

# Upravljanje zaštitom okoliša u morskom brodarstvu

---

**Stjepović, Vlaho**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:340462>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-10**



**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr

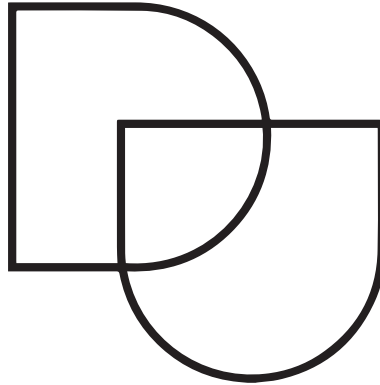


DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**

**POMORSKI ODJEL**

**POMORSTVO**



**VLAHO STJEPOVIĆ**

**UPRAVLJANJE ZAŠTITOM OKOLIŠA U MORSKOM  
BRODARSTVU**

***DIPLOMSKI RAD***

**Dubrovnik, rujan 2021.**

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**

**POMORSKI ODJEL**

**POMORSTVO**

**UPRAVLJANJE ZAŠTITOM OKOLIŠA U MORSKOM  
BRODARSTVU**

*DIPLOMSKI RAD*

Mentor:

**dr.sc. Antun Asić, kap.**

Pristupnik:

**VLAHO STJEPOVIĆ**

**Dubrovnik, rujan 2021.**

## **ZAHVALA**

Na samom početku htio bih se zahvaliti svome mentoru dr.sc. Antunu Asiću kap. koji je uvijek imao vremena i strpljenja za moje upite te me svojim stručnim savjetima usmjerio pri izradi diplomskog rada.

Zahvaljujem se svim svojim prijateljima, kolegama i profesorima koji su bili dio moga studiranja, a posebno bih se htio zahvaliti kolegi Marinu Milnkoviću koji je nesebično izdvojio vrijeme pomažući mi onda kad mi je to najviše trebalo. Također bih se zahvalio uvijek nasmijanoj i pozitivnoj Nikici s referade za svaku isprintanu potvrdu, mail i informaciju.

I za kraj jedno veliko hvala mojoj djevojci Matei mojim roditeljima, bratu te cijeloj mojoj obitelji na bezuvjetnoj podršci i pravim rječima onda kad mi je to trebalo. Bez vas ovo ne bi bilo moguće.

Zato veliko HVALA svima!

Republika Hrvatska

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**

**POMORSKI ODJEL**

**Diplomski studij Pomorstvo**

Ur. broj:

Dubrovnik, 16. travnja, 2021.

Kolegij: MENADŽMENT U POMORSTVU

Mentor: dr.sc.Antun, Asić, kap.

## **ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

Pristupnik: **VLAHO STJEPOVIĆ**, student ak. 2020./2021. god.

Zadatak: **UPRAVLJANJE ZAŠTITOM OKOLIŠA U MORSKOM BRODARSTVU**

Zadatak treba sadržavati:

1. Osnovne karakteristike morskog okoliša
2. Razvoj misli i zakonodavstva okoliša
3. Upravljanje brodara zaštitom broda

Osnovna literatura:

1. Karin Andersson, Selma Brynolf, J. Fredrik Lindgren, Magda Wilewska-Bien, ed: Shipping and the Environment: Improving Environmental Performance in Marine Transportation, Springer-Verlag GmbH Berlin, 2016
2. Y.H. Venus Lun, Kee-hung Lai, Christina W.Y. Wong, T.C.E. Cheng: Green Shipping Management, Springer International Publishing Switzerland, 2016
3. S. C. Misra: Design Principles of Ships and Marine Structures, Taylor & Francis Group, LLC, 2016

Zadatak uručen pristupniku: 16. travnja 2021.

Rok za predaju završnog rada: 20. rujna 2021.

Mentor: **dr.sc. Antun Asić, kap**

Pročelnik Pomorskog odjela:

**dr.sc. Antun Asić, kap**

**doc.dr.sc. Žarko Koboević**

## UPRAVLJANJE ZAŠTITOM OKOLIŠA U MORSKOM BRODARSTVU

### *ENVIRONMENTAL PROTECTION MANAGEMENT IN MARITIME SHIPPING*

#### SAŽETAK

Brodski okoliš se sastoji od mora, kopna i zraka. Razvojem svjetskog gospodarstva, a samim time i pomorske industrije, povećava se potreba za zaštitom okoliša. UN i Međunarodna pomorska organizacije donijeli su niz konvencija i protokola kojima je cilj zaštita mora. Samim time brodske kompanije poštuju regulacije te se okreću ekološki prihvatljivom „zelenom“ pomorstvu u svrhu smanjenja utjecaja broda na okoliš. Jedni od takvih načina su razvoj „zelenih“ luka, smanjenje praznog hoda i alternativna goriva.

