

Dr. sc. Jelena Čulin¹

Dolores Brkić, univ. bacc. med. techn.²

ZDRAVSTVENI ASPEKTI ONEČIŠĆENJA ATMOSFERE S BRODOVA

Stručni rad / Professional paper

UDK / UDC: 504.42.054

DOI: 10.51650/ezrvs.18.1-2.10

Primljeno / Received: 07/02/2024

Prihvaćeno / Accepted: 30/04/2024

Kvaliteta zraka jedan je od najvažnijih javnozdravstvenih problema s kojim se sreću žitelji Europske unije. Negativni učinci onečišćujućih tvari u zraku uključuju povećanu učestalost pojave različitih bolesti i stanja, prvenstveno respiratornih, kardiovaskularnih i zloćudnih bolesti. Da bi se umanjile štetne posljedice onečišćenja zraka, osmišljavaju se i provode raznovrsne mjere u svim sektorima. U usporedbi s ostalim načinima prijevoza ljudi i roba pomorski promet manje degradira okoliš, te se sve više koristi. Da pritom ne bi došlo do značajnog povećanja negativnog utjecaja na kakvoću atmosfere važno je kontinuirano smanjivati emisije štetnih tvari s brodova. U radu se opisuju najvažnije štetne tvari, te njihovi učinci na ljudsko zdravlje. Temeljem rezultata istraživanja provedenih u posljednjih pet godina navedeni su učinci onečišćujućih tvari emitiranih u zrak s brodova na smrtnost i pobol stanovnika Europske unije, s naglaskom na djelotvornost provedenih preventivnih mjera.

Ključne riječi: pomorski promet; onečišćenje zraka; zdravstveni učinci.

1. Uvod

Brodovima se godišnje prevozi oko 10 milijardi tona, odnosno 80% tereta u međunarodnom prometu. Očekuje se daljnji porast međunarodne trgovine robom, te se u odnosu na 2019. godinu procjenjuje rast pomorskog prijevoza za 40% do 2050. godine (Mueller et al., 2023). U Europskoj uniji gotovo 90% robne razmjene se odvija pomorskim putem. Dodatno, raste promet putničkim brodovima i brodovima za kružna putovanja, naročito na Mediteranu, području s visokom naseljenošću i osjetljivim ekosustavima (Viana et al., 2020).

Premda je pomorski promet s aspekta zaštite okoliša povoljniji u odnosu na ostale vrste prometa, te su količine emitiranih onečišćujućih tvari s brodova male u odnosu na ukupne količine koje potječu iz antropogenih izvora, njegov se negativan utjecaj, naročito na kvalitetu zraka, ne može zanemariti. Očekuje se i apsolutni i relativni porast emisija onečišćujućih tvari

¹ Redovita profesorica; Sveučilište u Zadru, Pomorski odjel, Mihovila Pavlinovića 1, 23 000 Zadar, Republika Hrvatska; e-mail: jculin@unizd.hr

² Studentica, Sveučilište u Zadru, Odjel za zdravstvene studije, Splitska 1, 23 000 Zadar, Republika Hrvatska; e-mail: dbrkic@student.unizd.hr

i stakleničkih plinova iz pomorskog sektora kao posljedica povećanja bruto tonaže flote, ali i trendove značajnih smanjenja emisija iz stacionarnih i pokretnih izvora drugih sektora. Dodatno, i sa sadašnjim količinama emisija pomorski promet značajno doprinosi degradaciji kvalitete zraka (Gössling et al., 2021). Stoga svi dionici u pomorskom prometu, predvođeni Međunarodnom pomorskom organizacijom (IMO), ulažu znatne napore u osmišljavanje i provedbu učinkovitih mjera za smanjenje emisija plinovitih tvari s brodova. Najvažniji instrument koji je IMO kreirao, Prilog VI Međunarodne konvencije o sprječavanju onečišćenja s brodova (MARPOL), regulira onečišćenje zraka i energetske učinkovitost brodova. Iako se u posljednje vrijeme sa stanovišta izmjena zakonodavstva i primjene raznovrsnih dobrovoljnih instrumenata politike zaštite okoliša najviše pažnje posvećuje energetske učinkovitosti, odnosno smanjenju emisija stakleničkih plinova (u prvom redu ugljikovog dioksida), kontinuirano se djeluje i na smanjenju emisija onečišćujućih tvari: lebdećih čestica (PM), sumporovog dioksida (SO₂), dušikovih oksida (NO_x), hlapljivih organskih spojeva (VOCs), ugljikovog monoksida (CO).

