

# Sprječavanje zagađenja zraka s brodova

---

**Rušić, Leon**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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:187:819391>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



**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

**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**LEON RUŠIĆ**

**SPRJEČAVANJE ZAGAĐENJA ZRAKA S BRODOVA –  
OSVRT NA UGLJIČNI DIOKSID**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**SPRJEČAVANJE ZAGAĐENJA ZRAKA S BRODOVA –  
OSVRT NA UGLJIČNI DIOKSID  
PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS –  
REVIEW OF CARBON DIOXIDE  
ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Zaštita mora i morskog okoliša

Mentor: Damir Zec

Student: Leon Rušić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082666

**Rijeka, kolovoz 2023.**

Student: Leon Rušić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082666

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom  
Sprječavanje zagađenja zraka s brodova – osvrt na ugljični dioksid  
(naslov završnog rada)

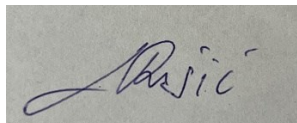
Izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Damir Zec  
(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

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 završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom 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



\_\_\_\_\_  
(potpis)

Ime i prezime studenta : Leon Rušić

Student: Leon Rušić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

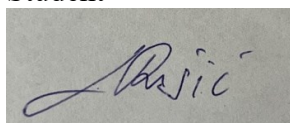
JMBAG: 0112082666

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog 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 završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'Rušić'.

---

(potpis)

## SAŽETAK

Smatra se kako je u moderno vrijeme održivi razvoj svojevrsni imperativ. Unutar održivog razvoja ubraja se čuvanje prirode te suzdržavanje od narušavanja ravnoteže čovjekove okoline. Upravo zbog toga tema ekološke osviještenosti i zaštite okoliša je gotovo nezaobilazna u svakoj sferi. Sve više raste svijest o potrebi za očuvanjem planeta, sprječavanja nastanka onečišćenja te otklon nastalih štetnih posljedica. Ovaj rad obrađuje temu sprječavanja zagađenja zraka s brodova s osvrtom na ugljičan dioksid. Naime, jasna je činjenica kako je promet pomorskih brodova jedan od onečišćivača atmosfere. Rad obrađuje sintezu očuvanja i zaštite okoliša, onečišćenja zraka te broda kao onečišćivača. U kontekstu toga razraditi će se i prilog VI. MARPOL 73/78 konvencije koje se tiču sprječavanja onečišćenja zraka. Navest će se i načini sprječavanja onečišćenja atmosfere s pomorskih brodova. U konačnici, smatra se kako zeleni brodovi predstavljaju budućnost jer ih pokreću obnovljivi izvori energije.

Ključne riječi: *zagađenje zraka, brod, ugljični dioksid, MARPOL 73/78*

## **SUMMARY**

It is considered that in modern times, sustainable development is a kind of imperative. Sustainable development includes preserving nature and refraining from disturbing the balance of the human environment. This is precisely why the topic of ecological awareness and environmental protection is almost unavoidable in every sphere. The awareness of the need to preserve the planet, to prevent the occurrence of pollution, and to remove the resulting harmful consequences is growing more and more. This paper deals with the topic of preventing air pollution from ships with reference to carbon dioxide. Namely, it is a clear fact that maritime ship traffic is one of the polluters of the atmosphere. The work deals with the synthesis of preservation and protection of the environment, air pollution and the ship as a polluter. In the context of this, Annex VI will also be elaborated. MARPOL 73/78 conventions concerning the prevention of air pollution. Ways to prevent atmospheric pollution from seagoing ships will also be listed. Ultimately, green ships are considered to represent the future as they are powered by renewable energy sources.

*Keywords: air pollution, ship, carbon dioxide, MARPOL 73/78*

# SADRŽAJ

SAŽETAK.....	5
SUMMARY .....	6
SADRŽAJ .....	7
1. UVOD .....	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA .....	1
1.3. STRUKTURA RADA.....	1
2. OČUVANJE I ZAŠTITA OKOLIŠA .....	3
2.1. ČUVANJE OKOLIŠA .....	3
2.2. UZROCI ONEČIŠĆENJA .....	4
2.3. RAZVOJ MEĐUNARODNOG PRAVA OKOLIŠA.....	5
2.4. NAČELA PRAVA OKOLIŠA.....	6
3. ONEČIŠĆENJE ZRAKA.....	10
3.1. ZAŠTITA ZRAKA OD ONEČIŠĆENJA.....	11
3.2. EFEKT STAKLENIKA .....	13
3.3. KISELE KIŠE .....	15
3.4. RUPE U OZONU.....	16
3.5. KONVENCIJA O DALEKOSEŽNOM PREKOGRANIČNOM ONEČIŠĆENJU ZRAKA .....	17
3.6. 7. AKCIJSKI PROGRAM ZAŠTITE OKOLIŠA I 8. AKCIJSKI PROGRAM ZAŠTITE OKOLIŠA (7 EAP I 8 EAP) .....	18
4. BROD KAO ONEČIŠĆIVAČ .....	20
4.1. KONVENCIJA MARPOL.....	21
4.2. EEDI I SEMP .....	23
4.3. EEXI I CII .....	25
4.4. FFT PROJEKT .....	27
4.5. PLINOVI SUMPOROVIH I DUŠIKOVIH OKSIDA.....	28
4.6. EMISIJE Klorofluorougljikovodika I Klorofluorougljika .....	28
4.7. ŠTETNE EMISIJE IZ HLAPLJIVIH ORGANSKIH SPOJEVA.....	29
4.8. PLINOVI INCINERATORA.....	29
5. SPRJEČAVANJE ONEČIŠĆENJA ATMOSFERE S POMORSKIH BRODOVA ..	32



5.1. EMISIJE ISPUŠNIH PLINOVA .....	32
5.1.1. UGLJIKOV DIOKSID .....	33
5.1.2. SUMPORNI OKSID .....	35
5.1.3. UGLJIKOV MONOKSID.....	36
5.1.4. ČAĐA I UGLJIKOVODICI.....	36
5.2. RECILKULIRANJE ISPUŠNIH PLINOVA .....	37
5.3. PROČISTAČI ISPUŠNIH PLINOVA .....	38
6. BUDUĆI BRODOVI .....	41
7. ZAKLJUČAK .....	45
LITERATURA .....	47
KAZALO KRATICA.....	51
POPIS SLIKA .....	53

# **1. UVOD**

Brodovi se smatraju transportnim sredstvima koja su od davnina bila iznimno bitna za svaku civilizaciju i to posebno tijekom razvijanja trgovine i gospodarstva. U novije vrijeme njihova važnost nije umanjena. Ipak, zbog razvoja industrije, gospodarstva i urbanizacije, došlo je do ostvarenja brojnih pozitivnih, ali i negativnih utjecaja na okoliš i kvalitetu života ljudi, a što je posljedično dovelo do oštećenja omotača ozona te onečišćenja atmosfere.

## **1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA**

Tema završnog rada je sprječavanje onečišćenja zraka iz brodova s osvrtom na ugljični dioksid.

Problem ovog istraživanja je povećano i sve više štetno zagađivanje okoliša i to posebice onečišćenje zraka koje dolazi s brodova.

Predmet i problem istraživanja tiču se dva objekta istraživanja koja su međusobno povezana a koja su: onečišćenje zraka iz brodova i brod kao onečišćivač.

## **1.2. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

U ovom radu svrha i ciljevi istraživanja nalaze se u analizi štetnih posljedica i zagađenja zraka od strane brodova. Navedeni su i analizirani relevantni zakoni i drugi pozitivni propisi koji se bave zaštitom okoliša, a posebno zaštitom zraka i ograničavanjem ispuštanja štetnih plinova.

## **1.3. STRUKTURA RADA**

U prvom dijelu rada opisan će se način očuvanja i zaštite okoliša. Unutar ovog poglavlja navest će se prirodni i antropogeni uzroci onečišćenja, opisan će se tijek razvoja međunarodnog prava okoliša te će se u konačnici navesti osnovna obilježja u području prava okoliša.

U sljedećem dijelu rada obraditi će se tema onečišćenja zraka. Ovdje će se navesti i opisati svi uzroci za onečišćenje zraka. Obraditi će se efekt staklenika, kisele kiše te nastanak rupa u ozonu. Također, opisat će se sadržaj Konvencije o dalekosežnom i prekograničnom onečišćenju zraka te sedmi i osmi akcijski plan Europske unije za zaštitu okoliša.

Četvrto poglavlje rada obrađuje brod u ulozi onečišćivača. Primarno će se analizirati relevantni dijelovi MARPOL konvencije. Potom će se opisati EEDI, SEMP, EEXI, CII te FFT Projekt. Zatim će se opisat i analizirat emisije klorofluorouglikovodika i klorofluorouglijika, te plinovi od incineratora.

U petom poglavlju rada opisati će se na koji način se može spriječiti onečišćenje atmosfere s pomorskih brodova. Unutar ovog poglavlja prvo će se opisati emisije ispušnih plinova i to ugljikovog dioksida, ugljikovog monoksida te sumporovog oksida. Navest će se načini za smanjenje ugljikovog dioksida u pomorskom prijevozu. Zatim će se opisat recikliranje ispušnih plinova. Pročistači ispušnih plinova posljednje su poglavlje ovog dijela rada. Rad završava zaključkom.

## **2. OČUVANJE I ZAŠTITA OKOLIŠA**

Okoliš se shvaća kao prirodno okruženje stvoreno od strane čovjeka. Pod okolišem podrazumijeva se voda, tlo, more, zrak, životinjski i biljni svijet. Namjera je da se u okolišu postigne stanje ravnoteže unutar međusobne raznolikosti prethodno navedenih prirodnih elemenata te uzajamnog djelovanja (Zakon o zaštiti okoliša, 2018).

Očuvanje okoliša i njegove čistoće smatra se iznimno važnim za ljudski rod. Početkom 60-tih godina dvadesetog stoljeća započeo je razvoj politika koje su štatile okoliš. Prvotni cilj takvih politika bila zaštita životinjskih i biljnih vrsta koje su bile ugrožene te da se poboljša kvaliteta zraka te vode. Obzirom da je uslijedio razvoj tehnologije i gospodarstva, došlo je do ozbiljnih pokušaja uređenja instituta zaštite čovjekovog okoliša.

Velika količina štetnih tvari protekom vremena dospjela je u okoliš. Nekolicina nezgoda i pomorskih katastrofa koje se uključivale tankere privukle su pozornost javnosti. Slijedom navedenog, utemeljio se stav prema kojem pomorske katastrofe mogu spriječiti način da se postupi koordinirano te da se na međunarodnoj razini potiče suradnja i dijalog država (Seršić, 2003).

Dana 5. lipnja 1972. godine započela je Konferencija Ujedinjenih naroda u svezi čovjekovog okoliša. Konferencija je održana u Stockholmu. Ova se konferencija smatra iznimno bitnom za razvijanje međunarodnog prava okoliša. Njome se započeo njegov daljnji razvoj. Konferencija je istaknula koje su utvrđeni nedostaci i slabe točke zaštite okoliša. Također, konferencija se zaključila postavljanjem ciljeva i kreiranjem Akcijskog plana unutar kojeg su države imale konkretne upute za postupanje. Pri tome, važno je naglasiti kako se iziskuje kolektivni angažman država te da se na zajednički način države pridržavaju odredbi ugovora o očuvanju i zaštiti morskog okoliša. Konačan cilj je kvalitetan sustavan razvoj svijesti o zaštiti okoliša (Seršić, 2003).

### **2.1. ČUVANJE OKOLIŠA**

Pod pojmom zaštite okoliša obuhvaćeni su svi mehanizmi, sredstva te sadržaji koji služe za suživot i postupanje s okolinom. Konačan cilj jest razvijanje mehanizma održavanja okoliša

u njegovom prvobitnom stanju ili stanju koje nije znatno promijenjeno i to na način da ne dovodi u ugrozu opstanak čovjeka u prostoru i vremenu (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003).

Moderni način pristupanja zaštiti okoliša karakterizira nastojanje da se izvrši zaštita ekosistema te da se postigne trajno očuvanje biološke raznolikosti. Dakle, svrha je očuvati i štiti živu i neživu prirodu. Suvremen pristup podrazumijeva i racionalan način iskorištavanja prirodnih izvora, njihova zaštita te ostvarenje stabilnosti u ekološkom smislu. Cilj suvremenog načina pristupanja zaštiti okoliša jest pružanje zaštite od štetnih utjecaja i obnova i čuvanje estetike i kulture pojedinog krajolika (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003).

Kada je riječ o politikama zaštite okoliša, polazno pitanje jest tko ili što se mora štiti te od čega je zaštita potrebna. Iz perspektiva zaštićenog objekta, može se razlikovati kauzalna, integrirana, medijalna i vitalna zaštita okoliša. Unutar svake navedene vrste postoji i regulativan način pristupanja (Seršić, 2003).

Medijalan način zaštite okoliša fokusiran je na zrak, tlo i vodu. Kauzalna zaštita okoliša tiče se prevencije unosa u okoliš štetnih tvari. Pod vitalnom zaštitom okoliša podrazumijeva se zaštita životinja i biljaka. Ona je uređena zakonom o zaštiti prirode. Pod integriranom zaštitom podrazumijeva se kompletna sfera ekozaštite pristupanja (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003).

## **2.2. UZROCI ONEČIŠĆENJA**

Sukladno Zakonu o zaštiti okoliša smatra se kako je onečišćenje izravan ili neizravan način unošenja štetnih tvari u vodu, zemlju ili zrak. Slijedom navedenog, onečišćenje može nastati kao posljedica ljudskog djelovanja te posljedično dovodi do umanjenja kvalitete okoliša kao i zdravlja životinja te ljudi (Zakon o zaštiti okoliša, 2018).

Osnovna podjela izvora onečišćenja je na antropogene uzročnike te prirodne uzročnike. Pod antropogenim uzročnicima ubrajamo sljedeća (European Commission, 2021):

- industrija,
- masovni turizam,
- tehnologija,

- povećanje broja stanovnika,
- urbanizacija,
- infrastruktura i promet te
- povećanje količine otpada.

Kada je riječ o prirodnim uzročnicima, tada je riječ o sljedećim (European Commission, 2021):

- suše,
- potresi i podrhtavanja tla,
- poplave,
- požari te
- erozija tla.

Prirodni uzročnici obuhvaćaju elementarne nepogode te prirodne pojave koje su oduvijek prisutne. Za njih je karakteristično da vrše ugrozu i stvaraju poremećaje unutar okoliša. Osim navedenog, smatraju se opasnima za živote ljudi te materijalno dobro.

Slijedom svega navedenog, iznosi se zaključak kako čovjek počinje imati povećani utjecaj na okoliš. Zbog nakane da zadovolji vlastite potrebe, čovjek vrlo često nanosi štetu okolišu. Smatra se kako antropogeni uzročnici onečišćenja rezultiraju dalekosežnim i ozbiljnim posljedicama u odnosu na prirodne uzročnike. Antropogeni učinci mogu biti promjene u klimi, emisija stakleničkih plinova, razvijanje rupa u ozonu, povećanje otpadnih voda, manjak bioraznolikosti i dr.

### **2.3. RAZVOJ MEĐUNARODNOG PRAVA OKOLIŠA**

U samim počecima razvoja međunarodnog prava okoliša fokus je bio na pružanju zaštite pitke vode, zraka koji se udiše, smanjenja emisija štetnih tvari te slične teme vezane za ekologiju. S razvojem novih tehnologija došlo je i do porasta svijesti o ekologiji kod ljudi. Tijekom provedbe međunarodnih pravila o zaštiti okoliša za posljedicu je imalo uvođenje novih tehnika, metoda te pravila, utemeljenje novih načela te koncepcija koje su se nastojale prilagoditi potrebama modernog doba (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003).

Novi pravni režim iziskivao je prilagođavanje te usvajanje novih normi. Pri tome, bilo je neophodno da se između država ostvari međunarodna suradnja te da dođe do koordiniranja akcija. U tom kontekstu smatra se kako su najvažnije dvije konferencije, ona iz Stockholma iz 1972. godine te konferencija iz Rio de Janeira iz 1992. godine.

Potkraj 1980.-tih godina došlo je do pojave klimatskih promjena te je održavanje biološke raznolikosti bilo izloženo brojnim prijetnjama. Navedeno je nastalo kao rezultat postupnog razvoja tehnologije i znanosti te industrijskog razvoja. Ovi događaji kao posljedicu imali su kreiranje novih načina pristupanja očuvanju okoliša i njegovoj zaštiti. Tada je došlo do razvijanja koncepcije održivog razvoja. Svrha je bila da okoliš omogući zadovoljenje potreba današnjeg stanovništva, ali da se u pitanje ne dovede zadovoljenje potreba nadolazećih generacija. Na konferenciji u Rio de Janeiru 1992. godine među najvažnijim dokumentima koju su bili usvojeni su Agenda 21 te Deklaracija o zaštiti okoliša.

