

# Utjecaj emisija s plovnih objekata na onečišćenje atmosfere

---

**Grgurić, Branimir**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:510529>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-21**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Preddiplomski sveučilišni studij brodogradnje

Završni rad

**UTJECAJ EMISIJA S PLOVNIH OBJEKATA NA  
ONEČIŠĆENJE ATMOSFERE**

**THE IMPACT OF EMISSIONS FROM SHIPS ON THE  
ATMOSPHERE**

Mentor: Doc. Dr. Sc. Dunja Legović

Rijeka, 2022.

Branimir Grgurić  
0069074922

Originalni zadatak

## **Izjava**

Izjavljujem da sam samostalno izradio završni rad prema zadatku preuzetom 15.ožujka 2021 godine, sukladno pravilniku o pisanju završnog rada Tehničkog fakulteta u Rijeci.

---

**Branimir Grgurić**

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. STAKLENIČKI PLINOVI I UTJECAJ NA ATMOSFERU</b> .....	2
<b>2.1. Prirodni proces efekta staklenika</b> .....	2
<b>2.2. Utjecaj čovjeka na efekt staklenika</b> .....	4
<b>3. EMISIJE PLINOVA U PROMETU</b> .....	5
<b>3.1. Emisija štetnih plinova cestovnog i zračnog prometa</b> .....	5
<b>3.2. Pomorski promet</b> .....	7
<b>4. SUSTAVI I METODE ZA PRAĆENJE I MJERENJE EMISIJE PLINOVA KOD PLOVNIH OBJEKATA</b> .....	10
<b>4.1 Projektni indeks energetske učinkovitosti (EEDI) i međunarodni certifikat energetske učinkovitosti (IEEC)</b> .....	10
<b>4.1.1 Postignuti EEDI</b> .....	14
<b>4.1.2 Međunarodni certifikat energetske učinkovitosti (IEEC)</b> .....	17
<b>4.2 Uređaji za mjerenje ispušnih plinova</b> .....	18
<b>5. SUSTAVI I RJEŠENJA ZA SMANJENJE ISPUŠNIH PLINOVA</b> .....	20
<b>5.1 Sustavi za čišćenje ispušnih plinova (scrubberi)</b> .....	20
5.1.1 Princip rada scrubber uređaja .....	21
<b>5.2 Korekcija forme broda</b> .....	23
<b>5.3 Korištenje obnovljivih izvora energije</b> .....	23
5.3.1 Pogoni na snagu vjetra.....	24
5.3.2 Pogoni na sunčevu energiju .....	25
<b>5.4 Povećanje efikasnosti brodskog vijka</b> .....	26
5.4.1 "Propulsion improving devices" (PIDS) .....	26
<b>5.5 Optimizacije mase čelika i korištenje lakših metala</b> .....	28
<b>5.6 Smanjenje i ušteda goriva broda u službi</b> .....	29
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	30
<b>POPIS LITERATURE:</b> .....	31
<b>POPIS SLIKA:</b> .....	32
<b>POPIS TABLICA:</b> .....	33
<b>POPIS OZNAKA:</b> .....	33
<b>SAŽETAK</b> .....	35
<b>SUMMARY</b> .....	35

## 1. UVOD

Od samog početka civilizacije, čovjek je bio prisiljen živjeti u skladu sa prirodom i nerijetko se događalo da bi remećenjem toga balansa izazvao reakcije na koje je više ili manje mogao utjecati. Razvijanjem i evolucijom kroz stoljeća došli smo do stadija kada nam je tehnologija toliko napredovala da možemo pratiti i naslutiti puno pozitivnih i negativnih pojava oko nas. Globalizacijom i povezivanjem pomorski promet je postao najvažniji oblik prometa i trgovine na svijetu, čak 90% svjetske trgovine obavlja se ovim oblikom. Zbog tih potreba brodovi su postajali sve veći i bivalo ih je više, te se smatra da je trenutno 55000 trgovačkih brodova trenutno u morima diljem svijeta. Porastom broja plovila neminovno je rasla i emisija plinova u atmosferu, što je posebno vidljivo zadnjih tridesetak godina te kao posljedicu imamo učinak stakleničkih plinova i oštećenja ozonskog omotača. Desetak godina unazad došlo je do velikih postrožavanja zakona svuda pa tako i u pomorstvu. Uvedene su velike novčane kazne, češće i strože inspekcije, uvedeni su novi propisi za ugradnju raznih uređaja i sustava, a sve to kako bi se smanjila emisija štetnih plinova u atmosferu.

## 2. STAKLENIČKI PLINOVI I UTJECAJ NA ATMOSFERU

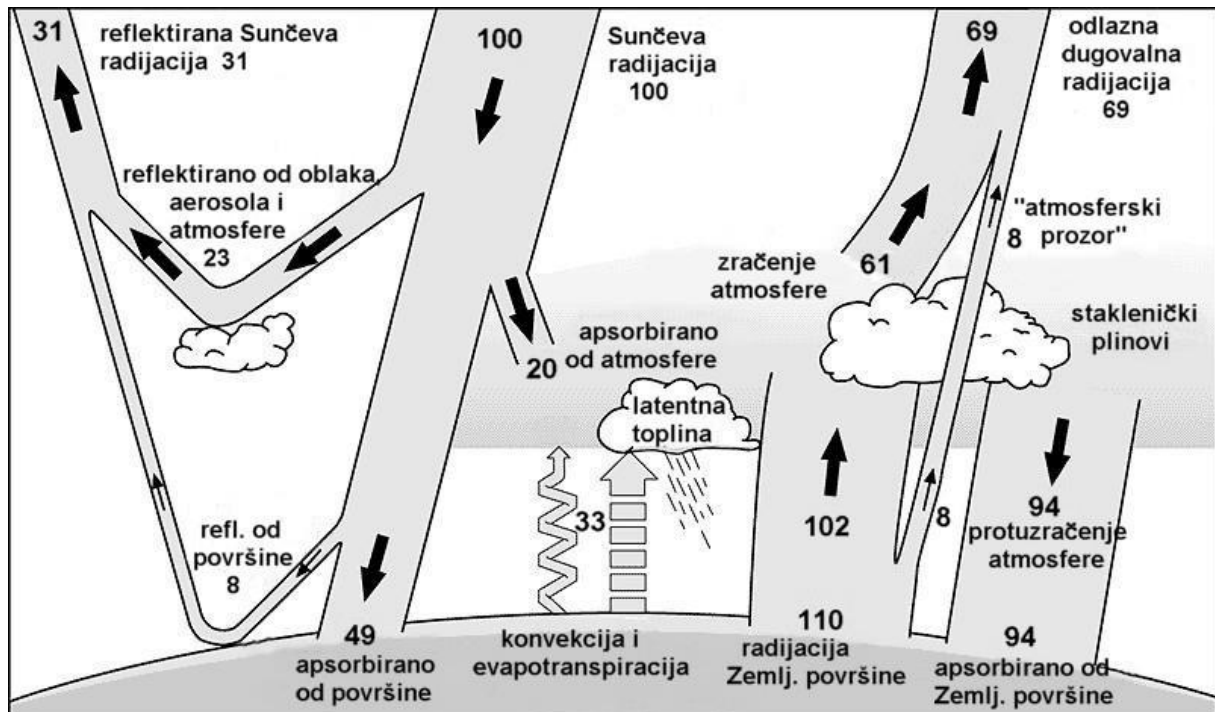
Mišljenje klimatologa je da povećanje atmosferske koncentracije, ugljičnog dioksida i stakleničkih plinova oslobođenih ljudskim aktivnostima, poput sagorijevanja fosilnih goriva i krčenja šuma, zagrijavaju Zemlju. Mehanizam općenito poznat kao "efekt staklenika" čini Zemlju nastanjivom. Bez njega bi na Zemlji temperatura bila  $-73\text{ C}$ . Joseph Fourier francuski matematičar i fizičar bio je prvi koji je došao do zaključka da je Zemlja s obzirom na svoju veličinu znatno toplija nego što bi bila da toplina dolazi samo od Sunca te je zaključio da toplina na Zemlji uvelike ovisi o plinovima u atmosferi. To je sve eksperimentalno je potvrdio John Tyndall 1861., a kvantificirao Svante Arrhenius 1896. godine kada je objavio članak o učincima antropogenih emisija stakleničkih plinova iz proizvodnje energije i potrošnje energije[1].

Ovi plinovi u atmosferi djeluju poput stakla staklenika, propuštajući sunčevu svjetlost i sprječavajući izlazak topline. No ljudske su aktivnosti promijenile kemijski sastav atmosfere nakupljanjem stakleničkih plinova prvenstveno ugljičnog dioksida, metana i dušikovog oksida. Porast temperature okoliša i promjene u srodnim procesima izravno su povezane s povećanjem emisija stakleničkih plinova (GHG).

**GHG** - *Greenhouse gases* ili staklenički plinovi složeni su plinovi koji zadržavaju toplinu ili dugovalno zračenje u atmosferu[2].

### 2.1. Prirodni proces efekta staklenika

Zemlja svu svoju toplinu dobiva od Sunca u vidu radijacija tj 100 jedinica. Sunčeva radijacija prema zemlji je kratkovalna. 49 jedinica odlazi do zemljine površine u kojoj ona apsorbira 43 jedinice te ona sama počinje odašiljati radijaciju. U atmosferi se razgrađuje 18 jedinica. Zemlja emitira dugovalnu radijaciju te ona iznosi 116 jedinica te njoj treba dodati svu ostalu radijaciju koja pomaže pri zagrijavanju atmosfere. Tako zagrijana atmosfera koja zrači dugovalnu radijaciju, ima 151 jedinicu. Na protuzračenje atmosfere troši se 96 jedinica dok njih 55 odlazi u svemir. Dugovalnu radijaciju staklenički plinovi apsorbiraju i ponovo emitiraju dok kratkovalne radijacije propuštaju[2].