Onečišćujuće tvari u zraku štetno utječu na središnji živčani, kardiovaskularni, dišni, probavni, endokrini i reproduktivni sustav, te uzrokuju niz bolesti i stanja uključujući glavobolje, tjeskobu, iritaciju oka, nosa, grla, ishemijsku bolest srca, moždani udar, dijabetes, astmu, rak pluća, demenciju, smanjenu plodnost, prijevremeni porod, smanjenu porođajnu težinu (*How Air Pollution Affects Our Health*, 2023). Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) svrstava onečišćeni zrak uz bok globalnim rizicima za zdravlje poput nezdrave prehrane i pušenja. Unatoč globalnoj svjesnosti o učincima onečišćenja zraka 2019. godine 99% svjetske populacije živjelo je na područjima gdje kvaliteta zraka ne odgovara smjernicama WHO, te se 6,7 milijuna prijevremenih smrti godišnje povezuje s izloženosti onečišćenom zraku (*Ambient (Outdoor) Air Pollution*, n.d.).

S obzirom na važnost pomorskog prometa za gospodarstvo s jedne, te posljedica emisija s brodova na ljudsko zdravlje i okoliš s druge strane, sve je veći broj istraživanja koja se bave ovom problematikom s različitih stajališta, uključujući mjerenja vrste i količine emitiranih tvari, određivanja kvalitete sastavnica okoliša, procjene učinka na zdravlje, analiza učinkovitosti postojećih i osmišljanje novih instrumenata zaštite okoliša itd. Učinak na zdravlje ljudi naročito je izražen u Europi zbog guste naseljenosti u blizini vrlo prometnih pomorskih puteva (Mueller et al., 2023).

U ovom radu opisani su štetni učinci na zdravlje onečišćujućih tvari u ispušnim plinovima brodova, te učinci pomorskog prometa na smrtnost i pobol stanovnika u Europskoj uniji. Dan je prikaz istraživanja objavljenih u posljednjih pet godina kako bi se stekao uvid u aktualne teme i rezultate. S obzirom na stupanje na snagu obveze korištenja goriva s najviše 0,10 % sumpora u Mediteranu 2025. godine, naglasak je na radovima o istraživanju djelotvornosti dosad provedenih preventivnih mjera, kako bi se istakla očekivana korisnost usvojenog instrumenta.

2. Onečišćujuće tvari u ispušnim plinovima brodova

Sumporov dioksid je bezbojan plin oštrog mirisa i kiselog okusa (Bacalja et al., 2021, Brkić 2024). Sastavnice okoliša izložene su SO₂, sulfatnim aerosolima i lebdećim česticama u čijem sastavu su sulfati putem gravitacijskog i oborinskog taloženja. Sagorijevanje goriva koje sadrže sumpor (nafta i naftni derivati, ugljen) najzastupljenije je među antropogenim izvorima, koji

emitiraju više od 90% SO₂ prisutnog u zraku. Respiratorni sustav najviše je pogođen udisanjem SO₂. Kao simptomi izloženosti SO₂ javljaju se dispneja, kašalj, sekrecija sluzi, iritacija očiju, nosa i grla, te pogoršanje postojećih kardiovaskularnih i respiratornih bolesti poput astme i bronhitisisa (Brkić 2024, Chen et al., 2007). Rezultati istraživanja pokazuju da se smanjena funkcija pluća, povećana prevalencija respiratornih simptoma i poremećaja, te rana smrtnost mogu biti uzrokovana dugotrajnim izlaganjem SO₂ u okolnom zraku. Posebno osjetljiva su djeca, starije osobe i oni koji već imaju respiratorne probleme, kao što su astmatičari. Kao posljedica kratkotrajnog izlaganja višim koncentracijama može doći do trovanja.