## **2.4. NAČELA PRAVA OKOLIŠA**

Razumijevanje i poznavanje elementarnih načela prava okoliša bitno je za zakonodavca i one koji navedena načela primjenjuju. U zakonu o zaštiti okoliša u određena su sljedeća načela (Zakon o zaštiti okoliša, 2018):

- načelo održivog razvoja,
- načelo predostrožnosti,
- načelo očuvanja vrijednosti prirodnih dobara, krajobraza i bioraznolikosti,
- načelo nadomještaja ili zamjene,
- načelo otklanjanja i sanacije štete na izvoru nastanka,
- načelo cjelovitog pristupa,
- načelo suradnje,
- načelo „onečišćivač plaća“,
- načelo poticanja,
- načelo pristupa informacijama i sudjelovanja javnosti te
- načelo prava na pristup pravosuđu.

Slijedom navedenog, u modernom pravu okoliša razlikuju se četiri elementarna načela, i to (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003):

- načelo uzročnosti,

- načelo opće naknade,
- načelo prevencije te
- načelo kooperacije.

Načelo uzročnosti sastoji se od ukupno četiri dimenzije, i to:

- dimenzija očuvanja okoliša,
- normativno-pravna dimenzija,
- normativno-socijalnoetička dimenzija te
- ekonomsko-ciljnoracionalna dimenzija.

Svrha načela uzročnosti je da svaka osoba koja ugrožava ili onečišćuje okoliš te na bilo kakav način prouzrokuje štetu, ima obvezu naknade štete te podmirenja troškova onečišćenja. Dakle, osoba koja onečišćuje je financijski odgovorna i obvezna da djelomično ili u cijelosti financira ili kompenzira otklon onečišćenja okoliša.

U praksi je ostvarenje načela uzročnosti otežano u situaciji kada postoji nekoliko uzročnika. Naime, nije uvijek potrebno da osoba koja je onečišćivat preuzme u cijelosti odgovornost radi onečišćenja jer postoje državne mjere koje se ostvaruju putem sredstva javnog financiranja poput otpadnih voda, uređaja za pročišćivanje i dr. U ovom načelu postoji niz načina reagiranja, a pojedina država će izabrati najprikladnije vođena načelom pravednosti.

Naime, obveza je zakonodavca da pruži odgovor na pitanje kada će pojedina osoba radi onečišćenja morat platiti porez, doprinose i pristojbe, a kada obveznik ima mogućnost da proturječi takvim vrstama potraživanja. Zakonodavstvo Republike Hrvatske načelo uzročnosti je uvelo kako jedno od elementarnih načela zaštite okoliša pod nazivom „onečišćivač plaća“. Pod troškovima onečišćenja podrazumijevaju se (Zakon o zaštiti okoliša, 2018):

- troškovi procjene štete,
- troškovi otklona štete u okolišu te
- troškovi procjene nužnih mjera.

Načelo opće naknade smatra se potpunom prekom načelu uzročnosti. Dok se s jedne strane načelo uzročnosti navodi da je svatko u obvezi nadoknaditi štetu za bilo kakvo onečišćenje, s druge strane načelo opće naknade osnovano je na činjenici da se trošak za zaštitu okoliša



financira iz proračuna pojedine države. Dakle, porezni sistem države pribavlja potrebna sredstva (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003).

Slijedom navedenog, država se može koristiti posrednim i neposrednim mjerama. Posredne mjere su one u koje se ubrajaju različite vrste pomoći u financijskom obliku, porezne olakšice i krediti, dok se pod neposrednim mjerama ubrajaju različite investicije. Unutar načela opće zaštite smatra se kako nije potrebno da se država oslobodi svih obveza u cilju zadovoljenja prava na zdrav okoliš i život.

Unutar hrvatskog pravnog sustava načelo opće naknade nije izričito uvršteno u načela zaštite okoliša. Ono je zasnovano na odredbama Ustava koje ističu kako je svaka osoba u obvezi da sudjeluje u postupku podmirenja troškova u skladu sa vlastitim mogućnostima, dok je elementarno načelo poreznog sistema pravednost i jednakost.

Načelo prevencije temeljeno je na potrebnim mjerama planiranja za buduće razdoblje. Rizici i opasnosti podrazumijevaju sve one mogućnosti koje bi mogle eventualno dovesti do nastanka štete. Republika Hrvatska je prihvatila načelo prevencije kao jedno od najvažnijih načela u sferi zaštite okoliša (Zakon o zaštiti okoliša, 2018).

Načelo kooperacije ističe kako je za održavanje okoliša čistim i zaštićenim potrebno sudjelovanje svih mjerodavnih strana, tj. njihova kooperacija. Načelo kooperacije donijelo je promjene glede uloge države kao jedinog stvaralaca normi. Stoga, kooperacija ima za cilj da se povežu struka i znanosti, a sve u cilju rješavanja problema.

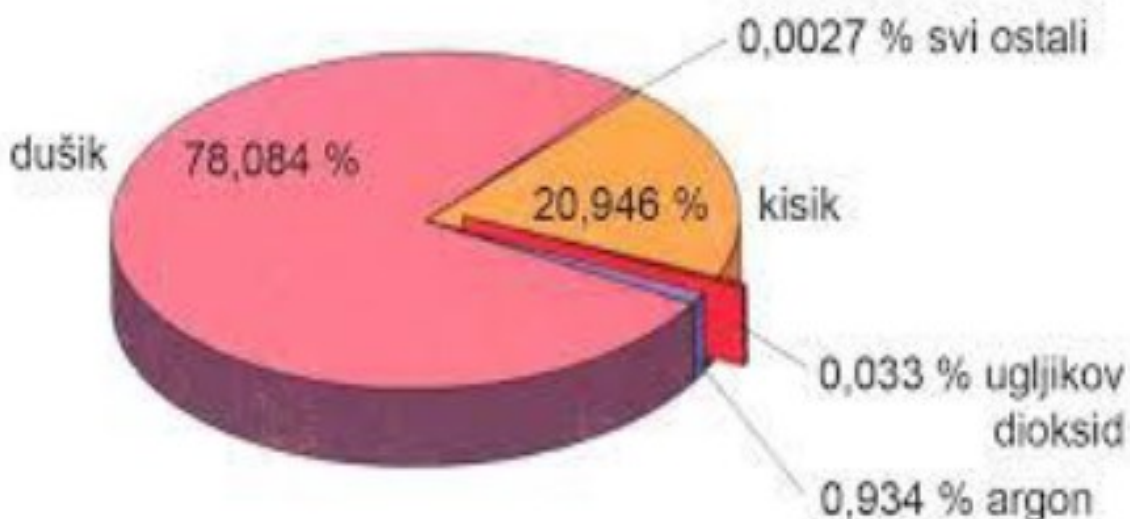
Unutar načela cjelovitosti podrazumijeva se zajednički način djelovanja jedinica regionalne i lokalne samouprave te državne uprave. Dakle, na zajednički se način pridonosi planiranju intervencija, donošenja popisa o zaštiti okoliša, planiranju strategija i dr. Oni imaju obvezu da osiguraju uvjete i moduse za zajednički način djelovanja institucija i građana u cilju postizanja zajedničkog cilja, a koji je očuvanje okoliša.

Načelo pristupa informacijama i sudjelovanja javnosti tiče se postojanja mogućnosti da sve zainteresirane strane sudjeluju u institucionalnom načinu rješavanja pitanja koja se tiču zaštite okoliša. Država ima obvezu da osigura sudjelovanje (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003):

- prilikom međunarodne razmjene potrebnih informacija,
- u postupku rješavanja pitanja između država koja su zasnovana na međunarodnim sporazumima i ugovorima te
- tijekom obavještanja drugih država o eventualnim rizicima i opasnostima za okoliš.

### 3. ONEČIŠĆENJE ZRAKA

Zrak je mješavina plinova unutar Zemljine atmosfere. Smjesa sadrži skupinu plinova gotovo stalnih koncentracija i skupinu s koncentracijama koje su promjenjive u prostoru i vremenu. Zrak je iznimno bitna komponenta za sve žive organizme, kao i za biljni svijet.



**Slika 1. Udjeli raznih plinova u zraku**

Izvor: Lopac Groš, A., Meštrović, O., Čaleta, M., 2021, Atmosfera i sastav zraka, online: [https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcd821-eae3-4a77-8766-9c5d66c6b05a/m\\_3/j\\_1.html](https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcd821-eae3-4a77-8766-9c5d66c6b05a/m_3/j_1.html) (07.06.2023.)

Obzirom na činjenicu da je razina onečišćenja postepeno narasla s rastom broja stanovnika te razvijanjem novih tehnologija, došlo je i do povećanja onečišćenja atmosfere. Zbog povećanog nakupljanja onečišćivača u prostoru biosfere dolazi do negativnih utjecaja na čovjekovo zdravlje, kao i na sam opstanak ljudske vrste.

S povećanjem količine štetnih tvari unutar atmosfere dolazi do promjena kod temperature zraka, dolazi do povećanja količine oblaka, smanjuje se propuštenost energije Sunca, dolazi do oštećenja ozonskog omotača, nastanka efekta staklenika te kiselih kiša (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2022).

U širokom smislu klima se sastoji od nekoliko komponenti, a to su kriosfera, atmosfera, geosfera, biosfera i hidrosfera.

### 3.1. ZAŠTITA ZRAKA OD ONEČIŠĆENJA

U samim počecima onečišćenje okoliša bilo je manje zastupljeno nego danas slijedom čega ta tema nije privlačila veliku pozornost. Postojao je vrlo malen skup normi i pravila, a sankcije su se provodile u pravilu na zahtjev pojedinaca koju su smatrali da su oštećeni.

Tijekom 19. i 20. stoljeća došlo je do povećanja onečišćenja, te ono i u današnje vrijeme raste. Oko 97% svjetske industrijske proizvodnje energije dolazi proizvodnjom fosilnih goriva, a to su zemni plin, nafta te ugljen. Kada se oni izgaraju u atmosferi, pored ostalih štetnih tvari dolazi i do nastanka ugljičnog dioksida, a koji se bilježi u više desetaka milijardi tona. Osim njega, prisutni su i olovo, čađa, sumpor, prašina i dr. (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003).

Brojna istraživanja ukazuju na činjenicu kako u nekim područjima glavnina onečišćenja atmosfere potječe iz izvora koji su u inozemstvu. Istraživanja na našim prostorima ukazuju na činjenicu kako vlažne mase zraka sa sobom „pokupe“ štetne emitirane čestice, a posebice one sa sjevernog dijela Italije, koja je poznata kao industrijska regija. Takve pokupljene čestice se zatim transformiraju u nitrata i sulfata te se kao kisela kiša manifestiraju u gorski kotar. (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003).

Zaštita zraka u Republici Hrvatskoj do 1995. godine imala je neadekvatnu regulaciju. Naime, do 1995. godine na snazi je bio Osnovni zakon o zaštiti zraka i zagađivanja. Unutar tog propisa sadržano je svega nekoliko odredbi. Predmetni zakon nije imao provedbene propise kao niti propise koji reguliraju standarde, a vrlo malen broj normi mogao je u praksi imat neposrednu primjenu (Osnovni zakon o zaštiti zraka i zagađivanja, 1965).

Koncem 1995. godine Hrvatski Sabor proglasio je Zakon o zaštiti okoliša. U navedenom propisu uređen je mehanizam mjera, način organizacije, provedba zaštite okoliša i postupci za poboljšanje kvalitete zraka. Usku poveznicu sa zakonom o zaštiti okoliša ima i Zakon o zaštiti zraka. Njegova primarna svrha je da stvori optimalan pravni okvir unutar kojeg bi bila na jasan način utvrđena prava i obveze subjekata u svezi vođenja brige o poboljšanju kvalitete zraka te zaštiti zraka (Zakon o zaštiti zraka, 2022).

Ukoliko se navedene norme dosljedno primjene, tada se može (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003):

- postignuti najbolja razina kvalitete zraka,
- spriječiti ili umanjiti onečišćenje koja na izravan način utječu na promjenu klime,
- očuvati zdravlje biljnog svijeta, životinjskog svijeta, ljudi, materijalne vrijednosti te kulturne vrijednosti,
- unaprijediti i utemeljiti cjelokupan sistem za upravljanje kvalitetom zraka na prostoru Republike Hrvatske.

Onečišćenje zraka svugdje je prisutno, samo u različitim omjerima. Svrha je da se osigura što veća kvaliteta zraka uz što manji stupanj onečišćenja te da izbjegne i spriječi situacije u kojoj bi se taj stupanj povećao. Sukladno stupnju onečišćenja Zakon o zaštiti zraka razlikuje ukupno dvije kategorije kakvoće zraka.

U cilju smanjenja onečišćenja, potrebno je da se često utvrđuje i pomno prati kakvoća zraka, razina onečišćenja te njezini izvori, kao i da se kontrolira koliko je ispušteno emisija. Jednom kada se svi navedeni podatci prikupe i kada se dobije uvid u stvarno stanje, tada se može započeti s propisanim postupcima sanacije i primjenjivanje sankcija. Stupanj onečišćenja zraka se može pratiti uz pomoć opažanja i mjerenja:

- fizikalnog stanja atmosfere na mjestima gdje se vrši mjerenje kakvoće,
- promjena kvalitete zraka kod njegovog onečišćenja u mjestima koja nisu naseljena,
- promjena kvalitete zraka koje je nastala kao posljedica prekograničnih i regionalnih daljinskih prijenosa tvari koje su onečišćujuće putem zraka te
- promjenama koja su nastala na građevinama, biološkim nalazima te biljkama, a koje ukazuju na efekt onečišćenja.

Ustav Republike Hrvatske navodi kako svaka osoba ostvaruje pravo na zdrav način života. Smatra se kako je obveza države da navedeno ustavno pravo osigura. Osim navedenog, Ustav navodi kako gospodarska tijela i građani u obvezi voditi brigu o zaštiti okoliša, prirode te ljudskog zdravlja. Zrak pripada općim dobrima koji su od interesa za Republiku Hrvatsku (Ustav Republike Hrvatske, 2014)

Slijedom navedenog, pravne i fizičke osobe imaju obvezu da postupaju sukladno odredbama pozitivnih propisa koji uređuju zaštitu zraka od onečišćenja. Ipak, posebne obveze imaju one

pravne i fizičke osobe koje koriste ili su u vlasništvu pojedinog difuznog ili stacionarnog izvora onečišćenja. Takve osobe imaju obvezu (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003):

- osiguravanja redovnog praćenja i vršenja analize emisija,
- prijave izvora koji je onečistio zrak,
- financiranje mjerenja u okrugu njihovog objekta,
- financiranje i provođenje primijene mjera za umanjeње štetnih tvari te
- redovnog dostavljanja zabilježenih informacija u svezi emisija nadležnim tijelima.