Slika 1. Radijacija i energetska bilanca sistema Zemljine površine i atmosfere[3]

Za efekt staklenika veoma su važni staklenički plinovi koji odražavaju zemljino zračenje natrag prema zemljinoj površini. Vodena para ( $H_2O$ ) je najvažniji staklenički plin te je otprilike 60% do 70% efekta staklenika posljedica vodene pare. Također, tu su ugljikov dioksid ( $CO_2$ ) koji čini 25% efekta staklenika, 5% metan, 2% dušikov oksid i 1% freon. Ostali plinovi čine manje od 1% efekta staklenika. U ovom opisanom zračenju veliku ulogu ima kondenzacija i evaporacija one ujednačavaju razliku s obzirom da zemlja ima "višak" topline a atmosfera "manjak". Latentna toplina veže se za vodenu paru koja isparava dok se kondenzacijom u atmosferi toplina oslobađa.

Vrlo važnu ulogu u efektu staklenika imaju oblaci. Njihovu ulogu treba razlikovati od uloge vodene pare. Oblaci se sastoje od kapljica vode i čestica leda. Oni sa svoje gornje površine reflektiraju kratkovalnu Sunčevu radijaciju, dok s druge strane s donje površine apsorbiraju Zemljinu infracrvenu radijaciju i emitiraju radijaciju prema površini Zemlje. Ta radijacija ponovo sudjeluje u zagrijavanju Zemlje. Tako oblaci pojačavaju efekt staklenika. Utjecaj naoblake na kretanje dnevne temperature dobro je poznat. Oblaci više energije reflektiraju u svemir nego što u sklopu protuzračenja atmosfere reflektiraju na površinu. Zato oblaci imaju ukupni ohlađujući efekt.



## 2.2. Utjecaj čovjeka na efekt staklenika

Klimatske promjene uzrokovane utjecajem čovjeka na zemlju i atmosferu u zadnjih dva desetljeća tema su medija, znanstvenika, političara i sl. Drugom polovicom 18. st. povećalo se korištenje ugljena potaknuto izumom parnoga stroja i I. industrijskom revolucijom u 19. st. te je čovjek počeo značajnije utjecati na Zemlju u cjelini, a time i na sastav atmosfere. S godinama se povećala koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi što dovodi do dodatnog zadržavanja topline u atmosferi. Posljedica toga je porast srednjih temperatura na zemlji što dovodi do dugih suša, toplih zima i velikih ljetnih vrućina. Glavni razlog povećanja stakleničkih plinova u atmosferi je korištenje fosilnih goriva u prometu i proizvodnji energije. Na slici se nalazi udio koncentracije stakleničkih plinova u zemljinoj atmosferi.

*Tablica 1. Staklenički plinovi i njihove karakteristike vezane uz efekt staklenika[5]*

Staklenički plin	Kemijska Formula	Koncentracija prije industrijske revolucije	Konc. nakon ind. revolucije	Godine života u atmosferi	Glavni izvori	Relativni staklenički potencijal
Ugljični dioksid	CO <sub>2</sub>	280	350 ppmv	50-200	Fosilna goriva (sječa šuma)	1
Metan	CH <sub>4</sub>	700	1720 ppmv	12-17	Fosilna goriva (Rižina polja)	21
Didušik oksid	N <sub>2</sub> O	275	312 ppmv	120-150	Gnojenje ind. procesima	310
CFC	CFC <sub>12</sub>	0	503 pptv	102	Tek rashladna sredstva pjene	125-152
HCFC	HCCFC-22	0	105 pptv	13	Tek. rashladna sredstva	125
Perfluoro ugljik	CF <sub>4</sub>	0	110 pptv	50000	Proizvodnja aluminija	6500
Sumpor heksafluroid	SF <sub>6</sub>	0	72 pptv	1000	Proizvodnja magnezija	23900

ppmv – dijelovi na milijun u volumenu

ppmt – dijelovi na milijun u tekućini

U tablici 1. su prikazane današnje koncentracije spojeva i koncentracije spojeva iz vremena I. Industrijske revolucije. Ugljični dioksid, Metan i Didošik oksid navedeni su na slici kao prirodni sastojci atmosfere dok su ostali navedeni zbog korištenja u tehnici. Može se uočiti porast u koncentraciji svih spojeva u odnosu na predindustrijsko razdoblje. Također, može se uočiti kako npr. ugljičnom dioksidu treba od 50- 200 godina da se razgradi što znači da se on skladišti u atmosferi te to dovodi do povećanja njegove koncentracije[6].

### **3.EMISIJE PLINOVA U PROMETU**

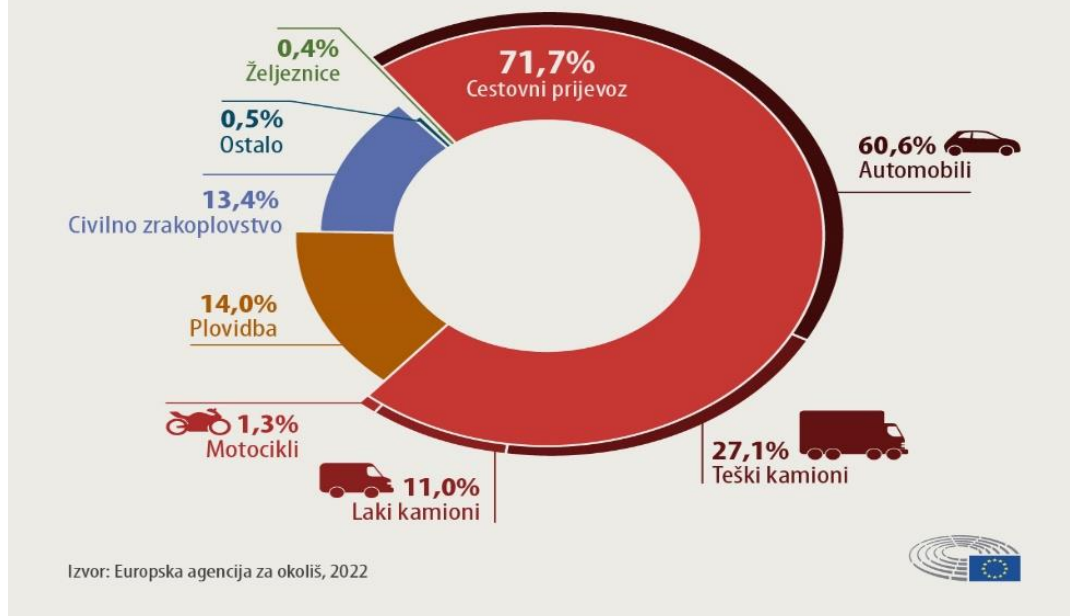
#### **3.1. Emisija štetnih plinova cestovnog i zračnog prometa**

Kako je tehnologija napredovala, tako je rastao i broj vozila, a samim time i emisija plinova. Sastav dimnih plinova sadrži CO, koji je u većim dozama smrtonosan, CO<sub>2</sub> koji nije štetan po ljude, ali je štetan po atmosferu te je jedan od stakleničkih plinova, te NO<sub>x</sub> spojeve koji su kancerogeni.

Kroz godine su normativi za proizvodnju motornih vozila bili sve stroži, pa su te regulative potakle proizvođače na razne inovacije u industriji. Moderna industrija nastoji izbaciti motore na dizelska goriva, te su već neki vodeći svjetski proizvođači to napravili. Budućnost nam donosi električna vozila te vozila koja koriste vodik kao goriva[7] .

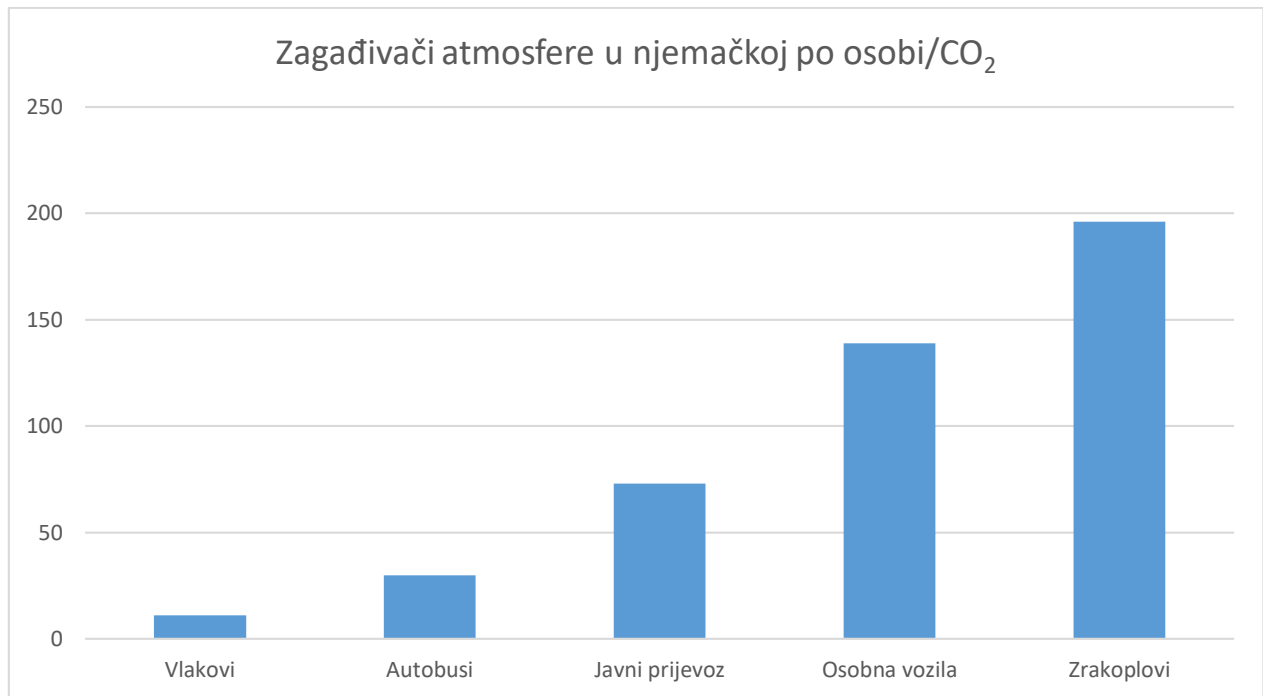
# EMISIJE PROMETA U EU-U

Analiza emisija stakleničkih plinova prema načinu prijevoza (2019.)