Dušikovi oksidi nastaju oksidacijom atmosferskog dušika koji čini 78% zraka: didušikov oksid (N₂O), dušikov monoksid (NO), didušikov dioksid (N₂O₂), didušikov trioksid (N₂O₃), dušikov dioksid (NO₂), didušikov tetraoksid (N₂O₄), dušikov pentoksid (N₂O₅) (Brkić 2024, Chen et al., 2007). Zajednički naziv NO_x koristi se za najprisutnije: bezbojan plin bez mirisa NO i crveno-smeđi plin zagušljiva mirisa NO₂. Kao pokazatelj onečišćenja dušikovim oksidima upotrebljava se dušikov dioksid. NO_x se emitiraju kao produkti izgaranja goriva u stacionarnim i mobilnim ložištima. NO_x, naročito NO₂, pridonose nastajanju ozona i sekundarnih aerosola. Reakcijama NO_x s hlapljivim organskim spojevima stvara se fotokemijski smog. Zbog pokretljivosti NO_x može uzrokovati nastajanje onečišćujućih tvari (smoga, kiselih kiša, itd.) na velikim udaljenostima od izvora emisije. Posljedice udisanja NO₂ variraju od blagih respiratornih simptoma pri niskim koncentracijama do smrti u zatvorenom prostoru pri visokim koncentracijama. Simptomi koji se javljaju uključuju dispneju, kašalj i hemoptizu. Kod radnika u silosima u kojima su prisutne toksične razine NO, NO₂ i N₂O opažene su pojave iritacija respiratornog trakta, plućnog edema, sindroma akutnog respiratornog distresa, obliteracijskog bronholitisa i smrti. Akutni respiratorni simptomi, te hospitalizacije zbog problema s respiratornim sustavom, bolesti gornjih dišnih puteva, povećana učestalost astme povezuju se s prisutnošću NO₂ u ambijetalnom zraku. Rezultati nekih istraživanja ukazuju na povezanost ukupne, odnosno kardiovaskularne te respiratorne smrtnosti s izloženosti NO₂ u zatvorenom prostoru.

Lebdeće čestice su smjese krutih i/ili tekućih čestica raspršenih u zraku. Imaju raznovrsne kemijske i fizičke karakteristike koje ovise o mjestu nastanka, godišnjem dobu i vremenskim prilikama (Brkić 2024, WHO Global Air Quality Guidelines, n.d.). U sastavu lebdećih čestica najčešće se javljaju sulfati, amonijevi ioni, nitrati, kationi kalija, natrija, magnezija, kloridi, elementarni i organski ugljik, materijal Zemljine kore, policiklički aromatski ugljikovodici, metali. U sastavu PM nalaze se i biološke komponente poput mikrobnih metabolita i alergena. Primarne čestice se izravno emitiraju, dok NO, SO₂, NH₃ i nemetanski hlapljivi organski spojevi pridonose nastajanju sekundarnih čestica u atmosferi. Prijenos i uklanjanje iz zraka, te učinak na zdravlje ovise o veličini PM. Najmanje čestice imaju nekoliko nanometara, a najveće i više desetaka mikrometara. Kao pokazatelji kvalitete zraka koriste se masena koncentracija čestica veličina relevantnih za zdravlje: PM₁₀, grubih čestica, promjera od 10 do 2,5 μm i PM_{2,5}, finih čestica, promjera manjeg od 2,5 μm. Lebdeće čestice promjera manjeg od 0,1 μm nazivaju se ultrafinim česticama. Lebdeće čestice veličine između 0,1 μm i 1 μm zadržavaju se u atmosferi danima ili tjednima, te mogu prijeći velike udaljenosti. Mala veličina PM₁₀ i PM_{2,5} omogućuje im ulazak u torakalnu regiju dišnog sustava. Epidemiološkim studijama povezana je dugotrajna izloženost PM_{2,5} sa smanjenjem očekivanog životnog vijeka i poboljšavanjem od kardiovaskularnih, cerebrovaskularnih i respiratornih bolesti. Osobe s pojedinim

