disease status. *Environ Sci Technol*, 56, 414–421. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c03924>
- Yan, J., Pan, Y., He, J., Pang, X., Shao, W., Wang, C. et al. (2023) Toxic vascular effects of polystyrene microplastic exposure. *Sci Total Environ* 905,167215. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167215>
- Yang, Y., Xie, E., Du, Z., Peng, Z., Han, Z., Li, L., et al. (2023). Detection of various microplastics in patients undergoing cardiac surgery. *Environ Sci Technol*, 57, 10911–8. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c07179>
- Wang, T., Yi, Z., Liu, X., Cai, Y., Huang, X., Fang, J. et al. (2024). Multimodal detection and analysis of microplastics in human thrombi from multiple anatomically distinct sites. *EBioMedicine* 103, 105118. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2024.105118>
- Wright, S.L., Ulke, J., Font, A., Chan, K.L.A., Kelly, F.J. (2020). Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environment International* 135, 105411. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105411>
- Wu, D., Feng, Y., Wang, R., Jiang, J., Guan, Q., Yang, X. et al. (2023). Pigment microparticles and microplastics found in human thrombi based on Raman spectral evidence. *J Adv Res* 49, 141–50. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.09.004>
- Zhang, Y., Gao, T., Kang, S., Silanpää, M. (2019). Importance of atmospheric transport for microplastics deposited in remote areas. *Environmental Pollution*, 254 Part A, 112953. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.07.121>