Slika 2.. Zastupljenost pojedinih vrsta prometa[7]

Veći zagađivači od automobila jesu zrakoplovi. Na ukupnu emisiju CO<sub>2</sub> 2,5% se proizvodi u zračnom prometu. Osim CO<sub>2</sub>, u atmosferu se emitiraju NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> spojevi te čađa i vodena para. Neke od tih tvari potiču nastanak kiselih kiša, dok druge potiču nastanak ozonskih rupa. Također se zbog visine razlikuje emisija na Zemljinoj površini te na visini na kojoj leti zrakoplov. Posljedice su otprilike dvostruko veće nego posljedice izgaranja goriva na tlu. Osim štetnih emisija, buka je također faktor zagađenja kod zračnog prometa. Život u blizini aerodroma je u znatnoj razini manje kvalitetan, kako za ljude, tako i po pitanju flore i faune. Zagađenje u ovom sektoru prometa je najintenzivnije na sjevernoj polutki. Smatra se da će se do 2050. zračni promet povećati za sedam puta te će biti jedan od glavnih faktora na klimatske promjene.



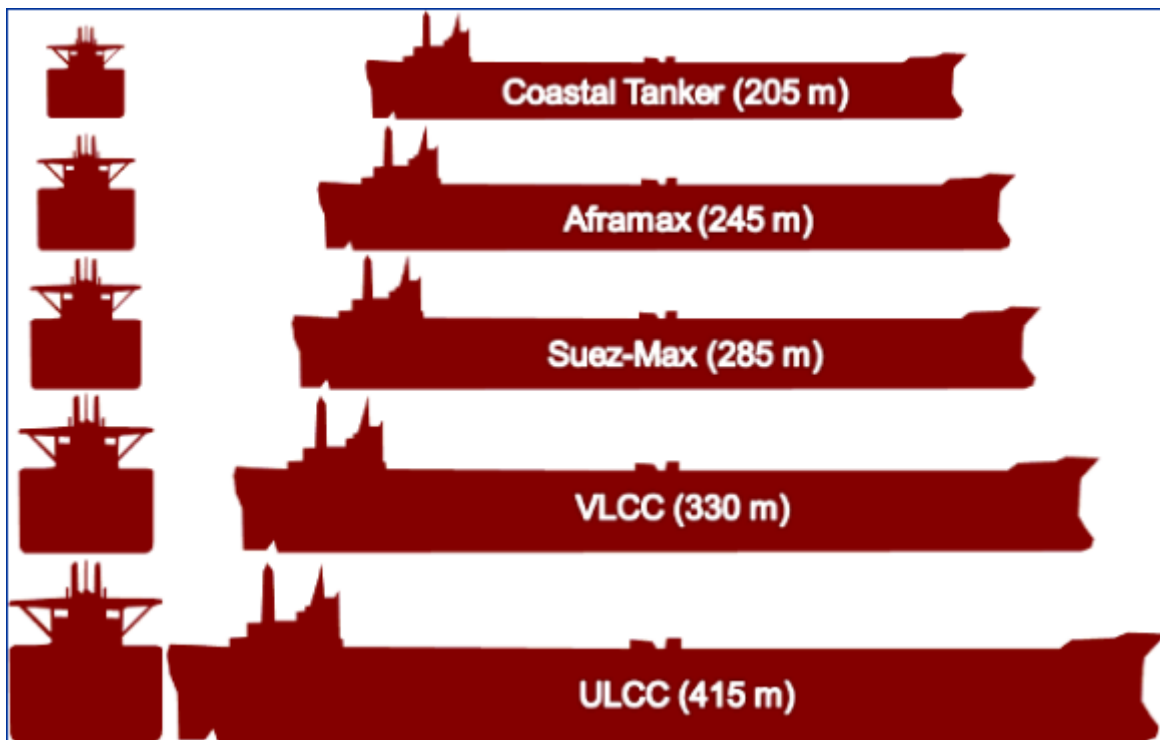
*Slika 3. Zagađivači atmosfere u Njemačkoj - po osobi/grama CO<sub>2</sub> [8]*

### **3.2. Pomorski promet**

Pomorski promet je jedan od najvažnijih vrsta prometa u današnjem vremenu. Brodovima se prevoze brojni tereti, a jedan od najvažnijih je nafta. Za prijevoz sirove nafte su danas najtraženiji tankeri nosivosti oko 145000 t koji mogu proći Sueskim kanalom. Broj tankera također raste dijelom zato što i brodovi za prijevoz kemikalija mijenjaju svoju klasu te ih se zbog toga tretira isto kao i tankere za prijevoz sirove nafte. Početkom 2012. flota tankera za prijevoz sirove nafte sadržavala je 10194 tankera ukupne nosivosti 497 milijuna t.

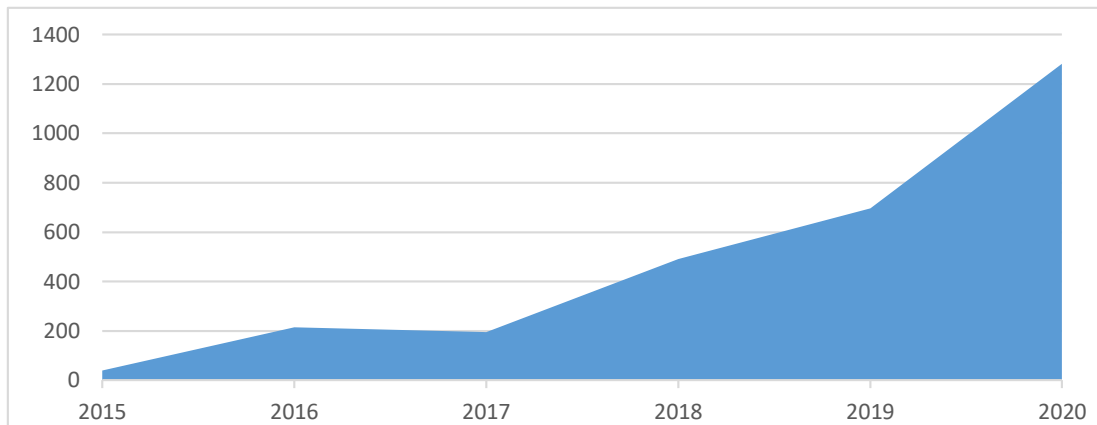
Podjela tankera prema nosivosti:

1. Manji tankeri – veličine 10000 – 54999 dwt
2. Panamax tanker – veličine od 55000 – 79999 dwt
3. Aframax tanker – veličine od 80000 – 11999 dwt
4. Suezmax tanker – veličine od 12000 – 19999 dwt
5. VLCC – veličine od 20000 – 319999 dwt
6. ULCC – veličine od 32000 – 550000 dwt



*Slika 4. Vrste tankera[9]*

U EU, brodovi proizvode 13,5 % svih emisija stakleničkih plinova iz prometa te su prve iza cestovnog i zračnog prometa. Brodovi koriste teška goriva, koja su produkt dna pri destilaciji nafte. Emisija plinova nastalih izgaranjem goriva rezultiraju sa 60000 preuranjenih smrti godišnje na globalnoj razini.[10] Kontejnerski brodovi naročito puno goriva troše, otprilike 66 galona po minuti. Kako je ovakvo gorivo „jeftino“, to predstavlja izazov u borbi s klimatskim promjenama jer se tehnološkom napretku brodskih motora po pitanju ekologije u skorije vrijeme ne vidi prekretnica. Pomorski promet se na tablici zagađivača nalazi na 6. mjestu, uzimajući u obzir sve svjetske zagađivače. Kako se svjetska proizvodnja povećava, tako se i transport tereta povećava te se procjenjuje povećanje od 130% u emisijama u odnosu na 2008. godinu[11] .



*Slika 5.. Porast broja brodova u Sjevernom moru[12]*

Kako je danas gotovo nemoguće zamijeniti brodsko gorivo, neki od načina smanjenja zagađenja jest smanjenje brzine broda te transport više tereta na dalje relacije s manje goriva. Smanjenje brzine od 10 % može rezultirati s 19 % smanjenjem emisije stakleničkih plinova. Također što više kontejnera stavimo na brod, to će biti manja potrošnja goriva po kontejneru te se tako u globalu stvara manji ekološki otisak. Neke se kompanije prebacuju na ukapljeni prirodni plin, koji izgara čišće nego nafta te proizvodi do 20 % manje CO<sub>2</sub>. Kako god, prirodni plin je također fosilno gorivo te također svojim izgaranjem povećava udio stakleničkih plinova u atmosferi, čak i više ukoliko dođe do propuštanja metana koji je staklenički plin koji prima na sebe više topline nego CO<sub>2</sub>. To se događa iz razloga što CO<sub>2</sub> iz zraka biljke koriste, te izgaranjem takvog goriva zapravo ne povećavamo koncentraciju CO<sub>2</sub> u atmosferi, barem u teoriji. To zahtjeva puno tehnoloških ulaganja te je to još uvijek dosta neisplativo područje[11].

## **4. SUSTAVI I METODE ZA PRAĆENJE I MJERENJE EMISIJE PLINOVA KOD PLOVNIH OBJEKATA**

Pomorski promet ima vitalnu ulogu u svjetskoj trgovini. Prema podacima WTO-a (Svjetska trgovinska organizacija) 90% svjetske trgovine odvija se brodom. Potrebno je naglasiti kako je pomorski promet u usporedbi sa zračnim i cestovnim, najjeftiniji jer osim izgradnja luka nije potrebno ulagati u pomorske puteve. Također sa ekonomskog gledišta isplativosti pomorskom prometu pridonose i veliki kapaciteti brodova. Iako je brodogradnja i tehnologija napredovala jako puno, te su današnji brodovi su neusporedivo učinkovitiji od brodova građenih prije tridesetak godina i dalje emisijom štetnih plinova čine jedne od najvećih svjetskih zagađivača. Prema istraživanju IMO-a (International Maritime Organization) iz 2012.godine ustanovljeno je da je udio ugljikovog dioksida sa brodova 2.2% od ukupne svjetske emisije i da će se taj udio povećati za 50% do 250% do 2050. godine ukoliko se ništa ne promjeni[13].