### **3.2. EFEKT STAKLENIKA**

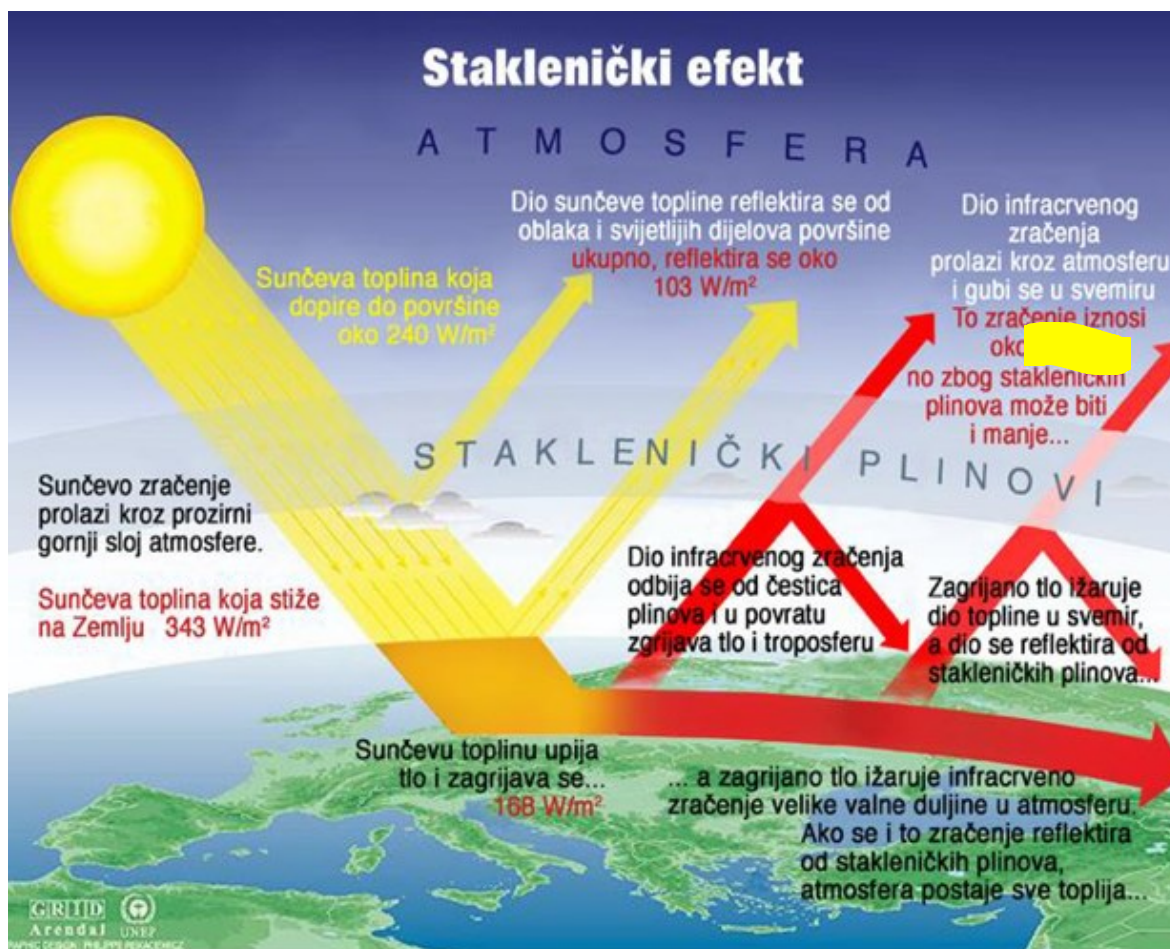
Život na zemlji je moguć zbog prirodnog učinka staklenika. Ugljikov dioksid, vodena para, metan i dušikov oksid smatraju se najvažnijim stakleničkim plinovima koji nastaju prirodnim postupcima. Oni se u sloju atmosfere izmiješani te čine prirodni toplinski omotač Zemlje. Ukoliko tog omotača ne bi bilo dolazilo bi do gubitka toplinske energije koja bi potom odlazila u svemir. Zbog toga život u takvim uvjetima ne bi bio pogodan (Glavač, 2001).

Učinak staklenika je način na koji se toplina zadržava blizu površine Zemlje pomoću "stakleničkih plinova". Ovi plinovi koji zadržavaju toplinu mogu se zamisliti kao pokrivač omotan oko Zemlje, održavajući planet toplijim nego što bi bio bez njih. Staklenički plinovi uključuju ugljikov dioksid, metan, dušikov oksid i vodenu paru. Znanstvenici su utvrdili da učinak zagrijavanja ugljičnog dioksida pomaže stabilizirati Zemljinu atmosferu. Ukoliko se ukloni ugljični dioksid, tada bi se i zemaljski efekt staklenika urušio. Bez ugljičnog dioksida Zemljina bi površina bila oko 33°C hladnija.

Smatra se kako bi učinak topline bio veći ukoliko goleme količine mase oceana i mora ne bi upijale značajan dio antropogenog ugljikovog dioksida te sa vlastitim termičkim osobinama smanjivale ekstreme u temperaturama i to zbog iznimno sporog otpuštanja i primanja topline.

Sunčeva svjetlost, s prirodnim procesom efekta staklenika, čini Zemlju pogodnom za život. Dok se oko 30% sunčeve energije, svjetlosti i topline od Sunca, koja kada dospije na zemlju se reflektira natrag u svemir, dok ostatak ili apsorbira atmosfera ili zemljina površina. Ovaj proces, koji se neprestano događa, zagrijava planet. Ta se toplina zatim zrači natrag u obliku

nevidljivog infracrvenog zračenja. Dok se dio infracrvenog zračenja nastavlja u svemir, veliku većinu apsorbiraju atmosferski plinovi, poznati kao staklenički plinovi, uzrokujući daljnje zagrijavanje. Efekt staklenika prikazan je u nastavku rada na Slici 2.



**Slika 2. Efekt staklenika**

Izvor: Dasenčić Eterović, S., 2022, Ekologija, online: [http://www.os-supetar.skole.hr/me\\_unarodna\\_godina\\_odr\\_ive\\_energije/eko\\_znanje/ekologija?news\\_id=704](http://www.os-supetar.skole.hr/me_unarodna_godina_odr_ive_energije/eko_znanje/ekologija?news_id=704) (12.06.2023.)

Najvažniji staklenički plin je ugljikov dioksid. Prije nego li je započela industrijska revolucija provedena su mjerenja sukladno kojima je broj dijelova na milijun za ugljikov dioksid iznosio 228. Poslije industrijske revolucije navedena brojka se postepeno povećavala pa je postavljena gornja granica za količinu CO<sub>2</sub> od 350 dijelova na milijun. Navedena se granica probila još 1988. godine (Bolf, 2019).

U 2014. godini u na sjevernoj Zemljinoj polutci je koncentracija ugljičnog dioksida dostigla razinu od 400 ppm. Navedena je brojka tada prvi puta zabilježena. Postepeno su se te

vrijednosti počele širiti prema jugu. Time je došlo do brojnih ekoloških katastrofa poput suša, rasta razine mora, toplinskih udara i dr. Do konca 2015. godine više od 200 vlada diljem svijeta je postiglo dogovor da će ograničiti prosječno povećanje temperature i to za maksimalnih 2°C u odnosu na vrijeme prije nastupanja industrijske revolucije. Naime, potrebno je da se koncentracija stakleničkih plinova drži konstantno ispod 450 ppm (Šarić, 2022).

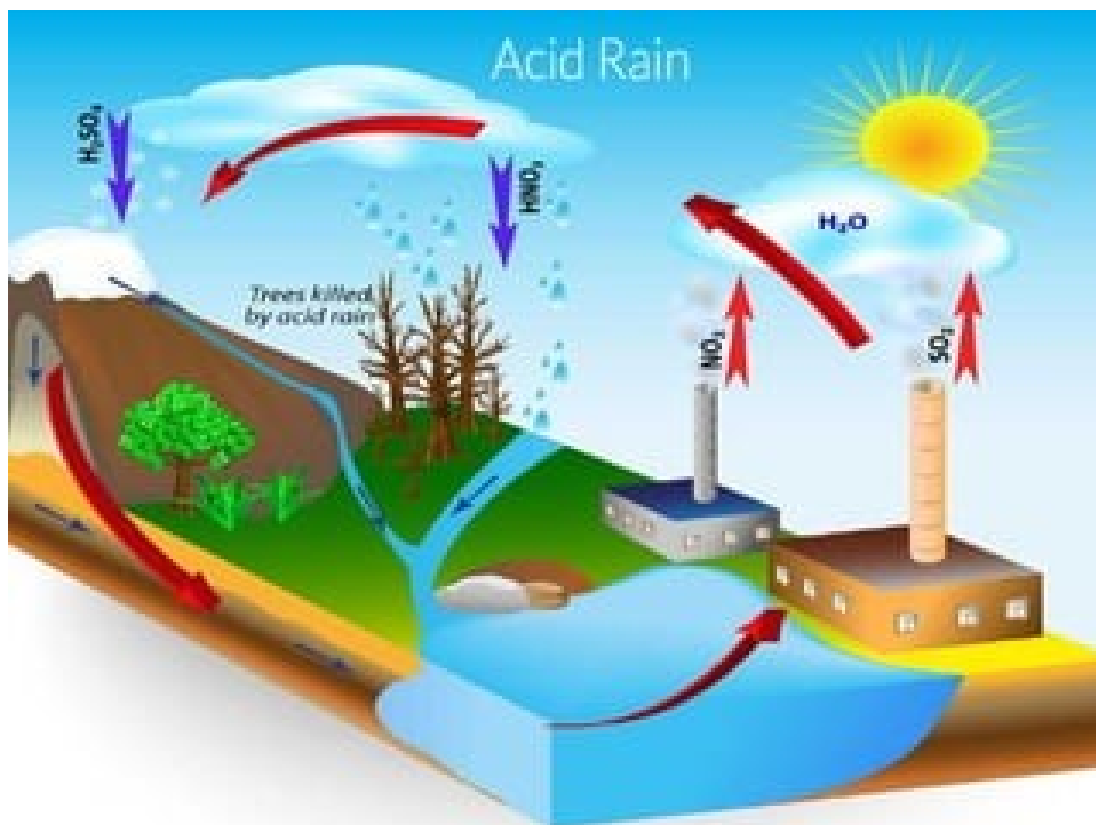
Međutim, veće koncentracije stakleničkih plinova, a posebno ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), uzrokuju zadržavanje dodatne topline i porast prosječnih globalnih temperatura. Tijekom većeg dijela proteklih 800 000 godina, mnogo dulje nego što postoji ljudska civilizacija, koncentracija CO<sub>2</sub> u Zemljinj atmosferi bila je otprilike između 200 i 280 dijelova na milijun. Dakle, bilo je 200 do 280 molekula plinova na milijun molekula zraka. Ipak, u prošlom stoljeću ta je koncentracija naglo skočila. Tijekom 2013. godine, uglavnom potaknut izgaranjem fosilnih goriva i krčenjem šuma, CO<sub>2</sub> u zemljinj atmosferi premašio je 400 dijelova na milijun. Takva koncentracija milijunima godina nije bila uočena (Dechak, 2023).

Najveća zabilježena prosječna mjesečna razina ugljikovog dioksida je 2022. godine zabilježena na Havajima te je iznosila 420 ppm, što je 50 posto više od predindustrijskih razina (Šarić, 2022). Podatke na godišnjoj razini objavljuje Međunarodna organizacija za energiju (IEA – engl. International Energy Agency).

### **3.3. KISELE KIŠE**

Jednim od onečišćivača okoliša smatraju se i kisele kiše. One nastaju kao rezultat izgaranja ispušnih plinova te fosilnih goriva koji potom idu u atmosferu. U pravilu je uobičajena pH vrijednost za kišu 5,5. Međutim, pH vrijednost kiselih kiša je od 4 i 4,5. Ovakvo evidentno smanjenje pH vrijednosti kao posljedicu ima goleme probleme te ne negativan način utječe na životinjski i biljni svijet, na tlo, šume, vodu te na građevine (Čož-Rakovac R., Hacmanjek M. et.al., 1995). U nastavku rada na slici 3. prikazan je proces nastajanja kiselih kiša.





**Slika 3. Nastanak kiselih kiša**

Izvor: Damjanović, I., 2016, Kisele kiše, online: <https://www.slideshare.net/Eva983/kisele-kie-60726265>  
(11.06.2023.)

### 3.4. RUPE U OZONU

Gotovo istovremeno s efektom staklenika došlo je do pojave koncepcije postepene razgradnje zaštitnog sloja u stratosferi, tj. ozona. Smatra se kako je ozon odgovoran za zaštitu svih živih bića od opasnih posljedica koje nastaje kao posljedica ultraljubičastog zračenja. Obujam ozona koji je stvoren u atmosferi te ona količina koja će se razgraditi treba biti u ravnotežnom odnosu (Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 2017).

Postupna oštećenja ozonskog omotača dovode do slabog upijanja UV zraka koje zbog navedenog dolaze na Zemlju u povećim količinama i time ugrožavaju okoliš i zdravlje ljudi. Osim navedenog, promjene kod distribucije ozona dovele su do promjena u globalnoj klimi i povećanju temperature. Jednom kada je veliki broj država spoznao ove promjene, odlučile su poduzeti određene korake.

Slijedom navedenog, 1985. godine održana je Konvencija o zaštiti ozonskog omotača u Beču, a na snagu je stupila 1988. godine. Njezin fokus je bio prestanak upotrebe štetnih tvari i proizvodnje. Pozvala je na upotrebljavanje alternativne opreme i tehnologija. Cilj navedene konvencije bilo je smanjenje efekta na ozonski omotač. Detaljnije obveze država sadržane su u Montrealskom protokolu iz 1989. godine. U njemu se nalaze kvantitativna ograničenja u pogledu proizvodnje te upotrebljavanja tvari koje posljedično onečišćuju ozonski omotač. Ovaj protokol sadržavao je i rokove za kompletno eliminiranje te je razvijenim zemljama omogućio rok mirovanja od 10 godina (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003).

U Republici Hrvatskoj od 2019. godine u primjeni je Zakon o klimatskim promjenama i zaštiti ozonskog sloja koji navodi kako se teži ka ublažavanju promjenama klime, prilagođavanju promjenama klime i zaštiti ozonskog sloja, a sve u cilju održivog načina razvoja temeljenog na principima zaštite okoliša (Zakon o klimatskim promjenama i zaštiti ozonskog sloja, 2019).

### **3.5. KONVENCIJA O DALEKOSEŽNOM PREKOGRANIČNOM ONEČIŠĆENJU ZRAKA**

LRTRAP (engl. Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution), tj. Konvencija o dalekosežnom i prekograničnom onečišćenju zraka na velikim udaljenostima na snagu je stupila 1983. godine i to unutar okrilja Gospodarske komisije za Europu Gospodarskog i socijalnog vijeća UN-a. Države članice ove konvencije imaju obvezu ograničavanja i posljedičnog smanjenja te sprječavanja onečišćenja zraka.

Prvotna etapa ticala se Programa suradnje u praćenju i procjeni prekograničnog prijenosa onečišćujućih tvari na velikim udaljenostima. Upravo LRTRAP je uredio na koji se način uređuje onečišćenje zračnih prostora Europe. Navedeno se postiže uz pomoć koordinacije nadzornih mjera te putem utvrđivanja kolektivnih standarda za emisije. Stavljajući naglasak na regionalan način pristupanja rješavanju problema onečišćenja koja se pojavljuju na značajnim udaljenostima jer su takve vrste onečišćenja shvaćene kao one koje imaju iznimno štetne posljedice na golemoj udaljenosti od izvora koja ne omogućuju razlikovanje udjela svakog pojedinog izvora (Lončarić-Horvat, Cvitanović, 2003). Navedenu konvenciju kasnije su dopunjavali razni protokoli, a koji su:

- Protokol iz 1984. godine koji se tiče dugoročnog financiranja Programa suradnje za praćenje i procjenu prekograničnog prijenosa onečišćujućih tvari u zraku na velike udaljenosti u Europu (EMEP – engl. European Monitoring and Evaluation Programme),
- Protokol iz 1985. godine u svezi smanjenja emisija sumpora ili njegovih prekograničnih tokova od najmanje 30%,
- Protokol iz 1988. godine o postupku nadzora emisija dušikovih oksida ili njegovih prekograničnih tokova,
- Protokol iz 1991. godine o postupku nadzora emisija hlapljivih organskih spojeva ili njegovih prekograničnih tokova,
- Protokol iz 1994. godine o smanjenju emisija sumpora,
- Protokol iz 1998. godine o otpornim organskim tvarima,
- Protokol iz 1999. godine o suzbijanju zakiseljavanja, zemaljskog ozona i eutrofikacije te njegova izmjena iz 2012. godine, i dr.

### **3.6. 7. AKCIJSKI PROGRAM ZAŠTITE OKOLIŠA I 8. AKCIJSKI PROGRAM ZAŠTITE OKOLIŠA (7 EAP I 8 EAP)**

Sedmi program djelovanja na okoliš jest program kojeg provodi Europska unija. Cilj navedenog programa je postići razinu zraka koja ima prihvatljiv utjecaj na okoliš i koja se ne smatra rizičnom za zdravlje ljudi. Europska unija nastoji svoje djelovanje proširiti na razna područja u cilju smanjenja izlaganja onečišćenom zraku i to putem pozitivnih propisa te kroz suradnju sa sektorima koji se bave onečišćenjem, nevladinim organizacijama te drugim regionalnim i nacionalnim tijelima.