plućnim ili srčanim bolestima, te djeca i starije osobe naročito su osjetljivi. Kod djece PM negativno utječu na razvoj pluća, uključujući reverzibilne nedostatke i dugoročni deficit u funkciji pluća, te kronično smanjenje brzine rasta pluća. Nije dokazano da postoji sigurna razina izloženosti, odnosno razina ispod koje nema štetnog djelovanja na zdravlje.

Hlapljivi organski spojevi u okoliš dospijevaju hlapljenjem pri atmosferskom tlaku i sobnoj temperaturi iz brojnih proizvoda u kojima se nalaze (Brkić 2024, David & Niculescu, 2021). VOCs imaju povećanu hlapljivost, lako su pokretljivi i vrlo stabilni, te mogu prijeći velike udaljenosti od izvora emisije. Najčešći VOCs su aromatski (benzen, toluen, ksilen, etil benzen) i halogenirani ugljikovodici. U organizam dospijevaju udisanjem i putem kontaminirane vode (konzumacijom pića, te kupanjem, plivanjem itd). Prirodni izvori VOCs uključuju biljke i močvare, dok su antropogeni izvori mnogobrojni procesi u kućanstvima ili industriji. Pojedini VOCs su staklenički plinovi. Akutni simptomi koje uzrokuju su iritacija nosa, grla, očiju, glavobolja, mučnina, vrtoglavica, alergijske kožne reakcije. Kronični učinci opaženi su na unutrašnjim organima (primjerice bubrezi i jetra). Zabilježeni su i neurološki poremećaji i demencija (Shuai et al., 2018). U bolesti i stanja s kojima su povezani spadaju leukemija, astma, bronhitis, kardiovaskularne bolesti, smanjena porođajna težina (Alford & Kumar, 2021). Još veći rizik za okoliš i ljude u odnosu na VOCs predstavljaju vrlo hlapljivi organski spojevi (VOCs) budući da su toksični pri vrlo niskim koncentracijama. Ovisno o koncentraciji i vremenu izlaganja uzrokuju niz problema: pospanost, vrtoglavicu, napade, komu, tumore jetre i bubrega opažene kod miševa i štakora (David & Niculescu, 2021).

Ozon je bezbojan plin zagušljiva mirisa, te snažno oksidacijsko sredstvo toksično za ljude (*WHO Global Air Quality Guidelines*, n.d.). U nižim slojevima atmosfere prizemni ozon fotoke-mijskim reakcijama prekursora. Prekursori ozona kao sekundarne onečišćujuće tvari su VOCs, NO_x, CO i CH₄. Cjelokupni respiratorni sustav izložen je tijekom udaha ozonu koji se dobro resorbira. Posljedično dolazi do oštećenja epitela, upalnih procesa i povećane osjetljivosti na alergene. Zdravstveni problem koje uzrokuje ozon uključuju bol u prsima, kašalj, iritaciju grla i gušenje. Može doći do pogoršanja ranije prisutnih bolesti poput bronhitisa, emfizema i astme. Također se može smanjiti funkcija pluća te nastati upala sluznice pluća. Uslijed ponovljenog izlaganja mogu nastati trajni ožiljci na plućnom tkivu.