Taj događaj je bio svojevrsni alarm te su se dotadašnja pravila ograničenja emisija koja je postavio MARPOL (The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) Međunarodnom konvencijom o sprječavanju onečišćenja s brodova dodatno postrojila. Odbor za zaštitu pomorskog okoliša (MEPC) pri IMO-u donosi izmjene kojima se od 1.2013. propisuje obavezna primjena Projektnog indeksa energetske učinkovitosti (EEDI) i Brodskog plana upravljanja energetskom učinkovitošću broda (SEMP). Brodu koji zadovoljava nova pravila izdaje se Međunarodni certifikat energetske učinkovitosti (IEEC). Uz već spomenuti indeks IEEC brodovlasnici su dužni imati ugrađen sustav za čišćenje ispušnih plinova (tzv. scrubber) , te prema amandmanu koji je IMO-a usvojila 2020. godine dopušta 0,50% sumpora u brodskim gorivima (smanjeno sa dotadašnjih 3,50%)[14].

### **4.1 Projektni indeks energetske učinkovitosti (EEDI) i međunarodni certifikat energetske učinkovitosti (IEEC)**

Projektni indeks energetske učinkovitosti (EEDI) ,određuje se za nove brodove ,a predstavlja vrijednost omjera količine emitiranog  $CO_2$  u gramima pri transportu jedne tone tereta po jednoj nautičkoj milji. Što je EEDI broda viši brod je energetski manje učinkovit i viši

je negativni utjecaj na okoliš. Po propisima IMO-a brodovi moraju udovoljavati minimalnim zahtjevima energetske učinkovitosti tako da njihov indeks ne smije prijeći zadani prag[14].

Ukoliko brod treba energetska učinkovitost kakvu propisuje IMO, IMO je dužan odrediti sljedeće:

-Zahtijevani EEDI ( maksimalna vrijednost EEDI-a potrebnog za brod ) je najveća dopuštena vrijednost postignutog EEDI-a prema Pravilima za utvrđivanje i kontrolu energetske učinkovitosti brodova.

-Postignuti EEDI ( stvarna vrijednost EEDI-a ) je vrijednost EEDI-a za pojedini brod, dobivena prema smjericama MEPC.21[14]

Novi brod znači -svaki brod kojemu je ugovor o gradnji potpisan 1.1.2013.god. ili kasnije, koji je isporučen 1.7.2015.god. ili kasnije, ili kojemu je kobilica postavljena 1.7.2013.god ili kasnije

Zahtijevani EEDI-a se računa za svaki: novi brod, novi brod na kojem su načinjene preinake, postojeći brod na kojem su načinjene preinake u takvom opsegu da se brod smatra kao novi brod. Odbor za zaštitu pomorskog okoliša (MEPC) pri IMO-u donosi odluku o uključivanju novog Poglavlja 4 u MARPOL , Prilog VI, 21. pravilom prikazana je formula za proračun zahtijevanog EEDI-a

$$EEDI_{ZAHTJEVANI} = \left(1 - \frac{x}{100}\right) * \text{Vrijednost EEDI referentne linije}$$

x – faktor redukcije , prikazan u tablici 4.



Tablica 2. Vrijednosti faktora redukcije u postotku za različite tipove brodova [14]

TIP BRODA	VELIČINA (DWT)	FAZA 0	FAZA 1	FAZA 2	FAZA 3
Brod za rasuti teret	≥ 20000	0	10	20	30
	10000-20000	n/p	0-10	0-20	0-30
Brod za ukapljene plinove	≥ 10000	0	10	20	30
	2000-10000	n/p	0-10	0-20	0-30
Tanker	≥ 20000	0	10	20	30
	4000 - 20000	n/p	0-10	0-20	0-30
Kontejnerski brod	≥ 15000	0	10	20	30
	10000-15000	n/p	0-10	0-20	0-30
Brod za opći teret	≥ 15000	0	10	15	30
	3000-15000	n/p	0-10	0-15	0-30
Brod za rashlađeni teret	≥ 5000	0	10	15	30
	3000-5000	n/p	0-10	0-15	0-30
Brod za kombinirani teret	≥ 20000	0	10	20	30
	4000-20000	n/p	0-10	0-20	0-30

Redukcijski faktor potrebno je interpolirati između dvije vrijednosti ovisno o dimenzijama

Vrijednost EEDI referentne linije funkcija je nosivosti i tipa broda i iznosi:

$$EEDI_{ref\ linija} = a * b^{-c}$$

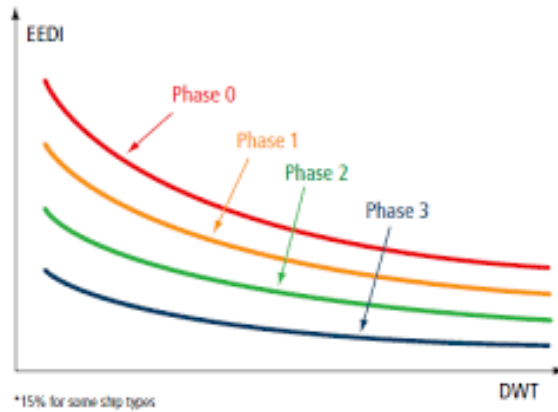
Tablica 3.. Vrijednosti parametara za određivanje EEDI referentne krivulje [14]

Tip broda	a	b	c
Brod za rasuti teret	961,79	Nosivost broda (DWT)	0,477
Brod za ukapljene plinove	1120,00	Nosivost broda (DWT)	0,456
Tanker	1218,8	Nosivost broda (DWT)	0,488
Kontejnerski brod	174,22	Nosivost broda (DWT)	0,201
Brod za opći teret	107,48	Nosivost broda (DWT)	0,216
Brod za rashlađeni teret	227,01	Nosivost broda (DWT)	0,244
Brod za kombinirani teret	1219,00	Nosivost broda (DWT)	0,488

U budućnosti IMO želi smanjiti zahtijevanu vrijednost EEDI-a za brodove kako bi motori bili još više energetske učinkovitiji. Radi toga pri izračunu zahtijevanog EEDI-a faktor redukcije prilagođavamo ovisno u kojoj se fazi nalazimo. Trenutno se nalazimo u 3 fazi koja je stupila na snagu 1.1.2022. odlukom nove rezolucije MEPC 75 2.2021

Tablica 4. Faze redukcijskog faktora

	Tijek trajanja primjene faze	Redukcijski faktor X
Faza 0	2013-2015	0%
Faza 1	2015-2020	10%
Faza 2	2020-2022	20%
Faza 3	2022-2025	30%



Slika 6. Faktor redukcije u odnosu na faze [15]

Crvenom bojom je označena nulta faza u kojoj redukcijski faktor iznosi 0%

Narančasta boja prikazuje prvu fazu u kojoj redukcijski faktor iznosi 10%

Zelena boja prikazuje drugu fazu u kojoj redukcijski faktor iznosi 20%

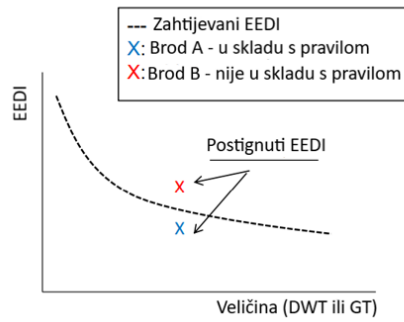
Plava boja prikazuje treću fazu u kojoj će redukcijski faktor iznositi 30%

#### 4.1.1 Postignuti EEDI

Postignuti EEDI računa se za sve brodove opisane regulacijskim Pravilima 2 i 20, kojima je nosivost veća od 400 GT. Dobiveni EEDI je stvarni i vrijedi za pojedini brod, na temelju podataka iz EEDI dokumentacije.

Glavni uvjet je da iznos postignutog EEDI-ja ne smije biti veći od zahtijevanog EEDI-a istog broda [14].

$$EEDI_{postignuti} \leq EEDI_{zahtijevani}$$



*Slika 7. odnos zahtijevnog i postignutog EDDI-a*

Računanje za postignuti projektni indeks sastoji se od četiri formule koje se bave različitim aspektima koje treba uzeti u obzir pri projektiranju broda kako bi postignuti EEDI bio što više prihvatljiv[14].

$$\begin{aligned}
 & \text{Emisije ugljikovog dioksida} \\
 & \text{glavnog pogonskog stroja} \\
 & \left. \begin{aligned}
 \text{EEDI}_{\text{postignuti}} = & \left\{ \left( \prod_{j=1}^n f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{n_{\text{ME}}} P_{\text{ME}(i)} \cdot C_{\text{FME}(i)} \cdot \text{SFC}_{\text{ME}(i)} \right) \right\} \\
 & \text{Emisije ugljikovog dioksida} \\
 & \text{pomoćnog stroja} \\
 & + (P_{\text{AE}} \cdot C_{\text{FAE}} \cdot \text{SFC}_{\text{AE}}) + \left\{ \left( \prod_{j=1}^n f_j \cdot \sum_{i=1}^{n_{\text{PTI}}} P_{\text{PTI}(i)} - \sum f_{\text{eff}(i)} \cdot P_{\text{AEeff}(i)} \right) C_{\text{FAE}} \cdot \text{SFC}_{\text{AE}} \right\} \\
 & \text{Smanjenje emisija ugljikovog} \\
 & \text{dioksida zbog inovativne tehnologije} \\
 & \left. \left. - \left( \sum_{i=1}^{n_{\text{eff}}} f_{\text{eff}(i)} \cdot P_{\text{eff}(i)} \cdot C_{\text{FME}} \cdot \text{SFC}_{\text{ME}} \right) \right\} \cdot \frac{1}{\underbrace{f_i \cdot f_l \cdot f_w \cdot f_c \cdot \text{Kapacitet} \cdot v_{\text{ref}}}_{\text{Rad pri transportu}}}
 \end{aligned}
 \right.
 \end{aligned}$$

Tablica 5.,Popis oznaka

PAE	kW	snaga pomoćnih strojeva
CFAE	kg CO <sub>2</sub> /kg	konverzijski faktor goriva pomoćnih strojeva
SFCAE	g/kWh	specifična potrošnja goriva pomoćnih strojeva
f <sub>c</sub>	-	faktor smanjene zapremine
f <sub>eff</sub>	-	faktor dostupnosti inovativnih energetski učinkovitih tehnologija
f <sub>i</sub>	-	faktor smanjene nosivosti
f <sub>i</sub>	-	korekcijski faktor posebnih konstrukcijskih značajki broda
f <sub>w</sub>	-	koeficijent stanja mora
Kapacitet	t	mjera nosivosti ovisno o tipu broda
V <sub>ref</sub>	čv	referentna brzina broda
η <sub>PTI</sub>	-	stupanj djelovanja pojedinog vratilnog motora

#### 4.1.2 Međunarodni certifikat energetske učinkovitosti (IEEC)

Međunarodni certifikat energetske učinkovitosti se izdaje svakom brodu nakon pregleda, ako zadovoljava Pravila 5.4 Priloga VI i ako je nosivost  $\geq 400$  GT kako bi brod mogao uploviti u luku koja je pod jurisdikcijom druge države. IEEC izdaje ovlaštena administracija države i važeći je na službenom jeziku administracije neovisno gdje se koristi. IEEC vrijedi tijekom cijelog "života" broda, osim ako je: brod povučen iz službe, izdan novi IEEC nakon preinake broda , brod promijenio zastavu pod kojom plovi.