Na koncu 2013. godine Europska komisija je nastojala na dodatan način kvalitetu zraka poboljšati te je slijedom toga donijela prijedlog paketa raznih politika koje su za cilj imale čisti zrak na prostoru Europe. Svrha takvog paketa politika bila je postignut usklađenje s aktualnim propisima koji uređuju kvalitetu zraka i to do 2020. godine, a potom nastaviti do 2030. godine poboljšavati kvalitetu zraka. Takav prijedlog je sadržavao sljedeće (Europska agencija za okoliš, 2021):

- Prijedlog za revidiranu Direktivu NEC (Direktiva EU-a o nacionalnim gornjim granicama emisije) sa novim obvezama u nacionalnom pogledu za smanjenje emisija

do 2020. godine i 2030. godine i to za četiri temeljne onečišćujuće tvari koje se nalaze u zraku te dvije dodatne, a koje su metan i čestice koje lebde.

- Prijedlog za novu Direktivu o srednje velikim postrojenjima za izgaranje kako bi se ograničile emisije sumporovog dioksida, oksida dušika te čestica koje lebde izgaranjem iz proizvodnih pogona i postrojenja. Dakle, predložene su granične vrijednosti za emisije i kod postojećih postrojenja, ali i za nova.
- Dodatne djelatnosti koje su predložene, a koje su koncentrirane na razinu kvalitete zraka unutar gradova, i to kroz različite lokalne i nacionalne aktivnosti koje bi se financirale iz fondova Europske unije uz jačanje plana koji se tiče inovacija i istraživanja.

Nadalje, 8. akcijski program zaštite okoliša (2021.-2030.) – EAP 8 ima šest tematskih prioritetnih ciljeva u područjima: klimatske neutralnosti, prilagodba i otpornost na klimatske promjene i druge ekološke rizike, kružno gospodarstvo i regenerativni rast, odvajanje gospodarstva od korištenja resursa i degradacije okoliša (European Parliament, 2019).

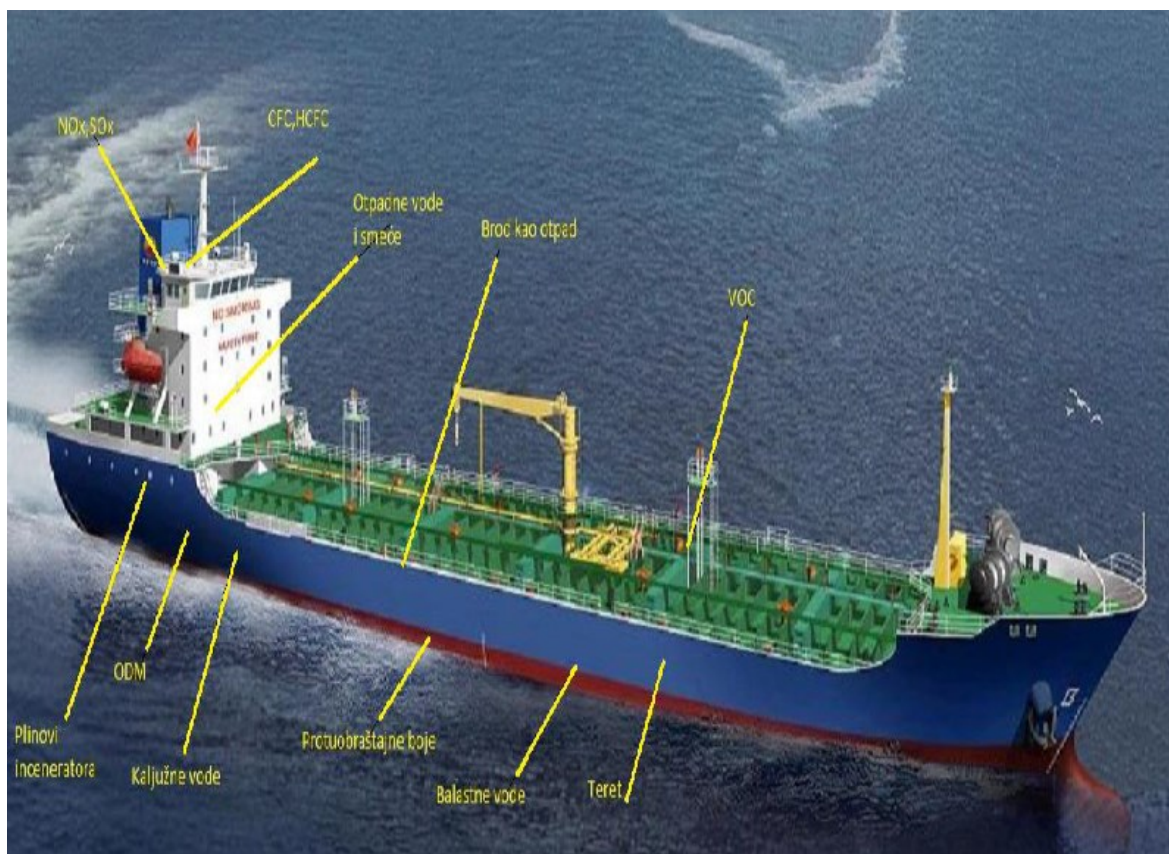
## 4. BROD KAO ONEČIŠĆIVAČ

Postoje različiti čimbenici koje je potrebno uskladiti i koordinirati kako bi se što više smanjio utjecaj na okoliš. Od njegove konstrukcije, preko manipulacije teretom i plovidbom, pa sve do odlaska u rezalište, svaki pojedini brod tijekom svog životnog ciklusa vrši određen utjecaj na okoliš (Petrović, 2005).

Poznato je kako više od 90% svjetske trgovine vrši prijevoz preko oceana uz pomoć više od 90 000 pomorskih brodova. Kao i svaki način prijevoza koji za pogon koristi fosilna goriva, brodovi proizvode značajne emisije ugljikovog dioksida koje doprinose klimatskim promjenama na globalnoj razini. Pored ugljičnog dioksida, brodovi ispuštaju i neke druge zagađivače koji doprinose ovom problemu.

Pomorska industrija odgovorna je za važan dio problema globalnih promjena klime. Smatra se kako više od 3% globalnih emisija ugljičnog dioksida dolazi iz oceanskih brodova. Takva količina emisija može se usporediti s velikim državama koje imaju razvijenu industriju. Naime, kada bi globalno brodarstvo bila država, ona bi se nalazila na 6. mjestu najvećeg proizvođača emisije stakleničkih plinova. Više ugljičnog dioksida emitiraju Indija, Japan, Kina, Rusija te Sjedinjene Američke Države. Usprkos tome, emisije ugljičnog dioksida iz preookeanskih brodova trenutno ne podliježu nikakvoj zakonskoj regulaciji (OCEANA, 2023).

Kako bi se smanjile emisije s brodova potrebno je da brodske flote primjene operativne i tehničke mjere kako bi smanjile onečišćenje. Takve mjere podrazumijevaju smanjenje brzine, promjenu goriva i specijalizirane premaze trupa. Smatra se kako bi flote trebale započeti provedbu dugoročnih mjera kako bi se smanjilo onečišćenje zbog globalnog zatopljenja, poput dizajna novih brodova s učinkovitom potrošnjom goriva i motora izrađenih posebno za sporo isparavanje. Stoga, IMO bi trebao postaviti međunarodne standarde emisija kako bi se smanjili zagađivači globalnog zagrijavanja koji dolaze iz pomorske industrije.



**Slika 4. Tipovi onečišćenja s brodova**

Izvor: <https://www.pfri.uniri.hr/~zec/ZMMO%20v.1.5%20web.pdf> (20.06.2023.)

Prethodna slika predstavlja tipove onečišćenja s broda. Štetno djelovanje broda ostavlja posljedice na atmosferu i biosferu. U zoni atmosfere brod ima štetno djelovanje radi sljedećih razloga:

- emisije CFC-a i HCFC-a,
- emisija ispušnih plinova – CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, HC te
- radi vibracija i buke.

#### **4.1. KONVENCIJA MARPOL**

Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (MARPOL – engl. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) usvojena je dana 2. studenog 1973. godine. Međutim, 1978. godine izmijenjena je Protokolom koji je usvojen kao odgovor na nezgode tankera između 1976. i 1977. godine. Obzirom na činjenicu kako MARPOL Konvencija iz 1973. godine još nije stupila na snagu, MARPOL protokol iz 1978. godine apsorbirao je matičnu konvenciju. Takav kombiniran instrument na snagu je stupio

2. listopada 1983. godine. U 1997. godini usvojen je Protokol za izmjenu Konvencije unutar kojeg je dodan novi Aneks VI koji je 19. svibnja 2005. godine stupio na snagu (IMO, 2023).

Obzirom na činjenicu da ispuštanje, izlivanje ili izbacivanje pojedinih tvari ima značajnu ulogu u potencijalnom negativnom efektu na okoliš, primarno treba navesti sve tehničke mjere, odredbe i propise koji su potrebni kako bi se ispust štetnih tvari sveo na osnovni minimum. Navedena konvencija konstantno podliježe dopunama i promjenama jer se što detaljnije žele utvrditi uvjeti koji su potrebni kako bi se izbjegao namjeran način ispuštanja štetnih tvari. Ukupno 152 države potpisnice su naveden konvencije, a među kojima je i Republika Hrvatska.

Konvencija se sastoji od šest priloga, a koji su sljedeći:

- Prilog I. - pravila koja se tiču sprječavanja onečišćenja mora naftom,
- Prilog II. - pravila za kontrolu onečišćenja tekućim tvarima koje prevoze tankeri,
- Prilog III. - pravila o sprječavanju onečišćenja štetnim tvarima u pakiranom obliku,
- Prilog IV. - pravila o sprječavanju onečišćenja fekalijama s brodova,
- Prilog V. - pravila o sprječavanju onečišćenja otpacima s brodova te
- Prilog VI. - pravila o sprječavanju onečišćenja zraka s brodova.

Svaka država koja je potpisnica Konvencije ima obvezu da se pridržava svih odredbi i pravila koje Konvencija propisuje. Cilj navedenog jest da se spriječi bilo kakvo onečišćenje morskog okoliša putem ispuštanja različitih štetnih tvari. U tekstu Konvencije pod radnjom ispuštanja štetnih tvari podrazumijeva se izbacivanje, curenje, isparavanje, istjecanje, pražnjenje i dr.

Primjena ove Konvencije je na brodovima koji imaju zastavu država potpisnica, pa čak i na brodove čija država nije potpisnik, ukoliko plovi na teritoriju države koja je potpisnica. Konvencija se ne primjenjuje na brodove ratne mornarice, ratne brodove ili neke druge brodove u vlasništvu pojedine države, a koji se upotrebljavaju samo za vladinu netrgovačku službu. Striktno je zabranjeno kršenje odredbi Konvencije. Ipak, ukoliko se ustanovi kršenje odredbi Konvencije, tada se, sukladno aktualnim propisima, provode adekvatne sankcije i mjere.

U 2011. godini IMO je usvojio izmjene i dopune Priloga VI MARPOL-a kako bi propisao tehničke i operativne mjere energetske učinkovitosti za smanjenje količine emisija CO<sub>2</sub> iz međunarodnog brodskog prometa (IMO, 2023).

## 4.2. EEDI I SEMP

Indeks projektiranja energetske učinkovitosti (engl. Energy Efficiency Design Index – EEDI) i Plan upravljanja energetskom učinkovitosti brodova (engl. Ship Energy Efficiency Management Plan – SEEMP) stupili su na snagu 1. siječnja 2013. godine. EEDI je važna tehnička mjera čiji je cilj promicanje upotrebe energetski učinkovitije opreme i motora za projektiranje novih brodova kako bi manje zagađivali.

Nadalje, EEDI zahtijeva najmanju razinu energetske učinkovitosti po milji kapaciteta (npr. tonskoj milji) za različite tipove i segmente veličine pojedinog broda. Razina će se postepeno pooštravati svakih pet godina, pa se stoga očekuje da će EEDI potaknuti stalne inovacije i tehnički razvoj svih komponenti koje utječu na učinkovitost goriva broda od faze projektiranja.

Plan upravljanja energetskom učinkovitošću broda operativni je mehanizam za poboljšanje energetske učinkovitosti broda na troškovno učinkovit način. SEEMP potiče vlasnika broda i operatera u svakoj fazi plana da razmotre nove tehnologije i prakse kada žele optimizirati operativne performanse broda (IMO, 2023).

Dakle, plan upravljanja energetskom učinkovitosti brodova je plan za poboljšanje energetske učinkovitosti broda specifičan za svaki brod. Svi brodovi bruto tonaže 400 BT i više koji obavljaju međunarodna putovanja moraju razviti i držati na brodu SEEMP, kako je navedeno u smjernicama koje je usvojio IMO. SEEMP može biti dio sustava upravljanja sigurnošću broda i podložan je reviziji i provjeri (AMSA, 2022).

Dio I. SEEMP-a podrazumijeva plan upravljanja brodom i praćenje broda za poboljšanje energetske učinkovitosti. Mora uključivati procjenu trenutne potrošnje energije broda i identificirati mjere za poboljšanje učinkovitosti broda, kao što su (AMSA, 2022):

- poboljšani trup i pogonski sustavi uključujući održavanje,
- planiranje putovanja,



- optimizacija brzine,
- korištenje automatiziranih sustava upravljanja motorom,
- vremenska prognoza i
- sustavi povrata otpadne topline.

Postavljanje cilja učinkovitosti ključni je dio razvoja SEEMP-a. Cilj je da se stvori poticaj za poboljšanje energetske učinkovitosti. Također, cilj može imati bilo koji oblik, poput godišnje potrošnje goriva ili Operativnog pokazatelja energetske učinkovitosti (EEOI), alata za praćenje kojeg je razvio IMO za mjerenje energetske učinkovitosti broda i procjenu utjecaja mjera operativne učinkovitosti.

Dio II. SEEMP-a tiče se podataka o potrošnji loživog ulja. Dakle, drugi dio SEEMP-a odnosi se samo na brodove koji imaju 5000 GT i više te koji obavljaju međunarodna putovanja. Ovaj dio SEEMP-a mora sadržavati opis načina na koji će se podaci o godišnjoj potrošnji loživog ulja za brod prikupljati i prijavljivati njihovoj državi zastave.

Dio III. SEEMP-a odnosi se na operativan plan intenziteta ugljika na brodu. Od 1. siječnja 2023. godine novi zahtjevi primjenjuju se na brodove koji su dužni pridržavati se drugog dijela SEEMP-a. Od tog datuma, SEEMP ima obvezu detaljnog navođenja kako će se operativni intenzitet ugljika broda izračunati i poboljšati prema novoj kratkoročnoj MARPOL mjeri za smanjenje emisija stakleničkih plinova s međunarodnih brodova, a koja uključuje (AMSA, 2022):

- metodu koja se koristi za izračun postignutog godišnjeg operativnog pokazatelja intenziteta ugljika (CII) broda i postupke za izvješćivanje CII-ja državi zastave broda,
- CII za brod tijekom sljedeće tri godine, s planom koji detaljno opisuje kako će se to postići,
- proces samoevaluacije i poboljšanja te
- plan korektivnih radnji, ukoliko je potrebno.

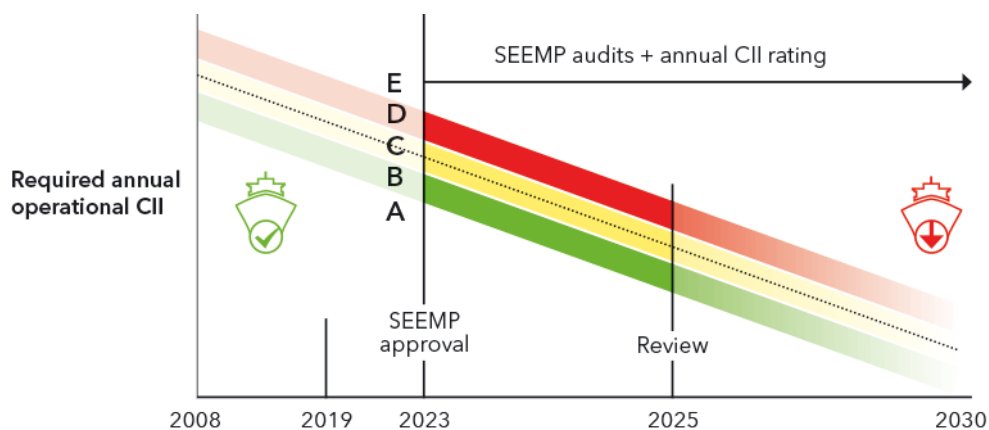
### 4.3. EEXI I CII

U 2021. godini IMO je usvojio novi skup tehničkih i operativnih mjera i to Indeks energetske učinkovitosti postojećeg broda (EEXI) i Indikator intenziteta ugljika (CII) koji stupaju na snagu 1. siječnja 2023. godine.