3. Zdravstveni učinci ispušnih plinova brodova

Doprinos pomorskog prometa ukupnim količinama emitiranih onečišćujućih tvari iz antropogenih izvora varira u ovisnosti o ispitivanoj lokaciji, te vrsti ispitivane tvari. Doprinos pomorstva onečišćenju zraka najveći je u obalnim područjima, naročito u gradovima u blizini luka. Najveći broj istraživanja bavi se utjecajem PM, znatno manji utjecajem SO₂ i NO_x. U gradovima s lukama srednje veličine emisije SO₂ s brodova i povezanih lučkih operacija veće su od emisija iz cestovnog prometa, dok su emisije NO_x i PM iz ta dva sektora usporedive (Contini & Merico, 2021). U Europi je najveći doprinos emisijama PM_{2,5} zabilježen u području Mediterana (od 0,2% to 14%). Većinom su relativni udjeli NO_x i SO₂ emitiranih s brodova viši od relativnih udjela PM. Doprinos pomorstva globalnim emisijama NO_x, odnosno SO₂ procjenjuje se na 13%, odnosno 12% (Mueller et al., 2023).

Za procjenu zdravstvenih učinaka koriste se različite metode uključujući komparativnu procjenu rizika (CRA), procjenu opterećenja bolešću (BDA), analizu troškova i koristi (CBA).

Različiti modeli koriste se za procjenu izloženosti populacija, kao i različite krivulje koncentracija (izloženost)/odgovor, te se rezultati studija često ne mogu uspoređivati. Međutim, neovisno o primijenjenoj metodi za procjenu izloženosti populacija, istraživanja provedena u Europi objavljena u posljednjih pet godina ukazuju na značajan učinak onečišćujućih tvari u ispušnim plinovima brodova na smrtnost i pobol i s njima povezane ekonomske pokazatelje. U nastavku su ukratko opisani radovi s temom istraživanja zdravstvenih učinaka na obalnu populaciju u različitim dijelovima Europe da bi se dobio uvid u aktualne probleme, te prikazala ispitivanja djelotvornosti primijenjenih mjera.

S obzirom na stupanju na snagu obveze smanjenja količine sumpora u brodskom gorivu s 1,00% na 0,10% u Područjima kontrole emisija sumporovih oksida (SECA) 2015. godine, te globalnog smanjenja dozvoljene količine sumpora u brodskom gorivu s 3,50% na 0,50% 2020. godine, jedna od tema provedenih istraživanja je ispitivanje postignute, odnosno procjene buduće koristi od primjene strožih propisa. Rezultati ukazuju na pozitivne učinke donesenih mjera, naročito za gusto naseljena obalna područja najbliža područjima s najgušćim pomorskim prometom. Primjerice, istraživanje učinka uvođenja ograničenja količine sumpora u gorivu s 1,0% na 0,1% u području Baltičkog mora 2015. godine proveli su Barregard i suradnici (Barregard et al., 2019). Procijenili su izloženost i zdravstvene učinke (višak smrtnosti i pobola) emisija $PM_{2,5}$ s brodova u 2014. i 2016. godini. Broj procijenjenih preuranjenih smrti smanjio se s oko 1500 u 2014. na oko 1000 u 2016. Smanjenje je bilo u prosjeku 37% i bilo je najveće u zemljama u području Finskog zaljeva. Broj nefatalnih slučajeva ishemijske bolesti srca i moždanog udara uzrokovanih $PM_{2,5}$ emitiranih s brodova također se smanjio za oko trećinu, ukazujući na značajne pozitivne učinke stupanja na snagu proglašenja Baltičkog mora SECA.

Mwase i suradnici usporedili su smrtnost i pobol povezan s $PM_{2,5}$ u Gothenburgu i Švedskoj (Mwase et al., 2020) prije i nakon proglašenja SECA. Rezultati su pokazali značajnu ovisnost o prostornoj rezoluciji primijenjenog modela disperzije onečišćujućih tvari, u skladu s opažanjima da modeli s većom rezolucijom daju veće koncentracije onečišćujućih tvari u blizini izvora emisija. Stoga je preporuka njihovo korištenje za područja u blizini pomorskih puteva i luka. Primjena goriva s manjom količinom sumpora dovela je do smanjenja mortaliteta, broja potencijalno izgubljenih godina života (*Years of Life Lost*, YLL) i broja godina života prilagođenih invaliditetu (*Disability-Adjusted Life Year*, DALY) i u Gothenburgu i u cijeloj Švedskoj. Primjerice, primjenom modela s manjom rezolucijom procijenjeni godišnji broj preuranjenih smrti u Gothenburgu je pao s 32 na 21, dok se DALY za Švedsku smanjio s 5700 na 4200.