Inspekcija lučke uprave može tražiti provjeru valjanosti IEEC-a broda, te certifikat sadrži: ime broda, bruto tonažu, IMO broj, luku upisa broda, prepoznatljiv broj ili slova. Uz IEEC treba biti priložen i dodatak u kojem se nalazi: datum ugovora o gradnji, bruto tonaža (GT) , Nosivost (DWT) , tip broda , pogonski sustav( dizel pogon, pogon turbine... ) [14].

Prema planovima IMO-a do 2030. godine utjecaj stakleničkih plinova bi se trebao za 30%, dok do 2050. godine taj postotak bi trebao rasti čak do 70% .[16]



**UNITED REGISTRATION AND  
CLASSIFICATION OF SERVICES**  
**INTERNATIONAL ENERGY EFFICIENCY  
CERTIFICATE  
(INTERIM)**



Certificate No: MY-DBS-44433-IEE-01-01

Issued under the provisions of the  
Protocol of 1997, as amended by resolution MEPC.203(62), to amend the International Convention for the Prevention of  
Pollution by Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 related thereto (hereinafter referred to as "the Convention")  
under the authority of the Government of

**REPUBLIC OF VANUATU**

By UNITED REGISTRATION AND CLASSIFICATION OF SERVICES

**Ship Particulars**

Name of Ship	Distinctive Number or Letters	Port of Registry	Gross Tonnage	IMO Number
<b>MY DEFNE</b>	<b>YJXB3</b>	<b>PORT VILA</b>	<b>1201</b>	<b>9006447</b>

**THIS IS TO CERTIFY:**

- 1 That the ship has been surveyed in accordance with regulation 5.4 of Annex VI of the Convention; and
- 2 That the survey shows that the ship complies with the applicable requirements in regulation 20, regulation 21 and regulation 22.

Completion date of the survey on which this certificate is based: **26.08.2021**

Issued at **ISTANBUL, TURKEY**  
(Place of Issue of Certificate)

On **30.09.2021**  
(Date of Issue)

This certificate is valid until **25.01.2022**



VALIDITY NOT TO EXCEED FIVE (5) MONTHS

You can verify this certificate is authentic via email to [info@uracos.org](mailto:info@uracos.org)  
IEE-01-01-INTERIM\_Certificate Revision 0

Page 1 of 1

*Slika 8. Primjer IEEC certifikata [17]*

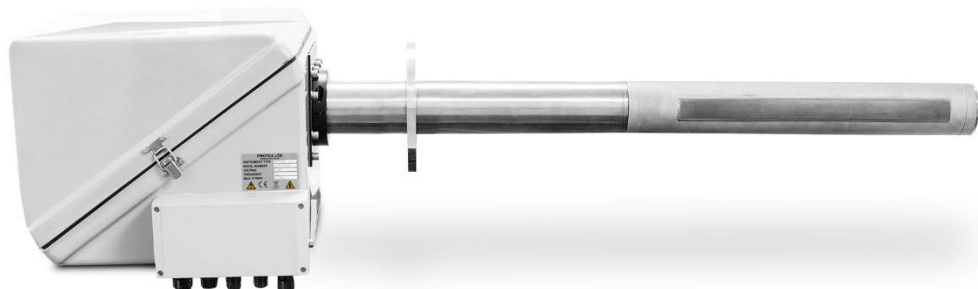
## 4.2 Uređaji za mjerenje ispušnih plinova

U brodogradnji postoje razni uređaji za mjerenje emisija plinova. Osnovna podjela tih uređaja je prema : vrsti plinova koje mjere te mobilnost tih uređaja. Napretkom tehnologije danas svi profesionalni uređaji mjere udio svih zastupljenih plinova iz goriva od kojih su najvažniji sumporni oksidi SO<sub>x</sub> i dušični oksidi NO<sub>x</sub> ali zbog postrožavanja zakona na moru prema IMO MARPOL aneksu 6 Propisi za sprječavanje onečišćenja zraka s brodova svi trgovački brodovi moraju imati svoj sustav uređaja koji mjeri količinu emisije plinova u gorivu. Jedan od najpouzdanijih sustava za mjerenje koji koristi mnogo brodova je Protea 2000. Sustav Protea 2000 provjereno može mjeriti 6 plinova, sastoji se od ćelija sa filterima koji osiguravaju da se

uzorak neće pomiješati sa vanjskim plinovima od 8 analizatora pomoću kojih se u istom trenutku može očitati sastav plina čime se izbjegava korištenje skupih aparata za uzimanje uzoraka i nošenje tih uzoraka na analizu. Ima mogućnost spremanja zadnjih 6 analiza. Sve ove specifikacije sustava štede novac inspekcijama i brodovlasnicama jer nema gubitka vremena radi čekanja rezultata analize.

*Tablica 6. Mjerni raspon uređaja Protea 2000 [18]*

Parametar	Raspon	Točnost
Sumporni Dioksid SO <sub>2</sub>	0-3000 ppm	Prema MARPOL Prilogu VI i NOx Tehničkom propisu
Ugljični dioksid CO <sub>2</sub>	0-40%	
Dušični oksid NO <sub>2</sub>	0-500 ppm	
Vodena para H <sub>2</sub> O(g)	0-20%	
Dušični monoksid NO	0-3000 ppm	
Ugljični monoksid CO	0-3000 ppm	



*Slika 9.. Uređaj Protea 2000 [18]*



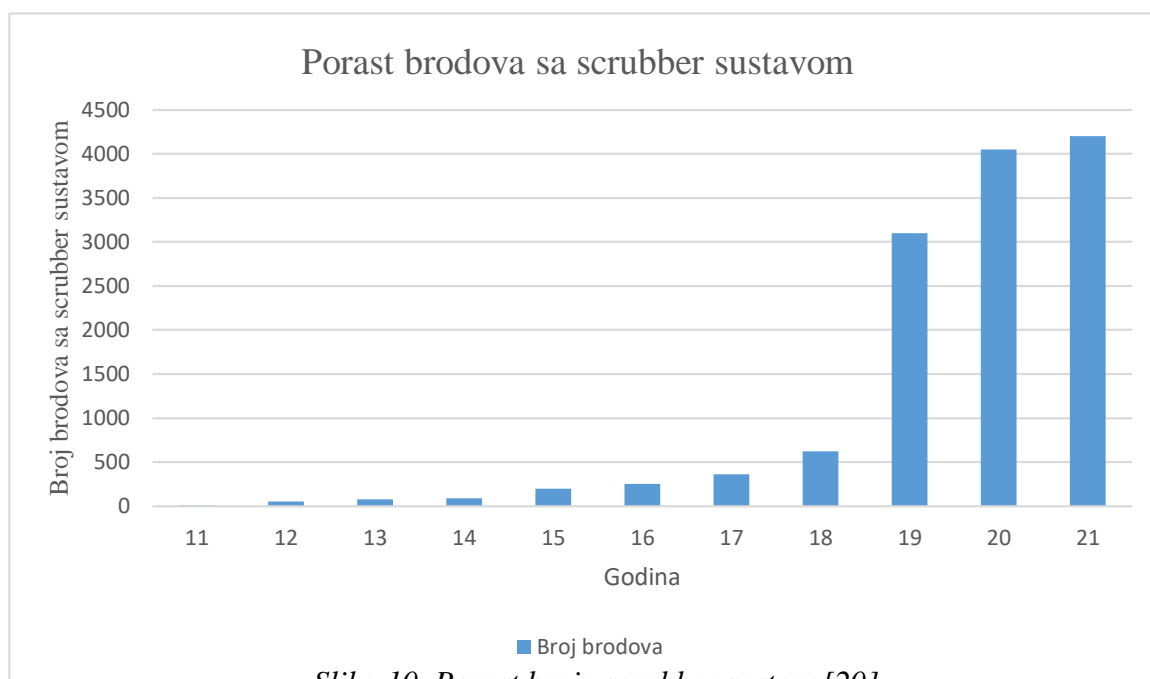
## 5. SUSTAVI I RJEŠENJA ZA SMANJENJE ISPUŠNIH PLINOVA

Brodovi su jedni od vodećih zagađivača okoliša. Osim mora emisijom ispušnih plinova onečišćuju zrak. Većina brodova u većoj ili manjoj mjeri koristi dizel motore koji kao gorivo koriste tešku naftu. Izgaranjem nafte oslobađaju se štetni plinovi, a najzastupljeniji su spojevi CO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> i NO<sub>x</sub> tj. ugljikovi, sumporovi i dušikovi vodici i još nekih manje zastupljenih spojeva ( vodena para i ostali ugljikovo

dici (HC)). Oslobađanje tih spojeva ima štetan utjecaj na čovjeka i okolinu. Kako bi se smanjila količina ispušnih plinova osmišljavaju se različita rješenja. Neka se odnose na rad motora, a neka na pojedine sustane na plovnom objektu koji izravno ili neizravno utječu na potrošnju.