Ovi tehnički (EEXI) i operativni (CII) zahtjevi usvojeni su u lipnju 2021. godine kao kratkoročna mjera u okviru Početnog okvira IMO-ove strategije za stakleničke plinove za provedbu prije 1. siječnja 2023. godine (IMO, 2023).

Prema EEXI okviru, svi postojeći brodovi od 400 GT i više moraju izračunati svoj postignuti Indeks postojeće energetske učinkovitosti broda (EEXI), a koji odražava tehničku učinkovitost broda. Brodovi zatim moraju dostići zahtijevani EEXI, a koji je ekvivalentan potrebnim razinama EEDI za 2022. godinu, čime dolazi do stvaranja jednakih uvjeta među flotom.

CII (engl. Carbon Intensity Indicator) je mjera za energetska učinkovitost broda i iskazuje se u gramima ispuštenog CO<sub>2</sub> po nosivosti tereta i nautičkoj milji. Prva godina postignute godišnje operativne CII verifikacije bit će 2024. za rad u kalendarskoj godini 2023. Plovila će, na temelju svojih performansi, dobiti ekološku ocjenu A (više bolja), B (manje bolja), C (umjerena), D (manje inferiorna) ili E (inferiorna razina izvedbe). Pragovi ocjenjivanja postat će sve stroži prema 2030. godini (DNV, 2023). U nastavku rada prikazan je tijek operativne CII verifikacije.

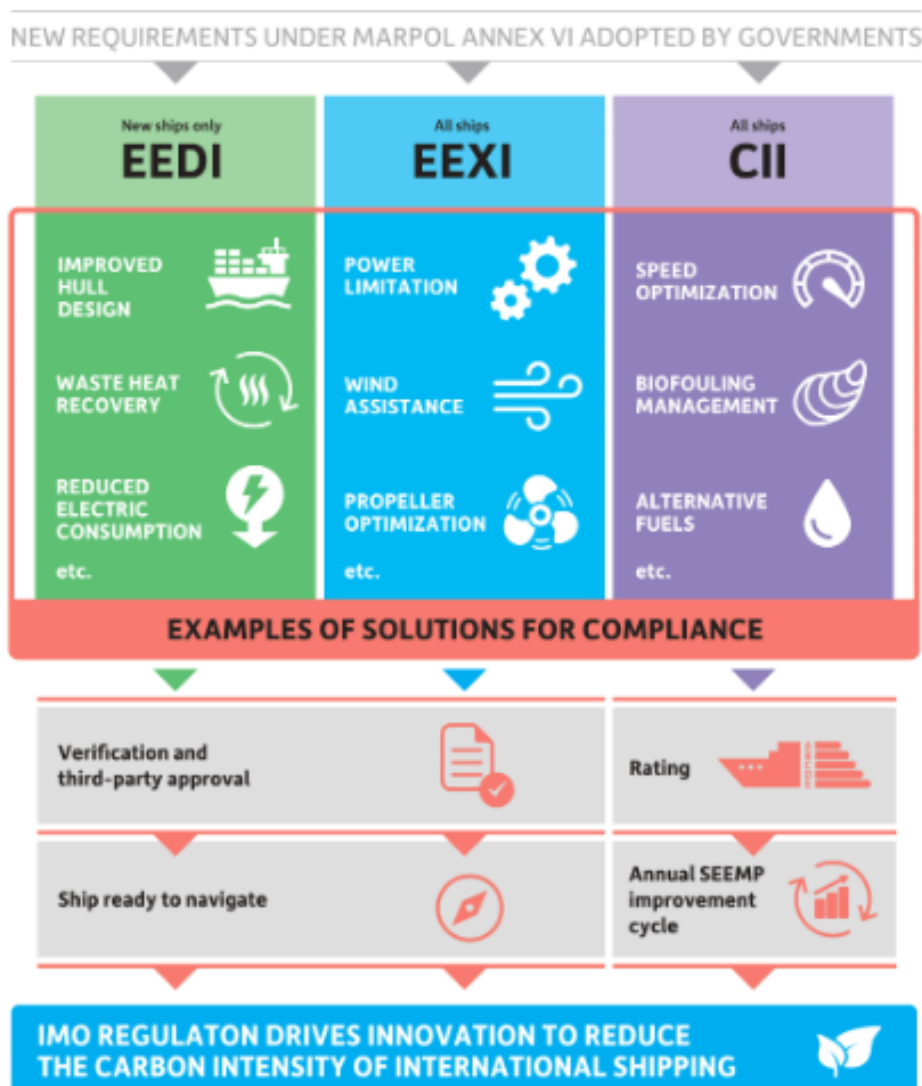


Slika 5. Tijek operativne CII verifikacije

Izvor: <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/CII-carbon-intensity-indicator/index.html> (01.08.2023.)

Ocjena Indikatora intenziteta ugljika (CII) odražava radnu energetska učinkovitost brodova, nadovezujući se na potrošnju loživog ulja iz IMO DCS-a i SEEMP-a kao alata za upravljanje. CII je obavezan za sve brodove od 5000 bruto tona i više. Ostvareni godišnji operativni CII mora se dokumentirati i verificirati u odnosu na zahtijevani godišnji operativni CII (IMO, 2023).

U nastavku rada prikazane su strategije IMO-a za redukciju GHG emisija (engl. *GHG-greenhouse gas*), tj. emisija stakleničkih plinova, s brodova.



Slika 6. Strategije IMO-a za redukciju GHG emisija

Izvor:

<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Improving%20the%20energy%20efficiency%20of%20ships.aspx> (29.07.2023.)

Kao poticaj za smanjenje intenziteta ugljika svih brodova za 40% do 2030. godine u usporedbi s osnovnom linijom iz 2008. godine, brodovi su dužni izračunati dvije ocjene: njihov postignut indeks energetske učinkovitosti postojećeg broda (EEXI) kako bi se odredila njihova energetska učinkovitost i njihov godišnji operativni intenzitet ugljika putem Pokazatelja (CII) i pridruženog CII rejtinga. Intenzitet ugljika povezuje emisije stakleničkih plinova s količinom tereta prevezenog na prijednom putu.

Izmjene i dopune Priloga VI MARPOL-a na snazi su od 1. studenog 2022. godine. Zahtjevi za EEXI i CII certifikaciju stupili su na snagu 1. siječnja 2023. godine. Navedeno znači da će prvo godišnje izvješćivanje biti dovršeno 2023. godine, a početne ocjene će biti dane tijekom 2024. godine (IMO, 2023).

Brod s ocjenom D tri uzastopne godine, ili E jednu godinu, morat će podnijeti korektivni akcijski plan da pokaže kako se postići traženi indeks C ili viši. Administracije, lučke vlasti i drugi dionici prema potrebi potiču se da daju poticaji brodovima koji dobiju ekološku ocjenu A ili B.

#### **4.4. FFT PROJEKT**

Buduća goriva i tehnologija za brodski projekt s niskom i nultom emisijom ugljika (FFT PROJECT) je partnerski projekt između Vlade Republike Koreje i IMO-a s ciljem podržavanja smanjenja emisija stakleničkih plinova iz međunarodnog broskog prometa promicanjem prihvaćanja budućih goriva i tehnologije. Navedeni projekt provodi Tajništvo IMO-a (Odjel za morski okoliš – MED).

Projekt ima za cilj podržati reviziju i provedbu početne strategije o smanjenju emisija stakleničkih plinova (GHG) s brodova (tzv. početna IMO strategija) i razvoj srednjoročnih mjera za smanjenje stakleničkih plinova pružanjem tehničke analize kao potporu relevantnih rasprava održanih u Odboru za zaštitu morskog okoliša (MEPC).

Projekt će se sastojati od tri glavna toka rada i to kako slijedi (IMO, 2023):

- provođenje studije i istraživanja radi utvrđivanja trenutnog stanja i projekcija u vezi s globalnim prihvaćanjem i širenjem pomorske tehnologije i goriva s niskom i nultom emisijom ugljika,
- utvrđivanje i podržavanje mogućih poticaja i regulatornih mehanizama, uključujući pitanja sigurnosti i obuke za promicanje prihvaćanja goriva i tehnologije s niskim i nultim udjelom ugljika, uključujući srednjoročne i dugoročne mjere smanjenja stakleničkih plinova te
- promicanje tehničke suradnje (npr. pilot projekti) i organiziranje raznih aktivnosti radi jačanja međusobnog razumijevanja i suradnje između razvijenih zemalja i zemalja u razvoju te globalne pomorske industrije.

Kao dio prve faze ovog projekta, Tajništvo IMO-a (MED) će provesti studiju o spremnosti i dostupnosti pomorske tehnologije i goriva s niskom i nultom emisijom ugljika te postaviti novu IMO-ovu web-stranicu posvećenu dijeljenju najnovijih činjenica o ovome području istraživanja.

#### **4.5. PLINOVI SUMPOROVIIH I DUŠIKOVIIH OKSIDA**

Unutar priloga VI. MARPOL konvencije nalaze se odredbe u svezi zagađenja zraka s brodova. Navedeno je kako najveće zagađenje stvaraju plinovi dušikovog oksida (NO<sub>x</sub>) i sumporovog dioksida (SO<sub>x</sub>). Ovi plinovi nastaju kao produkt izgaranja goriva. Smatra se kako su upravo navedeni plinovi najveći onečišćivači, a oni nastaju iz generatora pare ili iz dizelskih motora. Prilikom korištenja fosilnih goriva dolazi do ispuštanja štetnih plinova za koje se tvrdi da su uzročnici globalnog zagrijavanja te promjena u klimi.

#### **4.6. EMISIJE Klorofluorougljikovodika i Klorofluorougljika**

HCFC (klorofluorougljikovodici) i CFC (klorofluorougljici) spadaju pod ugljikovodike unutar čijeg sastava se nalazi klor, a koji se smatra iznimno štetnim te koji izravno vrši utjecaj na razrađivanje ozonskog omotača. Navedeni ugljikovodici se upotrebljavaju kao radna tvar u klima uređajima i raznim rashladnim uređajima te protupožarnim aparatima.

Ova dva plina zbog svog negativnog utjecaja na atmosferu uvrstavaju se u stakleničke plinove.

Unutar Montrealskog protokola navedeni su uvjeti prema kojima je bilo moguće kontrolirati proizvodnju štetnih tvari, no ipak se protekom vremena u cijelosti to trebalo ukloniti. Na području Republike Hrvatske do 2010. godine tvari iz skupine CFC trebale su se potpuno povući, dok od 2005. godine one više nisu bile niti moguće za kupnju ni servisiranje (Montrealski protokol o tvarima koje oštećuju ozonski sloj, 1988).

#### **4.7. ŠTETNE EMISIJE IZ HLAPLJIVIH ORGANSKIH SPOJEVA**

Hlapljivi organski spojevi (VOC – engl. Volatile Organic Compounds) smatraju se mješavinom propana, metana, butana te onih plinova koji su nastali tijekom isparavanja sirove nafte. Do njihovog nastanka dolazi zbog toga što sirova nafta za vrijeme iskrcaja, ukrcaja ili tijekom putovanja se ne nalazi uvijek u ravnotežnom odnosu s atmosferom u tanku gdje se nalazi teret. Kao posljedica takve neravnoteže dolazi do stvaranja VOC-a unutar tanka. Hlapljivi organski spojevi sastavljeni su lakih komponenti ili od ostalih komponenti, a obje imaju loš utjecaj na čovjeka. U efektu staklenika sudjeluju lakše komponente dok uz reakcije s NO<sub>x</sub>-om sudjeluju ostale komponente. Obje imaju štetno djelovanje na ozonski omotač. (Komar, Lalić, Dobrota, 2010).

Unutar Priloga VI. MARPOL konvencije uređen je nadzor ispuštanja hlapljivih organskih spojeva s tankera. Njegova baza leži u nastojanju da se kontroliraju i smanje emisije ispuštanja hlapljivih spojeva prilikom krcanja određene vrste tereta na tanker. On sadrži i upute na koji se način mogu invertirati tankovi te na koji ih je način sa sirovom naftom moguće oprati. Upravo se takvim postupcima mogu smanjiti štetne emisije.

#### **4.8. PLINOVI INCINERATORA**

Pod pojmom incineracije podrazumijeva se pretvorba tvari u pepeo putem spaljivanja. Na brodu je incineracija dozvoljena jedino u prostorima brodskih incineratora (tzv. spaljivača). Naime, potrebno je da brodski incineratori zadovolje uvjete koji su propisani u Prilogu IV. MARPOL konvencije. Smatra se kako plinovi iz incineratora prouzrokuju iznimno velike štete za ljude i okoliš.

Rad brodskog incineratora ili spaljivača zasnovan je na izgaranju otpada u ukupno dvije međusobno povezane komore. U prvoj komori se vrši grubo izgaranje otpada, a u drugoj komori se otpad pretvara u pepeo. U drugu komoru prelazi dim i unutar nje dolazi do izgaranja svih neizgorelih čestica iz dima (Jelić, Mage, 2013).

Ipak, za pojedine supstance postoji zabrana spaljivanja na brodovima, a ondje pripadaju sljedeće (Jelić, Mage, 2013):

- poliklorirani bifenili (PCB),
- rafinirani proizvodi nafte koji imaju halogene sastojke,
- smeće koje u sebi ima tragove teških metala i
- razni materijali za pakiranje koji su kontaminirani.

Nadalje, incineracija se dozvoljava samo za talog ulja te za fekalije na brodu. Međutim, postupak incineracije se ne smije vršiti na pristaništu ili u luci. Zabranjeno je spaljivati PVC, osim na brodovima koji posjeduju svjedodžbu IMO-a i koje imaju odobrenje za takav pothvat. Nadalje, svaki incinerator mora uz sebe imati upute za rad koje je proizvođač u obvezi dati. Osoba koja je nadležna za incineraciju mora proći edukaciju te biti osposobljena za rad sukladno uputama danim od pojedinog proizvođača.



**Slika 7. Brodski incinerator**

Izvor: DeteGasa group, 2022, Marine Incinerator, online: <https://detegasa.com/portfolio/marine-incinerator/>  
(29.06.2023.)

Potrebno je da se cijelo vrijeme vrši praćenje temperature plinova koji izgaraju. U komori temperatura izgaranja treba dostignuti 600°C u razmaku od od 5 minuta od potpale. Svaki brodski incinerator mora imati svjedodžbu koju izdaje IMO.

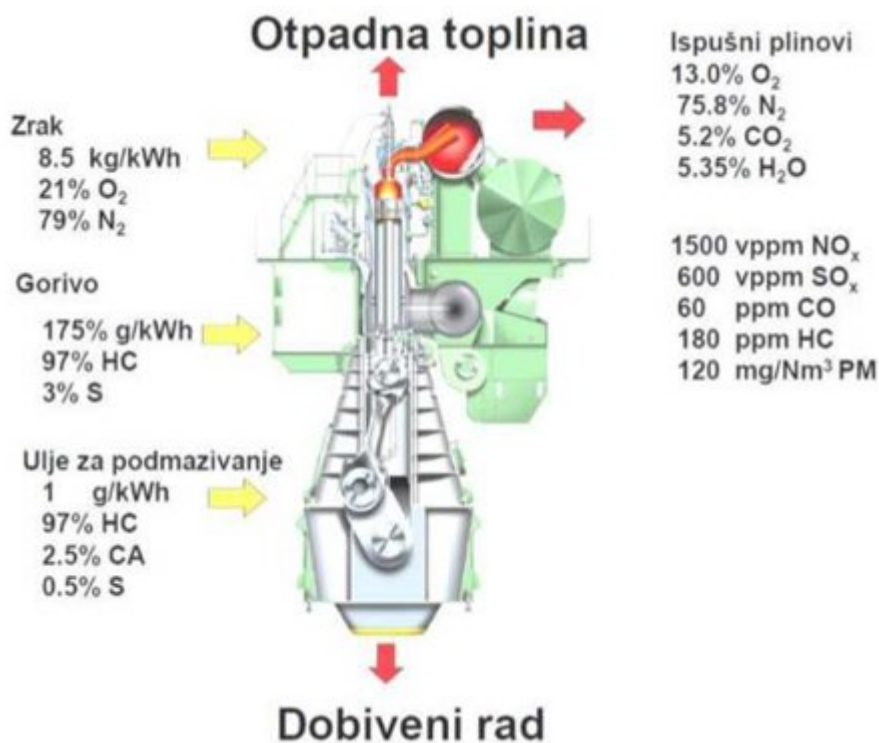


## 5. SPRJEČAVANJE ONEČIŠĆENJA ATMOSFERE S POMORSKIH BRODOVA

U ovom poglavlju rada opisat će se emisije ispušnih plinova i potom će se one zasebno navest i opisat. Zatim će se opisat recirkuliranje ispušnih plinova. U konačnici, opisat će se rad pročistača ispušnih plinova.