Utjecaj određivanja Sjevernog mora i Engleskog kanala kao SECA, odnosno smanjenja količine sumpora u brodskom gorivu s 1,0% na 0,1%, na poboljšanje zdravlja ljudi istražio je i Lindgren (Lindgren, 2021). Zdravstveni učinak koji je ispitivao je broj žive novorođenčadi sa smanjenom porođajnom težinom (ispod 2500 g) u razdoblju od 2010. do 2017. godine u Engleskoj i Walesu. Uspoređivana su obalna područja u kojima je očekivan utjecaj uslijed smanjenih emisija s brodova od 2015. i kontrolna područja u unutrašnjosti. Rezultati su ukazali na poboljšanje kvalitete zraka u obalnim područjima. Koncentracija SO_2 smanjila se za 22%, dok se koncentracija $PM_{2,5}$ smanjila za 6%. Rizik od smanjenje porođajne težine smanjio se za 7%.

Za područje Mediterana istražene su potencijalne zdravstvene dobrobiti stupanja na snagu 2020. godine obveze upotrebe brodskog goriva smanjenog udjela sumpora (0,50% u odnosu na ranije dozvoljenih 3,50%). Procjenu učinaka na zdravlje uslijed izloženosti $PM_{2,5}$

u obliku bolničkih prijema zbog kardiovaskularnih i respiratornih bolesti, te smrtnosti u osam obalnih gradova u sedam država na Mediteranu proveli su Viana i suradnici (Viana et al., 2020). Rezultati su pokazali da izloženost $PM_{2,5}$ koje potječu isključivo s brodova (ili svih ložišta u kojima izgara nafta, ovisno koji su podaci bili dostupni za pojedini grad) uzrokuje 430 preranih smrti godišnje, odnosno 5,5 preranih smrti godišnje na 100000 stanovnika. Procijenili su da će primjenom goriva s 0,50% sumpora broj preranih smrti godišnje u ispitivanim gradovima biti manji za prosječno 15 %.

Budući da izloženost onečišćujućim tvarima opada s udaljenošću od izvora, isti trend opažen je i kod zdravstvenih učinaka. Utjecaj udaljenosti mjesta stanovanja od luke na smrtnost koja se može pripisati dugoročnoj izloženosti $PM_{2,5}$, PM_{10} i NO_2 u razdoblju od 2013. do 2017. u Anconi istražili su Mei i suradnici (Mei et al., 2023). Ispitivana je ukupna prirodna smrtnost, te smrtnost uzrokovana kardiovaskularnim i respiratornim bolestima, rakom i rakom pluća. Najveći istraženi učinak je imala izloženost NO_2 na mortalitet uzrokovan kardiovaskularnim bolestima. Više koncentracije $PM_{2,5}$ i NO_2 (iznad preporučenih smjernicama WHO) zabilježene su u području grada u blizini luke, te je opažen i povišen rizik od prirodne smrtnosti (do 13,5%), te smrtnosti uzrokovane kardiovaskularnim (do 24,1%) i respiratornim (do 37,9%) bolestima za populaciju koja u njemu živi. Prema rezultatima studije 82 prerane smrti uslijed izloženosti $PM_{2,5}$ i 25 preranih smrti uslijed izloženosti NO_2 bile bi izbjegnute da koncentracije ovih tvari nisu bile iznad onih koje propisuje WHO.