### 5.1 Sustavi za čišćenje ispušnih plinova (scrubberi)

Brodovlasnik može koristiti lako dizelsko gorivo koje je čišće ali i skuplje od teškog ili ugraditi sustav EGCS ( Exhaust Gas Cleaning system ) tzv. scrubber uređaj. Prvi primitivni oblik scrubbera na brodu seže do 19.st i Španjolskog inženjera Narcisa Monturiola. Tokom tih 150-tak godina uz stroža pravila i veće kazne broj scrubbera je rastao a najviše zadnjih desetak godina što možemo vidjeti iz slike 10. ispod [20].



Slika 10. Porast broja scrubber sustava[20]

Scrubber ( Ispirač plinova ) je uređaj koji omogućuje prikupljanje krutih čestica uslijed dodira onečišćenog plina sa kapljevnom. U ovom slučaju na brodu , scrubberi prikupljaju i čiste plinove glavnog porivnog stroja, pomoćnih motora i generatora ili pak brodskih kotlova. Scrubberi imaju i sekundarnu primjenu za povrat topline iz vrućih plinova kondezacijom plinskog goriva. Glavna podjela scrubbera je na scrubbere koji rade u skladu s Pravilom 13 MARPOL priloga VI ( poznatiji kao pročištači dušikovih oksida ) , te oni koji djeluju u skladu s Pravilom 14 MARPOL Priloga VI (poznati kao pročištači sumpornih oksida).



*Slika 11.Prikaz scrubber uređaja[16]*

#### 5.1.1 Princip rada scrubber uređaja

Nakon što prikupi čestice scrubber ih pročišćuje ili apsorbira, što je i njegova osnovna namjena. Poznato je 5 metoda apsorpcija čestica kod scrubbera:

- suha apsorpcija
- mokra apsorpcija
- fizička apsorpcija
- kemijska apsorpcija
- fizičko- kemijska apsorpcija

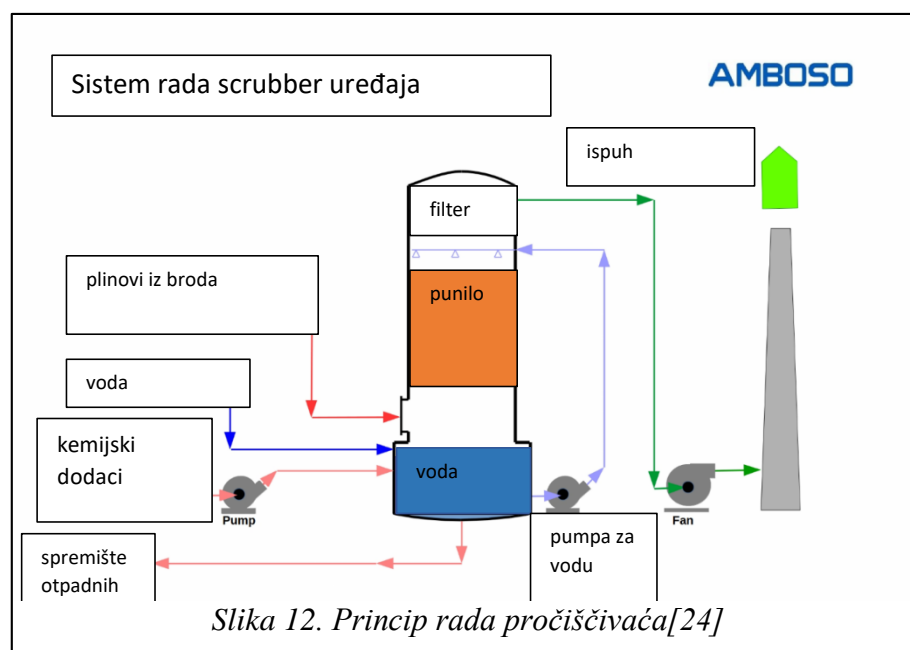
Najviše korištena metoda, kako na kopnu tako i na brodu je metoda mokre apsorpcije.

scrubberi koji koriste mokru apsorpciju možemo podijeliti u tri podskupine: scrubberi

zatvorenog tipa, scrubberi otvorenog tipa i hibridni scrubberi[21].

Svaki scrubber se sastoji od pumpe za vodu, dijela za čišćenje, dijela za obradu medija za čišćenje, dijela za kontrolu ispušnih plinova i dijela za zbrinjavanje medija za čišćenje.

Proces počinje dobavom vode direktno iz mora ili iz posebnog tanka uz pomoć pumpe. Čista voda ili s dodatnim kemikalijama ulazi u toranj scrubbera u kojem dolazi do miješanja onečišćenih plinova brodskih uređaja i nje same. Prije ulaska u toranj voda će proći kroz izmjenjivač topline, kako bi se pomoću njega uklonila suvišna toplina nastala u prethodnom krugu pročišćivanja. Plin u toranj scrubbera ulazi brzinom cca 100 m/s i miješa se s vodom koja se raspršuje pomoću mlaznica. Kapljice vode koje stvara mlaznica su veličine između 100  $\mu\text{m}$  i 1000  $\mu\text{m}$ . Implementaciju pospješuje punjenje tornja scrubber punilom koje ima svojstvo povećati kontaktnu površinu između plina i kapljevine. Povećanje površine je jedan od ključnih parametra za uspješnost procesa. Nakon ubrizgavanja kapljevine, voda odlazi na daljnje recirkuliranje ili van broda dok se pročišćeni plin kroz dimljak otpušta van. U isto vrijeme krupniji ostaci plina odlaze u kanal i spremište otpadnih plinova. Taj osnovni princip rada je prikazan na slici ispod gdje su žutom bojom označeni plinovi iz motora, plava boja označuje vodu (slanu ili slatku), roza boja prikazuje kemikalije koje se miješaju s vodom, ljubičastom bojom je označena pumpa za vodu, narančasta boja označuje punilo, zelena boja prikazuje puhalicu koja štetne plinove odvodi u spremište[22].



Slika 12. Princip rada pročišćivača[24]

## 5.2 Korekcija forme broda

Optimizacija oblika trupa je jedna od metoda za povećanje energetske učinkovitosti brodova kojoj pristupa sve veći broj brodovlasnika. Prilikom procjene optimizacije oblika trupa vlasnik ima tri opcije: Uzeti formu broda i pogonski sustav koji nudi brodogradilište, izmijeniti vlastiti oblik trupa za određene potrebe i razvijanje nove forme broda. Uzimanje forme broda i pogonskog sustava koje nudi brodogradilište uključuje najmanje troškove i veliku financijsku uštedu. Mnoga brodogradilišta imaju dobro razvijene propulzore i forme brodova. Problem ove opcije može biti što su obično te forme ispitivane za normalne uvjete plovidbe uz manje valova i slabiji vjetar, dok se hidrodinamičke značajke uvelike mijenjaju sa promjenom gaza i brzinom broda. Druga metoda nam omogućuje optimizaciju forme ( dubinu početnog gaza, trim broda , brzinu broda ...). U ovom procesu dolazi do korekcija pramca točnije samog bulba i izmjene forme krme ukoliko dolazi do prevelikog zarona krme. Izrada nove forme broda je najskuplja od ove tri opcije, te njoj brodovlasnici pribjegavaju kada naručuju seriju brodova. Prednost je u tome što brodogradilište i brodovlasnik od početka mogu dogovoriti veličinu broda (kapacitet) i brzinu, te uz pomoć raznih programa izračunati učinkovitost i otpor dodatka, procjenu dodatnog otpora zbog valova i vjetra i na temelju toga raditi dodatne korekcije na pramcu, krmi ili na cijeloj formi broda. Prema istraživanjima Američkog zavoda za pomorstvo (ABS) za kontejnerske brodove, ovim metodama se može povećati TEU ( američka jedinica za prostor koja iznosi 20 stopa dužine, 8 stopa širine i 8 stopa visine) od 4500 do 8000 što dovodi do smanjenja goriva i do 25% po toni prevezenog tereta odnosno povećanje od 8000 do 12.500 TEU smanjuje potrošnju za oko 10% goriva po toni prevezenog tereta.[24]

## 5.3 Korištenje obnovljivih izvora energije

Korištenje obnovljivih izvora energije privlači sve veću pažnju u svim područjima industrije, uključujući i brodogradnju. U brodogradnji i pomorstvu najveća koncentracija je na snagu vjetra jer je dostupna na moru i kroz povijest se dokazala uspješnom. Međutim fotonaponski solarni paneli također se sve više razvijaju iako su financijski troškovi u startu jako veliki, pa tako danas možemo naići na brodove koji koriste fotonaponske panele za napajanje pojedinih sustava na brodovima kao što su: (sustavi za rasvjetu , sustavi za odvod ...)

### 5.3.1 Pogoni na snagu vjetra

Vjetar se koristio za pogon brodova stotinama godina, ali velike prednosti dizelskih motora i drugih sustava značili su opadanje i nestajanje jedara sa svih trgovačkih plovila. Velika ušteda goriva i jako mala emisija plinova potaknuli su mnogo istraživanja zadnjih nekoliko godina, te možemo očekivati neke nove inovacije na snagu vjetra uskoro. Neke od metoda koje se pokazuju najviše izvedive su: zmajevi za vuču, flettner rotori (rotorska jedra) i vjetrenjače. Zmajevi za vuču trenutno su jedina snaga vjetra koja je financijski dostupna svima. Princip rada je u teoriji vrlo jednostavan, iako tehnologija potrebna za postavljanje, kontrolu i podizanje je prilično složena. U praksi snaga zmaja je predviđena kao dodatna snaga za brodove. Funkcionira tako da zrak prolaskom "zapinje" za zmaja koji je privezan za pramac broda i stvara vučnu silu. Koriste se uglavnom kod sporijih brodova. Najveća mana ove metode je ovisnost o vremenu i trajanje postavljanja zmaja i skidanje ukoliko je promjenjivo vrijeme, dok su najveće prednosti u tome što ne zahtijeva dodatnu posadu, lagano upravljanje i cijena.



*Slika 13. Prikaz plovnog objekta sa zmajevima za vuču [25]*

Flettner rotori su okomita, cilindrična jedra koja se vrte duž svoje okomite osi. Udarom vjetra pod pravim kutem preko jedra, nastaje Magnusov efekt uzrokuje stvaranje aerodinamičke sile.