### 5.1. EMISIJE ISPUŠNIH PLINOVA

Bitnu ulogu tijekom određivanja sastava emisija ispušnih plinova ima i razina kvalitete goriva koje se koristi za rad. Nadalje, brzina okretaja motora smatra se jednim od najvažnijih sastavnica prilikom određenja količine dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>) kod emisije ispušnih plinova. U nastavku rada na slici 5. prikazan je uobičajen sastav emisije ispušnih plinova za dvotaktni sporookretan dizelski motor.



**Slika 8. Sastav emisije ispušnih plinova sporookretnog dvotaktnog dizelskog motora**

Izvor: Lalić, B., 2013, Optimiranje rada brodskog porivnog dizelskog motora u svrhu ispunjenja novih zahtjeva o ispušnim emisijama, Doktorski rad, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split

SOX emisija se stvara zbog udjela sumpora u gorivu, CO ovisi o temperaturi izgaranja te o količini zraka a do nastanka CO<sub>2</sub> dolazi tijekom postupka izgaranja. Slijedom navedenog, HC i čestice čađe su ovisne o mazivu i gorivu koje nije izgorjelo te o konstrukciji motora, dok je NOX ovisan o rubnim temperaturama izgaranja, duljini trajanja samog izgaranja te o udjelu kisika (Lalić, 2013).

### **5.1.1. UGLJIKOV DIOKSID**

Ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) predstavlja kemijski spoj koji u sebi ima dva atoma kisika koji su međusobno povezani s jednim atomom ugljika, a koji se u atmosferu može naći u količini od oko 0,039%. Nadalje, ugljikov dioksid smatra se jednim od osnovnih produkata prilikom izgaranja dizelskih motora. Polazni način za smanjenje emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) je putem smanjenja posebne potrošnje goriva (SFOC – engl. Specific Fuel Oil Consumption) ili putem povećanja toplinskog učinka.

Smatra se kako je najveća koncentracija ugljikovog dioksida stvorena prilikom stehiometrijskog izgaranja, tj. onda kada ukupno gorivo reagira u dodiru s kisikom iz zraka tijekom izgaranja. Stvarna koncentracija ugljikovog dioksida ovisi o nekoliko faktora, a koji su sljedeći (Lalić, 2013):

- relativan sadržaj ugljika (C),
- relativan sadržaj vodika (H) te
- ostalih gorivih tvari u pojedinom gorivu.

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) obvezala se smanjiti emisije u industriji za 50% do 2050. godine. Kako bi se reducirala emisija ugljikovog dioksida, navodi se nekoliko ključnih mjera koje valja poduzeti.

Optimizirano planiranje rute smatra se prvom komponentom smanjenja ugljika u pomorskoj industriji. Cilj je da se sigurno stigne u luku u traženom vremenu dolaska (RTA) bez trošenja goriva krećući se velikim brzinama. Uz pomoć digitalizacije i novih tehnologija (Machine Learning, umjetne inteligencije (engl. Artificial Intelligence), Big Data, Internet of Things – IoT i dr.) poduzeća imaju veliku količinu informacija koje im omogućuju odabir najboljih ruta kako bi uštedjele vrijeme i potrošnju goriva. Osim toga, vodi se i briga o

hidrometeorološkoj situaciji kako bi se izbjegli visoki valovi, oluje, jaka podvodna strujanja i dr. (Valentin, 2022).

Zatim se kao solucija za smanjenje ugljikovog dioksida spominje prijelaz na obnovljive i čišće izvore goriva. Početkom 2020. najveći dopušteni sadržaj sumpora u gorivu za bunkere smanjen je na 0,5% (s 3,5%) kako bi se smanjile emisije sumpora za 77% (tj. 8,5 milijuna tona godišnje). Goriva dobivena iz biomase također su razvijena kako bi se smanjile emisije ugljikovog dioksida i sumpora do 90%. Današnje brodarske tvrtke vraćaju se početnim rješenjima poput vjetroturbina za uštedu do 90% emisija ugljikovog dioksida.

Još jedan način za smanjenje emisija ugljikovog dioksida je putem učinkovitog lučkog poslovanja. Točno vrijeme dolaska (engl. ETA – Estimated Time of Arrival) omogućuje djelatnicima luke pripremu i izbjegavanje čekanja uoči pristanka broda. Digitalni alati omogućuju kontinuiranu i jednostavnu komunikaciju između posade broda i lučke uprave (Valentin, 2022).

Smanjenjem brzine putovanja isključivanjem motora radi uštede goriva doći će do smanjenja emisije ugljičnog dioksida. Međutim, nedostatak ovakvog načina plovidbe je dulje vrijeme putovanja s jedne lokacije na drugu.

Postoji više načina za smanjenje energije koju koristi brod poput isključivanja unutarnjih svjetla kada se ne koriste, korištenje halogenih žarulja, učinkovito korištenje brodske praonice odjeće, zaustavljanje pumpi (balast, pumpe bregaste osovine i dr.) kada nije potrebno itd. (Valentin, 2022).

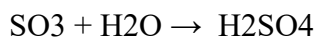
Za skladištenje energije, neke tvrtke poput Maerska u Danskoj, razvijaju rješenja s niskim udjelom ugljika, među kojima su baterije za smanjenje emisija. Za sada su postojeće baterije preteške i glomazne, a pogone samo male brodove na kratkim udaljenostima. Međutim, očekuje se da će u budućnost s daljnjim razvojem baterija one postati manje, lakše i povoljnije.

U pogledu postupanja Europske unije u svezi smanjenja emisije ugljika, Europski parlament je uključio i pomorski promet. Naime, zastupnici Europskog parlamenta žele da pomorski sektor smanji emisije stakleničkih plinova s brodova za 2% do 2025. godine, za 14,5% do

2035. godine te za 80% do 2050. godine. Smanjenja bi se trebala odnositi na brodove bruto tonaže veće od 5000, koji čine 90% emisija ugljikovog dioksida (European Parliament, 2023).

### 5.1.2. SUMPORNI OKSID

Sumporni oksidi (SO<sub>x</sub>) sastavljeni su od sumporovog monoksida (SO), sumporovog dioksida (SO<sub>2</sub>) i sumporovog trioksida (SO<sub>3</sub>). Oni sudjeluju u postupku izgaranja. Sumporov trioksid (SO<sub>3</sub>) ima značajan afinitet prema vodi. On na niskim temperaturama se spoji s vodom slijedom čega dolazi do nastanka sumporne kiseline (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (Lalić, 2013). Reakcija za navedeno glasi:



Sumporna kiselina (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) smatra se glavnim uzročnikom korozije u motorima brodova. Ona se zajedno s onečišćenjem okoliša smatra jednim od osnovnih razloga zbog koje je potrebna kontrola kod izgaranja sumpora.

Tijekom izgaranja goriva koje u sebi ima sumpor ili koji sadrži neki spoj sumpora, smatra se kako je dominantan produkt u postupku izgaranja upravo sumporov dioksid jer on u reakciji s kisikom stvara sumporov trioksid (SO<sub>3</sub>). Reakcija za navedeno glasi:



Postupak prijelaza sumporovog dioksida (SO<sub>2</sub>) u sumporov trioksid (SO<sub>3</sub>) ovisan je o pojedinim čimbenicima (Lalić, 2013):

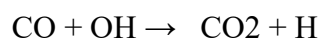
- višak kisika,
- katalitičke tvari te
- udio sumpora u gorivu.

Slojevi pepela i ostalih krutih čestica mogu povećati nastajanje sumporovog trioksida (SO<sub>3</sub>). Sumporov trioksid će nastati kao nusprodukt izgaranja. Do njegovog nastanka može doći kada se atomi kisika i sumpora spoje. On također može nastati kada se sumporov dioksid spoji s pola atoma kisika pa u dodiru s vodom unutar scrubber sustava se pretvori u pojedinu vrstu sumporne kiseline (Lalić, 2013).

### 5.1.3. UGLJIKOV MONOKSID

Ugljikov monoksid (CO) jest plin koji nema okus, boju ni miris. On nastaje tijekom nepotpunog izgaranja goriva prilikom čega oksidacija nije imala dovoljne koncentracije reaktanata ili dovoljno vremena kako bi se u cijelosti završio postupak izgaranja. Unutar dizelskih motora stvaranje ugljikovog monoksida (CO) određuje smjesa zraka koji se nalazi u cilindru te goriva.

Do nepotpunog izgaranja može doći ukoliko su kapljice goriva prevelike ili ukoliko se unutar cilindra odvio postupak slabog miješanja zraka i goriva. Tijekom izgaranja ugljikovodika dolazi do nastanka ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>), dok je osnovni međuprodukt ugljikov monoksid (CO). U daljnjim fazama izgaranja dolazi do oksidiranja ugljikovog monoksida (CO) u ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>). Ovaj postupak se u pravilu nastavlja kroz „mokri“ smjer jer hidroksid radikali (OH) omogućuju polaznu reakciju koja glasi (Lalić, 2013):



Potpuna pretvorba ugljikovog monoksida (CO) u ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) izravno je ovisna o tome je li dostupan kisik (O<sub>2</sub>). Kada je riječ o bogatim smjesama, tada će značajna količina ugljikovog monoksida (CO) ostati nepretvorena u CO<sub>2</sub> zbog nedovoljne razine kisika te niskih temperatura. S druge strane, kada je riječ o siromašnim smjesama, ugljikov monoksid (CO) će ostati nepretvoren zbog niskih temperatura i predugog trajanja pojedine kemijske reakcije.

Obzirom na činjenicu da se oksidacija ugljikovog monoksida (CO) bitno smanjuje kod temperatura izgaranja koje su manje od 1100 K, ističe se kako vrijedi općenito pravilo sukladno kojem je temperaturu izgaranja smjese potrebno održavati iznad prethodno spomenute razine uz izbjegavanje mjesta koja su hladna poput stapa, poklopca cilindra ili cilindarske košuljice (Lalić, 2013).

### 5.1.4. ČAĐA I UGLJIKOVODICI

Čestice čađe i ugljikovodici (HC) nastati će iz molekula goriva koje su se raspale ili su se izmijenile između spojeva. Također, čađa i ugljikovodici mogu nastati od ulja koji služi za podmazivanje. Za vrijeme trajanja zakašnjelog paljena smjese dolazi do formiranja

ugljikovodika kao posljedica previše bogate smjese zraka i goriva ili kao posljedica nedovoljno miješane smjese koja se nije mogla zapaliti i time poduprijet izgaranje (Lalić, 2013).

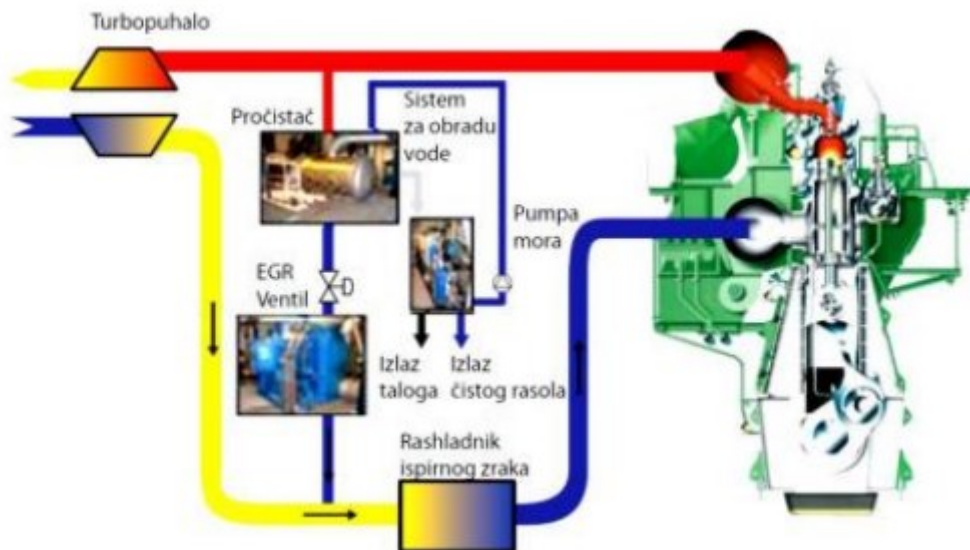
Ubrizgano gorivo poslije faze zakašnjelog paljenja smjese ulazi u fazu slabog miješanja goriva te produkta od pirolize sa zrakom slijedom čega nastaje previše bogata smjesa. Pod pirolizom se podrazumijeva endoterman postupak koji molekularnu strukturu goriva mijenja uz prisutnost visokih temperatura zbog čega dolazi do nastanka policikličkih aromatskih ugljikovodika – PAH.

Nadalje, putem gušenja procesa izgaranja dolazi do emisije ugljikovodika te nepotpunog izgaranja. Tijekom rada motora koji ima malo opterećenje uočava se znatna emisija ugljikovodika, a navedeno se uočava i prilikom naglog povećanja opterećenja uslijed previše bogate smjese radi tromosti turbopuhala (Lalić, 2013).

## **5.2. RECILKULIRANJE ISPUŠNIH PLINOVA**

Sustav recirkulacije ispušnih plinova (EGR – engl. Exhaust Gas Recirculation) podrazumijeva recirkulacije samo jednog dijela emisije ispušnih plinova. Nakon odstranjivanja čađe i sumpornih oksida, velika većina ispušnih plinova se potom miješa sa zrakom koji ima ulogu ispiranja.

Kako bi moglo doći do potpunog izgaranja treba sniziti koncentraciju kisika. Do smanjenja vršne temperature izgaranja dolazi onda kada se poveća toplinski kapacitet te kada se poveća masa smjese za ispiranje (Lloyd's Register, 2012). U nastavku rada biti će prikazan shematski prikaz sistema recirkulacija ispušnih plinova EGR.



**Slika 9. Shematski prikaz sistema recirkulacija ispušnih plinova EGR**

Izvor: Lloyd's Register, 2012, Understanding exhaust gas treatment systems, online:

[https://www.rtu.lv/writable/public\\_files/RTU\\_understanding\\_exhaust\\_gas\\_treatment\\_systems.pdf](https://www.rtu.lv/writable/public_files/RTU_understanding_exhaust_gas_treatment_systems.pdf)

(24.06.2023.)

### 5.3. PROČISTAČI ISPUŠNIH PLINOVA

Pod pročištačima ispušnih plinova podrazumijevamo mehanizme koji se upotrebljavaju u cilju sprječavanja odlaska štetnih čestica u atmosferu. Navedeni uređaji smatraju se primarnima kada je u pitanju kontroliranje ispuštanja štetnih tvari s fokusom na one tvari koje su uzročnici kiselih kiša (Lloyd's Register, 2012).

Osim navedenog, pročištači se koriste kako bi se povratila toplina. Smatra se kako produkti izgaranja imaju negativan utjecaj na okoliš. Upravo zbog toga ih pročištači neutraliziraju ili uklanjaju. Postoje dva osnovna tipa pročištača (Lloyd's Register, 2012):

- suhi pročištači koji se koriste suhim kemikalijama i
- mokri pročištači koji koriste vodu za pročišćavanje.