Nunes i suradnici istraživali su zdravstvene i ekonomske učinke na stanovnike Pirenejskog poluotoka 2015. godine uslijed onečišćenja zraka povezanog s pomorstvom (Nunes et al., 2021). Primjenom komparativne procjene rizika istražili su utjecaj emisija $PM_{2,5}$ na ukupnu smrtnost, te smrtnost uslijed ishemijske bolesti srca, moždanog udara, kronične opstruktivne plućne bolesti, raka pluća, akutne respiratorne infekcije; utjecaj emisija PM_{10} na postneonatalnu smrtnost i utjecaj emisija NO_2 na ukupnu smrtnost, te utjecaj emisija $PM_{2,5}$ i PM_{10} na pobol. Procijenili su povezane troškove primjenom pristupa vrijednosti statističkog života (*Value of Statistical Life*, VSL), te vrijednosti godine života (*Value of a Life Year*, VOLY). Procijenjeno je da su 0,34% i 0,39% prijevremenih smrti zbog svih prirodnih uzroka u Portugalu, odnosno Španjolskoj uzrokovane brodskim emisijama $PM_{2,5}$. Iako su rezultati u pogledu broja prerano umrlih i izgubljenih godina života koji se pripisuju izloženosti NO_2 i $PM_{2,5}$ slični, u usporedbi sa scenarijem bez emisija pomorstva, doprinos emisija NO_2 s brodova smrtnim slučajevima i izgubljenim godinama života je bio znatno veći (oko 70% za Portugal i 30% za Španjolsku). Ukupni troškovi povezani s poboljšavanjem i smrtnosti uslijed izloženosti PM i NO_2 procijenjeni su na oko 9100 milijuna € godišnje (korištenjem VSL) i 1825 milijuna € godišnje (korištenjem VOLY). Prostorna raspodjela utjecaja na zdravlje pokazala je da su općenito najteže pogođena područja bila obalna (u blizini glavnih luka), uglavnom duž južne obale Španjolske.

4. Zaključak

Onečišćenje zraka jedan je od najvećih javnozdravstvenih problema današnjice. Pomorstvo značajno doprinosi onečišćenju zraka u obalnim područjima, naročito u blizini luka, te negativno utječe na ljude i okoliš. Broj objavljenih rezultata istraživanja zdravstvenih učinaka onečišćujućih tvari prisutnih u ispušnim plinovima brodova je malen u odnosu na učinke emisija cestovnog prometa, te je potrebno uložiti daljnje napore u prikupljanje podataka o

količinama emitiranih onečišćujućih tvari i njihovim koncentracijama u pojedinim područjima, te istraživanju svih njihovih zdravstvenih učinaka.

Provedena istraživanja ukazuju na značajne negativne zdravstvene učinke i povezane troškove. Međutim, većina autora proučava samo neke od onečišćujućih tvari i/ili samo neke od učinaka, te se može očekivati da je stvaran negativan učinak emisija s brodova na zdravlje ljudi veći, naročito u lučkim gradovima. Stoga je važno osmišljavati i provoditi dodatne mjere poput opskrbe električnom energijom s obale.

S obzirom na rezultate istraživanja koji ukazuju na postignute koristi od primjene propisa koji ograničavaju dozvoljene emisije s brodova, može se očekivati poboljšanje kvalitete zraka i smanjenje negativnih učinaka na području Mediterana, koje bi trebalo postati SECA od 2025. Dosadašnja iskustva pokazuju da je jedan od preduvjeta kontrola provedbe propisa, te će biti potrebno uložiti napore u provedbu i opseg inspekcijskih pregleda.