Magnusov efekt je sila koja utječe na sve rotirajuće okrugle i cilindrične predmete koji prolaze kroz zrak i zbog razlike tlakova u zraku privlače zrak na stranu manjeg tlaka što dovodi do rotiranja tog tijela. Ime je dobila po njemačkom izumitelju Heinrichu Gustavu Magnusu. Radi Magnusovog efekta rotorska jedra nude maksimalnu učinkovitost. Neki od problema su što rotorima imaju vlastite dizelske motore koje koriste da bi postigli željene okretaje. Također na dužim rutama ako nema vjetra stvaraju dodatne troškove koji mogu biti i do 10% veći. Radi ovih problema pitanje je da li će ikada potpuno biti usavršeno.



*Slika 14. Brod sa flettner rotorima [26]*

### 5.3.2 Pogoni na sunčevu energiju

Bilo je pokušaja za korištenje panela za manje plovne objekte poput 30m dugog katamarana Planet Solar koji je bio dizajniran da obiđe svijet. Katamaran je bio prekriven sa 500 metara kvadratnih panel ploča. Pothvat im je uspio u 582 dana što je previše vremena. Pogoni na sunčevu svjetlost zasada će se koristiti kao dodatni izvori energije. U ovoj su ulozi već korišteni na mnogim brodovima koji koriste solarne panele za rasvjetu i druge slične funkcije na brodu.



*Slika 15. Planet Solar katamaran [27]*

#### **5.4 Povećanje efikasnosti brodskog vijka**

Proučavani su mnogi različiti uređaji kojima bi se ispravila energetska učinkovitost ili suboptimalni dizajn broda ili kako bi se poboljšali već optimalni ili gotovo optimalni standardni dizajni iskorištavanjem fizičkih fenomena koji se obično smatraju sekundarnim u normalnom procesu projektiranja ili koji još nisu u potpunosti shvaćeni. U ovom dijelu istražuje se niz takvih uređaja, od kojih se većina povijesno usredotočila na poboljšanje učinkovitosti pogona propelera. Međutim, nedavni razvoj doveo je do velikog broja uređaja čiji je cilj ili smanjenje otpora trupa na trenje ili iskorištavanje lako dostupnih prirodnih resursa, poput sunčeve energije i energije vjetra. Neki od ovih uređaja također su ispitani u ovom odlomku. Sadržaj ovog odlomka je sljedeći: Uređaji za izjednačavanje i ublažavanje odvajanja protoka, Predvrtložni uređaji, Poslijevrtložni uređaji, Propeleri visoke učinkovitosti

##### **5.4.1 "Propulsion improving devices" (PIDS)**

###### **Predvrtložni kanal(PSD)**

Ovaj uređaj za uštedu energije sastoji se od kanala za izjednačavanje traga u kombinaciji s integriranim sustavom pred-vrtložnih peraja smještenim ispred propelera. Smanjuje gubitke na ulazu u propeler izjednačavanjem protoka kroz kanal, smanjenjem gubitaka u kliznoj struji

korištenjem predvrtložnih rebara i smanjenjem vrtložnih gubitaka u glavčini povećanjem opterećenja propelera na unutarnjim polumjerima. PSD je prikladan za plovila s visokim koeficijentom punoće broskog trupa i brzinama manjim od 20 čvorova. To uključuje tankere i brodove za rasuti teret svih veličina, zajedno s višenamjenskim brodovima i kontejnerskim brodovima. Očekivano smanjenje snage otpora je u rasponu od 3 do 9%, ovisno o opterećenju propelera, te je gotovo neovisno o gasu i brzini broda. Koristan nusprodukt PSD-a je malo poboljšanje stabilnosti broda pri skretanju. Optimizacija PSD-a potrebna je za svaki brod posebno 24].



Slika 16. Predvrtložni kanal(PSD)[24]

"Propeller boss cap fins"(PBCF)

Uređaj za uštedu energije koji je razvio Mitsui OSK. Sastoji se od glave propelera opremljene kratkim lopaticama nagnutim za pretvaranje vrtložne energije glavčine u dodatni okretni moment i potisak koji se prenosi natrag na osovinu. Iskustveni rezultati pokazuju povećanje efikasnosti pogona od 4%-5%, Uklanjanje vrtloga glavčine propelera rezultira smanjenim vibracijama krme i manjom bukom propelera. Također rješava brojne probleme erozije kormila. Dobivene rezultate treba uzeti u obzir s oprezom jer kormilo značajno smanjuje vrtlog u glavčini, a time i povećanje učinkovitosti propelera zbog PBCF-a.





Slika 17. "Propeller boss cap fins"[24]

## 5.5 Optimizacije mase čelika i korištenje lakših metala

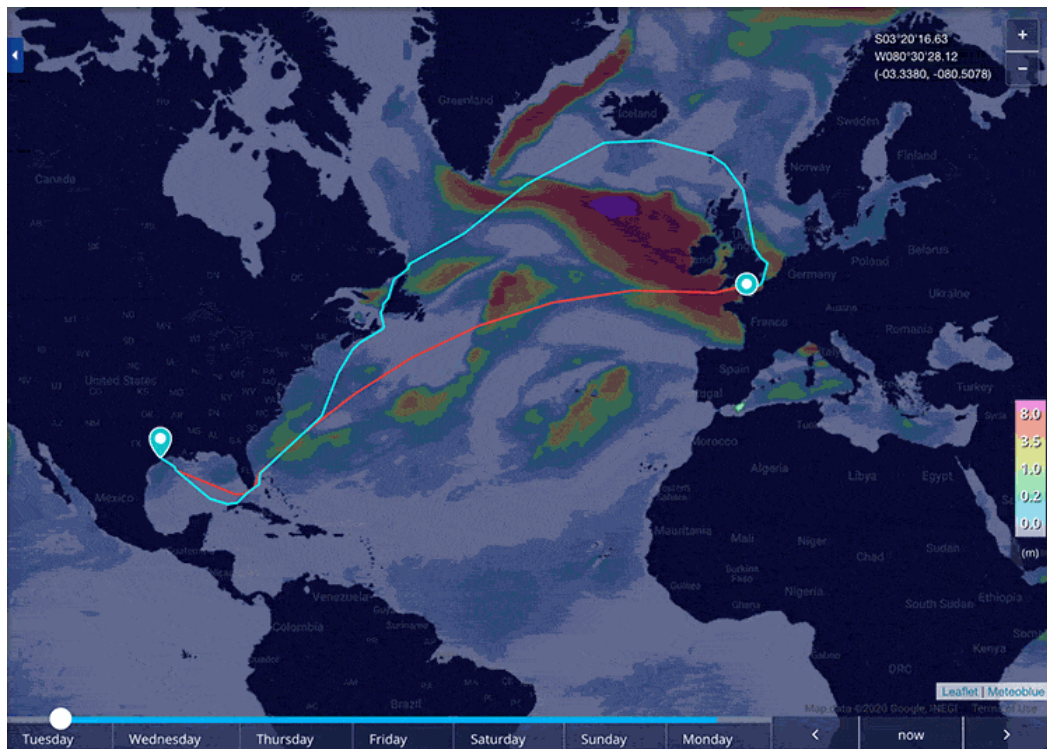
Smanjena težine plovnih objekata imaju veliki učinak na potrebnu snagu i brzinu kod manjih plovila, dok se kod velikih teretnih brodova povećava nosivost za brod iste veličine čime se povećava efektivnost broda. U trenutnoj praksi pri izradi velikih brodova (kontejneraša , tankera, brodova za rasuti teret..) koristi se čelik. Sve više brodovlasnika počinje koristiti HTS ( High strenght steel tj. čelik povišene čvrstoće) koji ima veći udio ugljika u sebi i dobiva se postupkom mikrolegiranja. Tim postupkom dobiva se plastičnost, dobra zavarljivost, smanjenja sklonost krhkom lomu i visoka granica razvlačenja. Iako je u početku skuplji ima mnogo prednosti pa tako 10% HTS-a smanjuje težinu broda 1.5-2% i povećava nosivost 0.2 do 0.3 posto, detaljniji prikaz se nalazi u tablici ispod ovog teksta:

Tablica 7. Utjecaj Čelika visoke čvrstoće na nosivost i potrošnju goriva [24]

Vrsta broda	Panamax	Aframax	Suemax	VLCC
1% udjela čelika povišene čvrstoće povećava nosivost u tonama	101	193	258	433
Smanjenje potrošnje goriva za 1% udjela HTS-a u %	0,34	0,21	0,16	0,11
Uštedeno (tona/danu) za 1% HTS-a	0,12	0,11	0,11	0,11

## 5.6 Smanjenje i ušteda goriva broda u službi

Na potrošnju goriva na dnevnoj bazi a samim time i na emisiju plinova može utjecati posada čiji je zadatak tokom plovidbe obavljati redovito praćenje potrošnje goriva, pronalaženje najsigurniji put (mirno more) i uvjeriti se da brod plovi na dobrom gasu i trimu, što utječe na otpor koji stvaraju trup i brodski vijak. Posada također mora paziti do koje razine treba napuniti balastne tankove kako bi se izbjegao dodatni teret. Za to sve koriste se mnogi uređaju kao što su digitalne mape, GPS-ovi , različiti lokatori ...



Slika 18.. prikaz ekrana Weather routing sistema [30]

## 6.ZAKLJUČAK

Porast pomorske trgovine je nemoguće zaustaviti jer iz godine u godinu ljudi trguju sve više a tome pridonosi i ekonomski razvoj zemalja koje su do prije dvadesetak godina bile tek u povojima, ali činjenica je da ukoliko se ne smanji emisija štetnih plinova i zagađenja ne samo zraka nego i vode, Zemlja će se naći u velikim problemima. Velikim tehnološkim i znanstvenim ulaganjima zajedničkim snagama svjetske organizacije rade jako dobar posao u vidu smanjenja emisije plinova, a to se najbolje vidi po velikom broju novih i strožih propisa, novim uređajima i sustavima, kao i po statističkim podacima koji idu u prilog. Neka od rješenja su obrađena u ovom radu, a radi se o: sustavima za čišćenje ispušnih plinova tzv. scrubber uređajima koji su postali obavezni na svim trgovačkim brodovima, također uvođenjem Projektnog indeksa energetske učinkovitosti (EEDI) i međunarodnog certifikata energetske učinkovitosti (IEEC) radi se na boljem praćenju broja brodova. U brodogradilištima se radi na tome da budući brodovi budu što lakši kako bi mogli prevesti više tereta, što kraćom rutom i u što manje vremena sve to kako bi se smanjila emisija plinova u atmosferu.