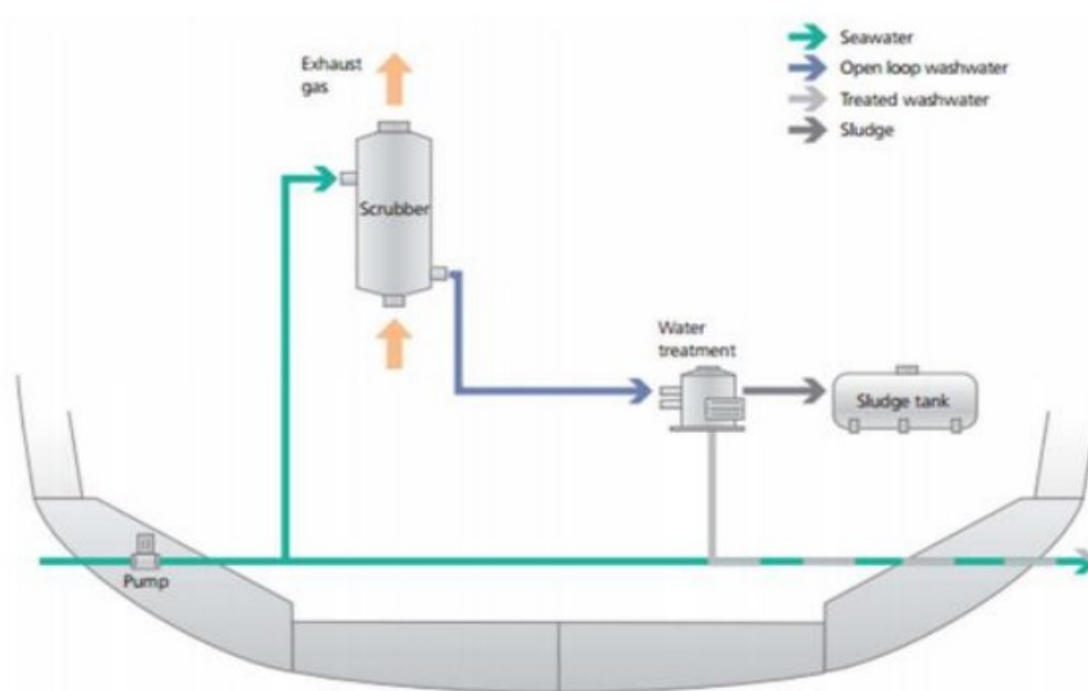
Nadalje, kod podjele mokrih pročištača podrazumijevaju se sljedeći sustavi:

- koji imaju otvorenu petlju i koji u pravilu koriste morsku vodu te oni
- koji imaju zatvorenu petlju i koji se koriste običnom vodom uz dodatno upotrebljavanje kemijskih tvari.

Osim navedenog, postoje i hibridni pročistači čiji mehanizam se koristi s obje prethodno navedene vrste petlja. Mokri pročistači se postavljaju visoko na brodu. Oni su izgrađeni od nekoliko komponenata. Smatra se kako su najbitnije jedinice pročistača sljedeće (Lloyd's Register, 2012):

- mehanizam koji je zadužen da odvoji mulj od vode za ispiranje i
- brojni senzori koji se zaduženi za praćenje rada tog mehanizma.

Slijedom navedenog, komponente pojedinog pročistača spajaju se cijevima. Također, kod mokrog pročistača koji ima otvorenu petlju more se pomoću pumpa provodi kroz pročistač te se potom vraća u more. U nastavku rada prikazan je mokri pročistač s otvorenom petljom.



**Slika 10. Mokri pročistač s otvorenom petljom**

Izvor: Lloyd's Register, 2012, Understanding exhaust gas treatment systems, online:

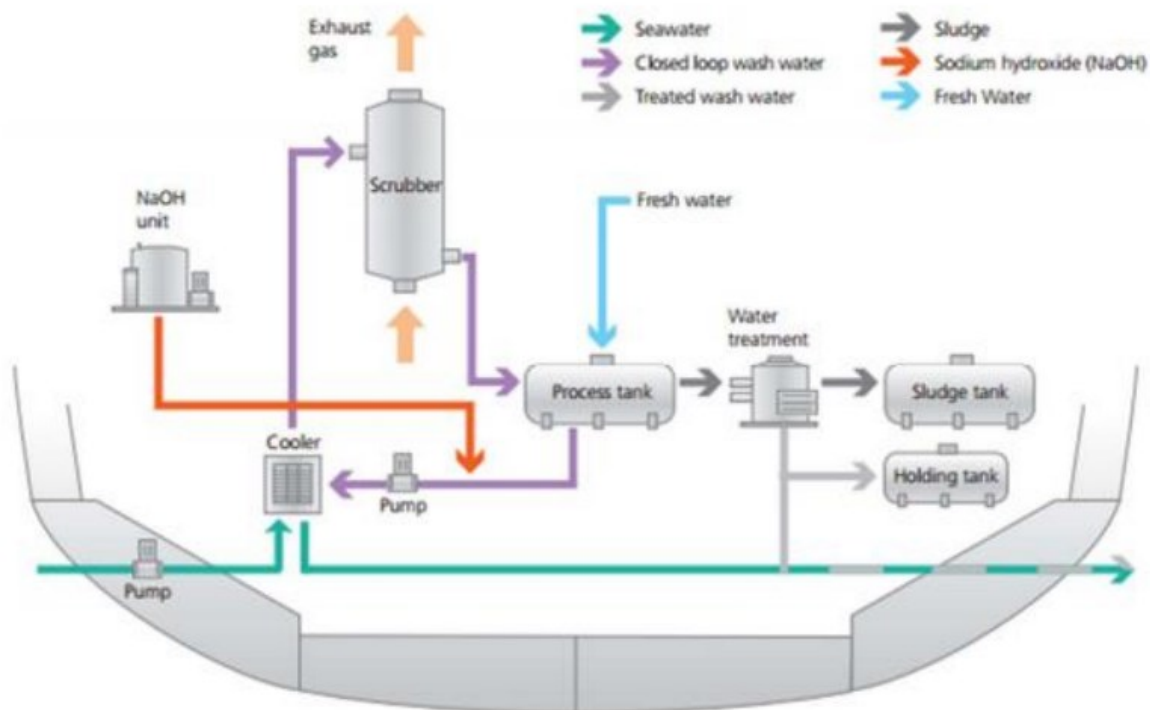
[https://www.rtu.lv/writable/public\\_files/RTU\\_understanding\\_exhaust\\_gas\\_treatment\\_systems.pdf](https://www.rtu.lv/writable/public_files/RTU_understanding_exhaust_gas_treatment_systems.pdf)

(24.06.2023.)

Umjesto da bude jednokratno upotrijebljena, voda koja služi za ispiranje će reciklirati kroz rezervoar gdje će se dogoditi izdvajanje štetnih tvari prije nego li se vrati u sistem. Navedeni sustav potrebno je neprestano nadzirati. Ukoliko se sustav ne nadzire može doći do



nastajanja natrijevog sulfata koji može uzrokovati postepeno degradiranje mehanizma vode za ispiranje (Lloyd's Register, 2012).



**Slika 11. Mokri pročištač s zatvorenim petljom**

Izvor: Lloyd's Register, 2012, Understanding exhaust gas treatment systems, online:

[https://www.rtu.lv/writable/public\\_files/RTU\\_understanding\\_exhaust\\_gas\\_treatment\\_systems.pdf](https://www.rtu.lv/writable/public_files/RTU_understanding_exhaust_gas_treatment_systems.pdf)

(24.06.2023.)

Smatra se kako hibridni mehanizmi imaju prednost zatvorenog sustava i otvorenog sustava. Kao najveća prednost zatvorenog sustava u odnosu na otvoreni sustav jest činjenica da se vodena lužnatost može povećati. Kao posljedica toga sustav ima bolju filtraciju te manje otpuštanje vode koja služi za ispiranje.

Nadalje, temeljna prednost otvorenog sustava u odnosu na zatvoreni sustav jest činjenica da se u ovom sustavu značajno manje upotrebljava natrijev hidroksid u sistemu filtracije. Time dolazi do smanjenja manipulacije, cijene filtracije, skladištenja te potrošnje svježije vode (Lloyd's Register, 2012).

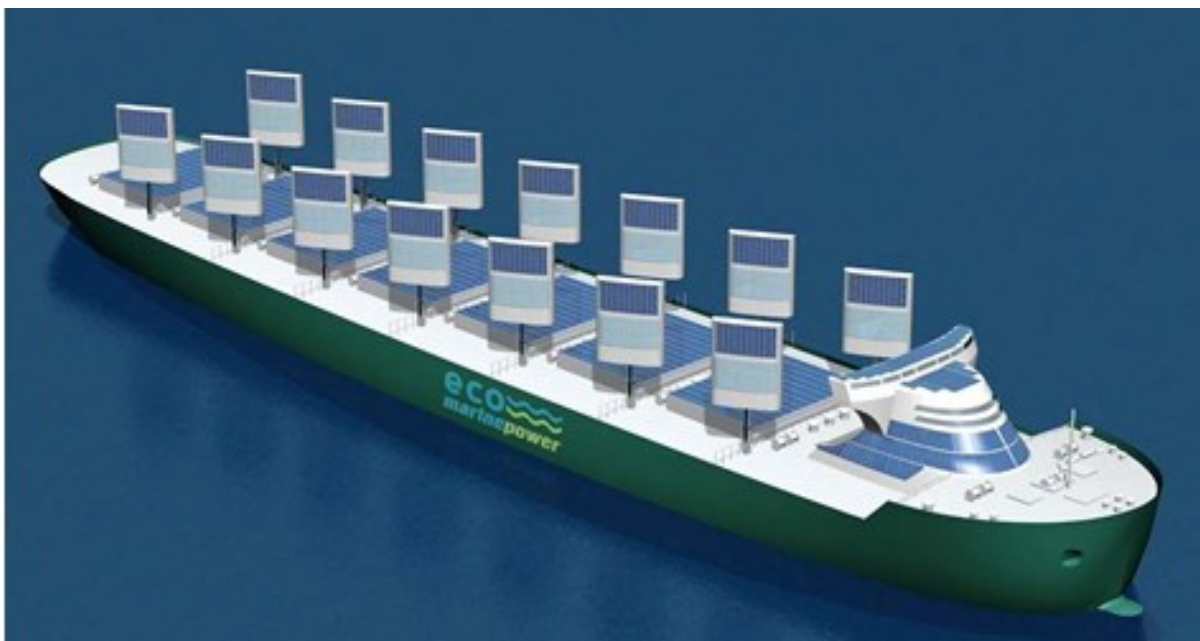
## 6. BUDUĆI BRODOVI

Smatra se kako je jedan od načina smanjenja onečišćenja mora i zraka razvijanje novih rješenja u tehnologiji brodarstva. Naime, u međunarodnom se prijevozu izbacuje više od 2% ukupne emisije ugljičnog dioksida u svijetu. Navedena količina jednaka je onoj koju izbacuju zrakoplovi.

Međunarodna federacija zaposlenih u transportu (ITF – engl. International Transport Workers' Federation) ističe kako bi potencijalno poboljšani dizajn brodova značajno smanjio potrošnju goriva te izgaranje štetnih emisija za oko 10-15% tijekom manje brzine pa sve do 25% prilikom većih brzina (ITF, 2023). Slijedom navedenog, postoje i neka druga rješenja koja bi mogla rezultirati smanjenjem utrošene energije i smanjenjem emisija, i to (Lalić, 2013):

- ugrađivanje pramčanih lukova sa utorima koji se nalaze ispod razine vode čime bi došlo do smanjenja utroška vode i smanjenja emisija za oko 2-7%,
- tehnika koja je poznata pod nazivom „podmazivanje putem zraka“, a koja je temeljena na upumpavanju stlačenog zraka ispod trupa broda, te se time stvara tepih od mjehurića slijedom čega dolazi do smanjenja emisija za oko 3%,
- mijenjanje jednog propelera sa dva rotirajuća propelera koji bi se vrtjeli u kontra smjerovima čime je moguće povećanje učinkovitosti od 8-15% te
- smanjenje trenja trupa te njegovo čišćenje koje bi emisije smanjilo do 5%.

U konačnici, smatra se kako novi oblik pogonskog goriva te poboljšani dizajn broja podrazumijeva projektiranje potpuno novih i drugačijih brodova. Slijedom navedenog, takav brod projektiralo je poduzeće Eco Marine Power. Brod se zove Aquarius Ecoship. Njega pokreću kruta jedra te solarne ploče (Eco Marine Power, 2022). U nastavku rada prikazan je brod Aquarius Ecoship.

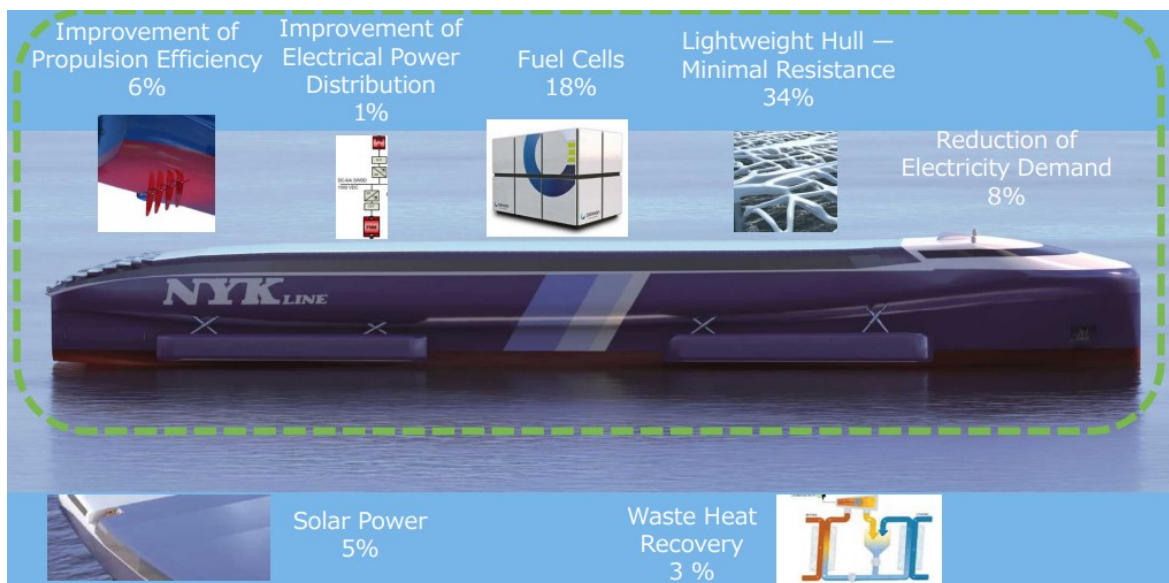


**Slika 12. Japanski tereni brod Aquarius Ecoship**

Izvor: Eco Marine Power, 2022, Aquarius Eco Ship, online: <https://www.ecomarinepower.com/en/aquarius-eco-ship> (21.06.2023.)

Ovakav bi mehanizam mogao služiti kao napajanje za kruzere, tankere te većinu trgovačkih brodova, iako ga je poprilično teško zamisliti kao kompletnu zamjenu za konvencionalna goriva, usprkos činjenici kako ovakvi brodovi imaju goleme baterije koje mogu pohraniti sunčevu energiju i energiju koju stvara vjetar. Razvitak ovih vrsta brodova najviše je napredovao u Japanu.

Slijedom navedenog, Japanska brodska linije NYK izradila je brod Super Eco Ship 2030 za kontejnerski prijevoz. Ovaj brod koristi ukapljeni prirodni plin (LNG) kako bi se kao gorivo mogao koristiti tekući vodik. Uz pomoć solarnih ploča koje se nalaze duž cijelog broda te s ukupno 4 000 četvornih metara jedra, može smanjiti štetne emisije za oko 70% (NYK Line, 2023). U nastavku rada prikazan je brod NYK Super Eco Ship 2030.



**Slika 13. NYK Super Eco Ship 2030**

Izvor; NYK Line, 2023, NYK Super Eco Ship 2030, online: <https://www.nyk.com/english/esg/envi/ecoship/> (22.06.2023.)

Za cjelokupno isključenje uobičajenih goriva pronalazi se primjer u skandinavskim brodskim linijama Walleniusa Wilhelmsa. Ova tvrtka posjeduje lagane teretne brodove koji su namijenjeni da vrše prijevoz do oko 10 000 automobila na ukupno osam paluba. Oni tvrde da digitalizacijom njihovih brodova mogu osigurati bolju transparentnost u načinu na koji posluju. Naime, prve indikacije iz prvih digitaliziranih plovila sugeriraju da ciljaju ka smanjenju emisija od 10-15% jednom kada se podaci koji se prenose na digitalne nadzorne krenu upotrebe za omogućavanje prediktivnog održavanja plovila (Wallenius Wilhelms, 2020).

Nadalje, dolazi do razvijanja raznih rješenja koja variraju, od biogoriva pa sve do ukapljenog prirodnog plina (LNG), solarnih panela, jedra ili nuklearnih reaktora. Ipak, rješenje se ne smatra jednoznačnim jer svaka pojedina tehnologija sadrži određene prednosti i nedostatke. Dok s jedne strane motori na električni pogon rade na pojedinim trajektima, s druge strane njihova težina i prostor koje zauzimaju njihovi akumulatori ne čini ih upotrebljivima na plovibama preko oceana do pronalaska rješenja za litij-ionske baterije.

Ipak, jedna od najvažnijih aktualnih inovacija jest pokretanje brodova na ukapljeni prirodni plinski pogon (LNG). Naime, diljem globalnog tržišta već su postojani brodovi koje pokreće LNG. Slijedom navedenog, nova generacija velikih putničkih brodova ukapljeni plin koji

mogu prevesti preko 7000 putnika uvedeni su od strane poduzeća MSC Cruises tijekom 2022. i 2023. godine.