LITERATURA

1. Alford, K. L., & Kumar, N. (2021). Pulmonary Health Effects of Indoor Volatile Organic Compounds—A Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1578.
2. *Ambient (outdoor) air pollution*. (n.d.). Dostupno na: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) [pristupljeno 26.1.2024.]
3. Bacalja, B., Krčum, M., & Videk, M. (2021). Effects of air pollution from ships on human health. *Ecology & Safety*, 15(1), 170-179.
4. Barregard, L., Molnàr, P., Jonson, J. E., & Stockfelt, L. (2019). Impact on Population Health of Baltic Shipping Emissions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(11), 1954.
5. Brkić, D. (2024). Utjecaj onečišćenja atmosfere s brodova na ljudsko zdravlje. Završni rad. Zadar: Sveučilište u Zadru.
6. Chen, T.-M., Gokhale, J., Shofer, S., & Kuschner, W. G. (2007). Outdoor air pollution: Nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects. *The American Journal of the Medical Sciences*, 333(4), 249-256.
7. Contini, D., & Merico, E. (2021). Recent Advances in Studying Air Quality and Health Effects of Shipping Emissions. *Atmosphere*, 12(1), 92.
8. David, E., & Niculescu, V.-C. (2021). Volatile Organic Compounds (VOCs) as Environmental Pollutants: Occurrence and Mitigation Using Nanomaterials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13147.
9. Gössling, S., Meyer-Habighorst, C., & Humpe, A. (2021). A global review of marine air pollution policies, their scope and effectiveness. *Ocean & Coastal Management*, 212, 105824.
10. Lindgren, S. (2021). The coast is clear: Shipping emission standards, air quality and infant health. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 100, 103067.
11. Mei, F., Renzi, M., Bonifazi, M., Bonifazi, F., Pepe, N., D'Allura, A., Brusasca, G., Viegi, G., & Forastiere, F. (2023). Long-term effects of air pollutants on respiratory and cardiovascular mortality in a port city along the Adriatic sea. *BMC Pulmonary Medicine*, 23(1), 395.

12. Mueller, N., Westerby, M., & Nieuwenhuijsen, M. (2023). Health impact assessments of shipping and port-sourced air pollution on a global scale: A scoping literature review. *Environmental Research*, 216, 114460.
13. Mwase, N. S., Ekström, A., Jonson, J. E., Svensson, E., Jalkanen, J.-P., Wichmann, J., Molnár, P., & Stockfelt, L. (2020). Health Impact of Air Pollution from Shipping in the Baltic Sea: Effects of Different Spatial Resolutions in Sweden. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7963.
14. Shuai, J., Kim, S., Ryu, H., Park, J., Lee, C. K., Kim, G.-B., Ultra, V. U., & Yang, W. (2018). Health risk assessment of volatile organic compounds exposure near Daegu dyeing industrial complex in South Korea. *BMC Public Health*, 18(1), 528.
15. Viana, M., Rizza, V., Tobias, A., Carr, E., Corbett, J., Sofiev, M., Karanasiou, A., Buonanno, G., & Fann, N. (2020). Estimated health impacts from maritime transport in the Mediterranean region and benefits from the use of cleaner fuels. *Environment International*, 138, 105670.
16. WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. (n.d.). Dostupno na: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240034228> [pristupljeno 6.2.2024.]
17. *How air pollution affects our health*. (2023, October 18). <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution/eow-it-affects-our-health>

Summary

HEALTH ASPECTS OF ATMOSPHERIC POLLUTION FROM SHIPS

Air quality is one of the most important public health problems faced by the inhabitants of the European Union. The negative effects of air pollution include an increased incidence of various diseases and conditions, primarily respiratory, cardiovascular, and malignant diseases. Various measures are designed and implemented in all sectors to reduce the harmful consequences of air pollution. Maritime transport, when contrasted with other methods of moving people and goods, has a lesser environmental impact and its utilization is steadily increasing. To avoid a concomitant significant increase in the negative impact on the quality of the atmosphere, it is important to continuously reduce emissions of harmful substances from ships. The paper describes the most important harmful substances and their effects on human health. Based on the results of research conducted in the last five years, the effects of pollutants emitted into the air from ships on the mortality and morbidity of European Union residents are listed, with an emphasis on the effectiveness of the implemented preventive measures.

Keywords: maritime traffic; air pollution; health impacts.