## POPIS LITERATURE:

- [1] Lacis AA, Schmidt GA, Rind D, Ruedy RA. Atmospheric CO<sub>2</sub>: Principal control knob governing earth's temperature. Science. 2010.
- [2] Adec Innovations, What are GHGs? <https://www.adeceg.com/resources/faq/what-is-ghg/>,
- [3] Geografija, <https://geografija.hr/efekt-staklenika-i-kyotski-protokol-1-dio/> 20.9.2022
- [4] Šegota T., Filipčić A., 1996: Klimatologija za geografe. Školska knjiga
- [5] Mingor, <https://mingor.gov.hr/pristup-informacijama-4924/strategije-planovi-izvjesca-i-ostali-dokumenti/strateski-plan-ministarstva/ministarstvo-zastite-okolisa-i-energetike-1069/1069> ,15.9.2022.
- [6] Sutlović I. ; "Energetika Staklenički plinovi" 19.9.2022  
[https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/7A\\_predavanje\\_Energetika\\_staklenicki\\_plinovi.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/7A_predavanje_Energetika_staklenicki_plinovi.pdf) 17.9.2022
- [7] Europarl.europa  
<https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20190313STO31218/emisije-co2-u-prometu-eu-a-cinjenice-i-brojke> ,18.9.2022
- [8] Dw, <https://www.dw.com/de/fliegen-verhindert-klimaschutz/a-18635120> 18.9.2022.
- [9] Geo-ref , <http://www.geo-ref.net/en/t-imo.htm> 19.9.2022
- [10] Ekovjesnik, <https://www.ekovjesnik.hr/> , 19.9.2022
- [11] Mahalec, Lulić, Kozarac: „Konstrukcije motora“, 2015. 19.9.2022
- [12] Artic-lio <https://arctic-lio.com/nsr-shipping-traffic-transit-voyages-in-2020/> , 19.9.2022
- [13] International Maritime Organization  
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissionsfrom-ships.aspx> , 19.9.2022
- [14] Projektni indeks energetske učinkovitosti (EEDI) i brodski plan upravljanja energetsom učinkovitošću (SEEMP) (Energy Efficiency Design Index (EEDI) and Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)) 19.9.2022
- [15] Reserchgate, [https://www.researchgate.net/figure/Phases-for-reduction-factors-of-EEDI-adopted-from-59\\_fig32\\_279447378](https://www.researchgate.net/figure/Phases-for-reduction-factors-of-EEDI-adopted-from-59_fig32_279447378) , 20.9.2022
- [16] Tnmservices, [https://tnmservices.com/whitepapers/Emissions\\_White\\_Paper.pdf](https://tnmservices.com/whitepapers/Emissions_White_Paper.pdf)  
20.9.2022
- [17] Scribd, <https://www.scribd.com/document/538125207/EE-RECORD> 20.9.2022
- [18] Protea, <https://www.protea.ltd.uk/marine-emissions-analysers> 20.9.2022

[19]Lukačević P.;"Održavanje i kvarovi uređaja za ispiranje ispušnih plinova (scrubber uređaja)"

<https://zir.nsk.hr/islandora/object/unidu%3A1289/datastream/PDF/view> 20.9.2022

[20]Reserchgate, [https://www.researchgate.net/figure/The-number-of-ships-with-scrubbers-in-operation-and-on-order-worldwide-increased\\_fig2\\_344415083](https://www.researchgate.net/figure/The-number-of-ships-with-scrubbers-in-operation-and-on-order-worldwide-increased_fig2_344415083) 20.9.2022

[21]Wikipedia, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Ispira%C4%8D\\_plinova](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ispira%C4%8D_plinova) 20.9.2022

[22]Levanat I.;" Uređaji za smanjivanje emisije ispušnih plinova na brodu"

<https://zir.nsk.hr/islandora/object/unidu%3A1741> 20.9.2022

[23] Pca-air, <https://pca-air.com/en/blog/how-does-gas-scrubber-work> ,21.9.2022.

[24][https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/ABS\\_Energy\\_Efficiency\\_Advisory.pdf](https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/ABS_Energy_Efficiency_Advisory.pdf) ,21.9.2022.

[25]Usinenouvelle, <https://www.usinenouvelle.com/editorial/en-images-airseas-teste-son-kite-geant-sur-un-cargo-airbus.N1171557> ,21.9.2022.

[26] Offshore-energy, <https://www.offshore-energy.biz/tufton-to-install-anemois-rotor-sails-on-a-bulk-carrier/> ,21.9.2022.

[27]Industry.sika, <https://industry.sika.com/en/home/renewable-energies/solar/references-solar/solar-powered-catamaran.html> ,21.9.2022.

[28]Reserchgate, [https://www.researchgate.net/figure/Grim-Vane-Wheel-and-Post-swirl-Device\\_fig3\\_348164835](https://www.researchgate.net/figure/Grim-Vane-Wheel-and-Post-swirl-Device_fig3_348164835) , 21.9.2022.

[29]Jmuc, <https://www.jmuc.co.jp/en/rd/development/hydrodynamics/energy-saving/> ,21.9.2022.

[30]Marinetraffic,<https://www.marinetraffic.com/blog/how-to-use-weather-routing-step-by-step/> ,21.9.2022.

## POPIS SLIKA:

Slika 1.Radijacija i energetska bilanca sistema Zemljine površine i atmosfere[3]	3
Slika 2.. Zastupljenost pojedinih vrsta prometa[7]	6
Slika 3.Zagađivači atmosfere u Njemačkoj - po osobi/grama CO2 [8]	7
Slika 4.Vrste tankera[9]	8
Slika 5.. Porast broja brodova u Sjevernom moru[12]	9
Slika 6.Faktor redukcije u odnosu na faze[15]	14

Slika 7. odnos zahtijevnog i postignutog EDDI-a.....	15
Slika 8.Primjer IEEC certifikata[17] .....	18
Slika 9.. Uređaj Protea 2000 [18] .....	19
Slika 10. Porast broja scrubber sustava[20].....	20
Slika 11.Prikaz scrubber uređaja[16].....	21
Slika 12. Princip rada pročišćivača[24] .....	22
Slika 13. Prikaz plovnog objekta sa zmajevima za vuču [25].....	24
Slika 14. Brod sa flettner rotorima [26].....	25
Slika 15. Planet Solar katamaran [27] .....	26
Slika 16. Pred rtožni kanal(PSD)[24] .....	27
Slika 17. "Propeller boss cap fins"[24].....	28
Slika 18.. prikaz ekrana Weather routing sistema [30] .....	29

## POPIS TABLICA:

Tablica 1.Staklenički plinovi i njihove karakteristike vezane uz efekt staklenika[5].....	4
Tablica 2.Vrijednosti faktora redukcije u postotku za različite tipove brodova [14] .....	12
Tablica 3.. Vrijednosti parametara za određivanje EEDI referentne krivulje [14].....	13
Tablica 4. Faze redukcijskog faktora.....	13
Tablica 5.,Popis oznaka.....	17
Tablica 6. Mjerni raspon uređaja Protea 2000 [18] .....	19
Tablica 7. Utjecaj Čelika visoke čvrstoće na nosivost i potrošnju goriva [24] .....	28

## POPIS OZNAKA:

$P_{ME}$	kW	snaga motora pri 75% $MCR_{ME}$ (maksimalna trajna snaga)
$C_{FME}$	kg CO <sub>2</sub> / kg goriva	konverzijski faktor goriva glavnog stroja
$SFC_{ME}$	g/kWh	specifična potrošnja goriva glavnog stroja
$P_{AE}$	kW	snaga pomoćnih strojeva
$C_{FAE}$	kg CO <sub>2</sub> / kg goriva	konverzijski faktor goriva pomoćnih strojeva
$SFC_{AE}$	g/kWh	specifična potrošnja goriva pomoćnih strojeva
$f_c$	-	faktor smanjene zapremine

$f_{\text{eff}}$	-	faktor dostupnosti inovativnih energetski učinkovitih tehnologija
$f_i$	-	faktor smanjene nosivosti
$f_i$	-	korekcijski faktor posebnih konstrukcijskih značajki broda
$f_w$	-	koeficijent stanja mora
Kapacitet	t	mjera nosivosti ovisno o tipu broda
$V_{\text{ref}}$	čv	referentna brzina broda
$\eta_{\text{PTI}}$	-	stupanj djelovanja pojedinog vratilnog motora

## SAŽETAK

Glavna tema ovog rada je proučavanje utjecaja emisijskih plinova s plovnih objekata sa ekološkog aspekta. Prikazani su negativni utjecaji emisije plinova kroz utjecaj staklenika. Detaljno su obuhvaćene količine emisije plovnih objekata i uspoređene sa drugim prijevoznim sredstvima . Opisane su metode za sprječavanje i smanjene emisije plinova plovnih objekata, te sustavi za pročišćivanje brodskih sustava. Uz analizu dostupnih podatak i konvecija IMO (Međunarodna pomorska organizacija) obrađeni su trenutni stavovi društva i politike, kao i moguće posljedice.

**Ključne riječi: emisija plinova, plovni objekti , konvencija, brodski sustavi**

## SUMMARY

The main topic of this paper is the study of the impact of emission gases from vessels from an ecological point of view. The negative impacts of gas emissions through the greenhouse effect are presented. The amount of emissions from vessels is covered in detail and compared with other means of transport. Methods for preventing and reducing gas emissions from vessels are described, as well as systems for purifying ship systems. Along with the analysis of available data and IMO (International Maritime Organization) conventions, the current attitudes of society and politics, as well as the possible consequences, were discussed.

Key words: gas emission, vessels, convention, ship systems