Naime, MSC World Europa, prvi LNG brod koji se pridružio floti kruzera i koji će postati najveći brod za krstarenje na LNG pogon na svijetu, dovršio je svoj prvi set morskih ispitivanja u Atlantskom oceanu u lipnju 2022. godine. Također, odjel za krstarenja MSC Grupe održao je ceremoniju imenovanja svog drugog broda za krstarenje na ukapljeni prirodni plin (LNG) MSC Euribia u lipnju 2023. godine (Bahtić, 2023).



**Slika 14. LNG brod MSC Euribia**

Izvor; Bahtić, F., 2023, MSC Euribia, MSC Cruises' 2nd LNG-fueled cruise ship, christened, online:

<https://www.offshore-energy.biz/msc-euribia-msc-cruises-2nd-lng-fueled-cruise-ship-christened/>

(12.06.2023.)

## 7. ZAKLJUČAK

Uživanje u čistom moru, zraku, vodi, životinjskom i biljnom svijetu neke su od prednosti koje su sastavni dio života i okoliša čovjeka. Skladni način djelovanja prethodnih komponenti i održavanje stanja ravnoteže rezultiraju poboljšanjem kvalitete života na pojedinom području. Sve do druge polovine 20. stoljeća čistoća i zagađenost okoliša i prirode poprilično se olako shvaćala. Ipak, razvijanjem tehnologija i revolucijom industrije došlo je do značajnih utisaka na okoliš.

Tijekom sedamdesetih godina proteklog stoljeća došlo je do pojave prvih ekoloških katastrofa koje su vršile izravan utjecaj na okoliš. Osim toga, imale su utjecaj i na gospodarstvo, biološku raznolikost te ljudsko zdravlje. Dakle, smatra se kako ekološke katastrofe za sobom povlače dugoročne učinke.

Postepeni razvoj industrije brodova te pomorskog prometa rezultirao je i povećanjem onečišćenja koje dolaze s brodova. Pod time se podrazumijeva emisija plinova koja nastaje tijekom izgaranja goriva kao i svi drugi oblici onečišćenja koja mogu nastati namjernim ili slučajnim ispuštanjem biocida, otpadnih voda, štetnih plinova, smeća, topline i dr.

Protekom godina došlo je do razvijanja svijesti u svezi onečišćenja okoliša slijedom čega je došlo do nastanka brojnih pravila i zakonskih propisa. Tijekom druge polovine 20. stoljeća na snagu je stupila Konvencija MARPOL 73/78 koja je glavna međunarodna konvencija koja pokriva sprječavanje onečišćenja morskog okoliša od strane brodova iz slučajnih ili operativnih uzroka.

U kontekstu navedene konvencije postoje konkretne odredbe koje se tiču sprječavanja onečišćenja zraka s brodova sadržane su u Prilogu VI. U moderno vrijeme sve veća pozornost se pridaje ugrađivanju porivnih mehanizama u brodove.

Smanjenje emisije ugljikovog dioksida s brodova može se postići optimizacijom paniranja rute, prijelazom na obnovljive i čišće izvore goriva, učinkovitim lučkim poslovanjem, prihvaćanje tehnologije bakterija, uštedom energije na brodu i dr.

Postoji niz metoda putem kojih se teži ka smanjenju emisija štetnih plinova sa pomorskih brodova jer brodski dizelski sporookrentni motori sadrže najveće količine emisija. Ipak, primjenjivanjem modernih tehnologija za njihovo sprječavanje i obradu mogu se zadovoljiti aktualni ekološki propisi.

Međutim, potrebno je naglasiti kako se brodovi bave prijevozom iznimno velikih količina tereta te kada se ukupne emisije razdijele s količinom tereta koji je prevezen, ono u konačnici predstavlja najviše prihvatljiv način vršenja transporta, uz činjenicu da postoje dijelovi koje se još dodatno mogu poboljšati. Iako je ekološka svijest i zaštita okoliša u sve većem porastu, smatra se kako čovječanstvo ima iznimno daleku putanju u svojim nastojanjima da ostvari što manje onečišćenje planeta.

## LITERATURA

- [1] AMSA (Australian Maritime Safety Authority), 2022, *Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)*, online: <https://www.amsa.gov.au/marine-environment/air-pollution/ship-energy-efficiency-management-plan-seemp> (26.07.2023.)
- [2] Bahtić, F., 2023, *MSC Euribia, MSC Cruises' 2nd LNG-fueled cruise ship, christened*, online: <https://www.offshore-energy.biz/msc-euribia-msc-cruises-2nd-lng-fueled-cruise-ship-christened/> (12.06.2023.)
- [3] Bolf, N., 2019, *Mjerenje CO2 u atmosferi*, Mjerna i regulacijska tehnika, br. 68., vol. 5-6., str. 262-266., online: <https://hrcak.srce.hr/file/322451> (07.06.2023.)
- [4] Čož-Rakovac R., Hacmanjek M., i dr., 1995, *Kisele kiše – problem sadašnjice*, Ribarstvo, br. 53, vol. 1., str. 25-42.
- [5] Damjanović, I., 2016, *Kisele kiše*, online: <https://www.slideshare.net/Eva983/kisele-kie-60726265> (11.06.2023.)
- [6] Dasenčić Eterović, S., 2022, *Ekologija*, online: [http://www.os-supetar.skole.hr/me\\_unarodna\\_godina\\_odr\\_ive\\_energije/eko\\_znanje/ekologija?news\\_id=704](http://www.os-supetar.skole.hr/me_unarodna_godina_odr_ive_energije/eko_znanje/ekologija?news_id=704) (12.06.2023.)
- [7] Denchak, M., 2023, *Greenhouse Effect 101*, NRDC, online: <https://www.nrdc.org/stories/greenhouse-effect-101#whatis> (10.08.2023.)
- [8] DeteGasa group, 2022, *Marine Incinerator*, online: <https://detegasa.com/portfolio/marine-incinerator/> (29.06.2023.)
- [9] DNV, 2023, *The CII in a nutshell*, online: <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/CII-carbon-intensity-indicator/index.html> (01.08.2023.)
- [10] Eco Marine Power, 2022, *Aquarius Eco Ship*, online: <https://www.ecomarinepower.com/en/aquarius-eco-ship> (21.06.2023.)
- [11] European Commission, 2021, *Basic Search on LIFE Public Database*, online: <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=Kapprekorubacase.pdf> (02.06.2023.)
- [12] European Parliament, 2019, *8th Environmental Action Programme (2021-2030)*, online: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-new-environmental-action-programme> (14.06.2023.)



- [13] European Parliament, 2023, *Reducing carbon emissions: EU targets and policies*, online:  
[https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180305STO99003/reducing-carbon-emissions-eu-targets-and-policies?&at\\_campaign=20234-Green&at\\_medium=Google Ads&at\\_platform=Search&at\\_creation=RSA&at\\_goal=TR\\_G&at\\_audience=reducing%20co2&at\\_topic=Carbon Emission&at\\_location=ES&gclid=Cj0KCQjwuZGnBhD1ARIsACxbAVghCIhrxGSDEgoIW62EC8YFazZEYk8bjbv1BBm\\_K51jQ\\_jr4G1JDHlaApJrEALw\\_wcB](https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180305STO99003/reducing-carbon-emissions-eu-targets-and-policies?&at_campaign=20234-Green&at_medium=Google Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=reducing%20co2&at_topic=Carbon Emission&at_location=ES&gclid=Cj0KCQjwuZGnBhD1ARIsACxbAVghCIhrxGSDEgoIW62EC8YFazZEYk8bjbv1BBm_K51jQ_jr4G1JDHlaApJrEALw_wcB) (22.08.2023.)
- [14] Europska agencija za okoliš, 2021, *Kontekst politike*, online:  
<https://www.eea.europa.eu/hr/themes/air/kontekst-politike> (15.06.2023.)
- [15] IMO, 2023, *EEXI and CII - ship carbon intensity and rating system*, online:  
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/EEXI-CII-FAQ.aspx> (26.07.2023.)
- [16] IMO, 2023, *Future Fuels and Technology*, online:  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Future-Fuels-And-Technology.aspx> (28.07.2023.)
- [17] IMO, 2023, *Improving the energy efficiency of ships*, online:  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Improving%20the%20energy%20efficiency%20of%20ships.aspx> (29.07.2023.)
- [18] IMO, 2023, *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*, online:  
[https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx) (29.06.2023.)
- [19] Jelić, M., Mage, D., 2013, *Ekološki sustavi na velikim putničkim brodovima*, Časopis "Naše more", vol. 60, br. 5-6.
- [20] Komar, I., Lalić, B., Dobrota Đ., 2010, *Sprječavanje onečišćenja zraka emisijom lakohlapljivih organskih spojeva s tankera za prijevoz sirove nafte*, Časopis "Naše more", vol. 57., br. 3-4.
- [21] Lalić, B., 2013, *Optimiranje rada brodskog porivnog dizelskog motora u svrhu ispunjenja novih zahtjeva o ispušnim emisijama*, Doktorski rad, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split
- [22] Lloyd's Register, 2012, *Understanding exhaust gas treatment systems*, online:  
[https://www.rtu.lv/writable/public\\_files/RTU\\_understanding\\_exhaust\\_gas\\_treatment\\_systems.pdf](https://www.rtu.lv/writable/public_files/RTU_understanding_exhaust_gas_treatment_systems.pdf) (24.06.2023.)

- [23] Luka Ploče, 2023, *Sipki tereti*, online: <https://www.luka-ploce.hr/terminali-i-usluge/terminali/sipki-tereti/> (23.06.2023.)
- [24] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2022, *Zaštita ozonskog omotala i očuvanje prirode*, online: [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/NASLOVNE%20FOTOGRAFIJE%20I%20KORI%C5%A0TENI%20LOGOTIPOVI/doc/zastita\\_ozonskog\\_omotaca\\_i\\_klimatske\\_promjene.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/NASLOVNE%20FOTOGRAFIJE%20I%20KORI%C5%A0TENI%20LOGOTIPOVI/doc/zastita_ozonskog_omotaca_i_klimatske_promjene.pdf) (08.06.2023.)
- [25] *Montrealski protokol o tvarima koje oštećuju ozonski sloj*, 1988, online: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:21988A1031\(02\)&from=GA](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:21988A1031(02)&from=GA) (30.06.2023.)
- [26] Glavač V., 2001, *Uvod u globalnu ekologiju*, Zagreb
- [27] Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 2017, *Međunarodni dan zaštite ozonskog omotača*, online: <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/svjetski-dan-zastite-ozonskog-omotaca/> (15.06.2023.)
- [28] ITF, 2023, *Our Achievements*, online: <https://www.itfglobal.org/en/about-us/our-achievements> (18.06.2023.)
- [29] Lončarić-Horvat O., Cvitanović L., 2003, *Pravo okoliša*, Zagreb
- [30] Lopac Groš, A., Meštrović, O., Čaleta, M., 2021, *Atmosfera i sastav zraka*, online: [https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcd821-ae3-4a77-8766-9c5d66c6b05a/m\\_3/j\\_1.html](https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcd821-ae3-4a77-8766-9c5d66c6b05a/m_3/j_1.html) (07.06.2023.)
- [31] OCEANA, 2023, *Shipping Pollution*, online: <https://europe.oceana.org/shipping-pollution-1/> (10.08.2023.)
- [32] *Osnovni zakon o zaštiti zraka i zagađivanja*, 1965, Službeni list XXI, br. 30., Beograd, online: <https://hrcak.srce.hr/file/264070> (11.06.2023.)
- [33] Petrović, M., 2005, *Spriječavanje onečišćenja mora s brodova s ciljem očuvanja čovjekovog okoliša*, Pomorstvo, god. 19., str. 321-324.
- [34] Seršić, M., 2003, *Međunarodnopravna zaštita morskog okoliša*, Pravni fakultet sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
- [35] Šarić, A., 2022, *Zabilježena je najviša razina koncentracije ugljikovog dioksida u ljudskoj povijesti*, online: <https://green.hr/zabiljezana-je-najvisa-razina-koncentracije-ugljikovog-dioksida-u-ljudskoj-povijesti/> (02.06.2023.)
- [36] *Ustav Republike Hrvatske*, Narodne novine, br. 56/90, 135/97, 08/98, 113/00, 124/00, 28/01, 41/01, 55/01, 76/10, 85/10, 05/14.

- [37] Valentin, L, 2022, *Different Ways to Reduce CO2 Emissions from Sea Freight*, online: <https://sinay.ai/en/different-ways-to-reduce-co2-emissions-from-sea-freight/> (22.08.2023.)
- [38] *Zakon o klimatskim promjenama i zaštiti ozonskog sloja*, Narodne novine, br. 127/19.
- [39] *Zakon o zaštiti okoliša*, Narodne novine, br. 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18.
- [40] *Zakon o zaštiti zraka*, Narodne novine, br. 127/19, 57/22.
- [41] Wallenius Wilhelms, 2020, *Vessels of the future: How technology is transforming our fleet*, online: <https://www.walleniuswilhelmsen.com/insights/vessels-of-the-future-how-technology-is-transforming-our-fleet> (22.06.2023.)

## KAZALO KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
7 EAP	7th Environment Action Programme	Sedmi program djelovanja na okoliš
8 EAP	8th Environment Action Programme	Osmi program djelovanja na okoliš
CFC		Klorofluorougļjici
CII	Carbon Intensity Indicator	Indikator intenziteta ugljika
EEDI	Energy Efficiency Design Index	Indeks projektiranja energetske učinkovitosti
EEOI	Energy Efficiency Operational Indicator	Operativni pokazatelj energetske učinkovitosti
EEXI	Energy Efficiency Existing Ship Index	Indeks energetske učinkovitosti postojećeg broda
EGR	Exhaust Gas Recirculation	Sustav recirkulacije ispuših plinova
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme	Europski program praćenja i evaluacije
FFT Project	Future fuels and technology for low-carbon and zero-carbon shipping project	Buduća goriva i tehnologija za brodski projekt s niskom i nultom emisijom ugljika
GHG	Greenhouse gas	Emisije stakleničkih plinova
GV		Granične vrijednosti
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Sumporna kiselina
HC		Ugljikovodici
HCFC		Klorofluorougļjikovodici
IEA	International Energy Agency	Međunarodna organizacija za energiju
IMO	International Maritime Organization	Međunarodna pomorska organizacija
ITF	International Transport Workers' Federation	Međunarodna federacija zaposlenih u transportu
LNG	Liquefied Natural Gas	Ukapljeni prirodni plin

LRTRAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution	Konvencija o dalekosežnom i prekograničnom onečišćenju zraka na velikim udaljenostima
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships	Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova
MED	Marine Environment Division	Odjel za morski okoliš
MEPC	Marine Environment Protection Committee	Odbor za zaštitu morskog okoliša
NN		Narodne novine
NO <sub>x</sub>		Dušikov oksida
ODM	Oil discharge monitoring and control system	Sustav nadzora prilikom ispuštanja ulja
PAH		Policiklički aromatski ugljikovodici
PCB		Poliklorirani bifenili
Ppm	Parts per milion	
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan	Plan upravljanja energetske učinkovitosti brodova
SFOC	Specific Fuel Oil Consumption	Posebna potrošnja goriva
SO <sub>x</sub>		Sumporov dioksida
TBT		Tri-butil kositar
UNEP	United Nations Environment Programme	Program Ujedinjenih naroda za okoliš
VOC	Volatile Organic Compounds	Hlapljivi organski spojevi

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Udjeli raznih plinova u zraku, str. 10.

Slika 2. Efekt staklenika, str. 14.

Slika 3. Nastanak kiselih kiša, str. 16.

Slika 4. Tipovi onečišćenja s brodova, str. 21.

Slika 5. Tijek operativne CII verifikacije, str. 25.

Slika 6. Strategije IMO-a za redukciju GHG emisija, str. 26.

Slika 7. Brodski incinerator, str. 30.

Slika 8. Sastav emisije ispušnih plinova sporookretnog dvotaktnog dizelskog motora, str. 32.

Slika 9. Shematski prikaz sistema recirkulacija ispušnih plinova EGR, str. 38.

Slika 10. Mokri pročištač s otvorenom petljom, str. 39.

Slika 11. Mokri pročištač s zatvorenom petljom, str. 40.

Slika 12. Japanski tereni brod Aquarius Ecoship, str. 42.

Slika 13. NYK Super Eco Ship 2030, str. 43.

Slika 14. LNG brod MSC Euribia, str. 44.