#### **ABSTRACT**

*The marine environment consists of sea, land and air. With the development of the world economy, and thus the maritime industry, the need for environmental protection is increasing. UN and International Maritime Organization had adopted a number of conventions and protocols aimed at protecting the sea. As a result, shipping companies comply with regulations and turn to environmentally friendly "green shipping" in order to reduce the ship's impact on the environment. One of the way is to develop "green" ports, reduce idling and alternative fuels.*

#### **Ključne riječi:**

morski okoliš, onečišćenje, ekološka politika, green shipping, zelene luke, alternativna goriva

#### **Keywords:**

*marine environment, pollution, green shipping, environmental policy, green ports, alternative fuels*

# Sadržaj

1. UVOD .....	3
2. MORSKI OKOLIŠ.....	5
2.1. Hidrosfera .....	6
2.1.1. Vodeni ciklus .....	7
2.2. Atmosfera .....	8
2.2.1. Struktura i sastav atmosfere .....	8
2.2.2. Efekt staklenika i globalno zatopljenje .....	9
2.3. Geosfera.....	9
2.4. Biosfera.....	10
2.5. Biogeokemijski ciklusi .....	11
2.5.1. Ciklus sumpora .....	11
2.5.2. Ciklus dušika.....	12
2.5.3. Ciklus ugljika.....	13
3. UTJECAJ BRODA NA OKOLIŠ .....	15
3.1. Zagađenje zraka (SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> ) .....	16
3.1.1. Prebacivanje goriva.....	18
3.1.2. Scrubber .....	18
3.2. Emisije CO <sub>2</sub> .....	18
3.2.1. Spora plovidba (Slow-steaming).....	19
3.2.2. Smanjenje praznih kontejnera.....	20
3.2.3. Emisija stakleničkih plinova: Kina .....	20
3.3. Štetne tvari koje se ispuštaju u more .....	22
3.3.1. Tekući teret .....	23
3.3.2. Sipki teret.....	24
3.3.3. Biocidi.....	25
3.3.4. Štetne tekućine iz brodske strojarne.....	25
3.4. Upravljanje balastnim vodama (Ballast water management) .....	26
3.5. Toplina.....	26
3.6. Buka.....	27
4. EKOLOŠKA POLITIKA U POSLOVANJU POMORSKIH BRODARA .....	29

4.1. Ekološka politika za zaštitu mora .....	30
4.2. Recikliranje brodova na ekološki prihvatljiv način .....	31
5. GREEN SHIPPING.....	39
5.1. Eko dizajn tankera .....	41
5.2. Praksa zelenog pomorstva (Green Shipping Practices - GSP) .....	42
5.2.1. Primjena GSP-a.....	44
5.2.2 Pokretači za usvajanje GSP-a .....	44
5.3. Konceptualizacija GSP-a .....	46
5.3. Razvoj kontejnerskog transporta (4C-a).....	47
5.3.1. Kontejnerizacija (Containerization).....	48
5.3.2. Koncentracija (Concentration).....	48
5.3.3. Suradnja (Collaboration).....	49
5.3.4. Konkurencija (Competition) .....	49
5.4. Zelene luke (Green Ports).....	49
5.4.1. Radnje koje trenutno poduzimaju brodske kompanije.....	51
5.4.2. Radnje koje trenutno poduzimaju unutar luke .....	52
5.4.3. Radnje koje poduzimaju u blizini luke .....	54
6. ALTERNATIVNA GORIVA ZA POGON BRODOVA .....	55
6.1. Ukapljeni zemni plin (LNG).....	55
6.2. Biogorivo .....	56
6.3. Nuklearni pogon .....	56
6.4. Baterije.....	57
6.5. Energija vjetra.....	58
6.6. Sunčeva energija.....	58
7. ZAKLJUČAK .....	59
LITERATURA .....	61
POPIS SLIKA .....	63



## 1. UVOD

Za more se smatra da je izvor života zbog toga što je naš najveći opskrbljivač kisikom, te je pokretač velikog dijela fizičkih i bioloških događanja na Zemlji. Oko 60% svjetske populacije živi uz obalu, što je pokazatelj važnosti mora i oceana za ljude. Uz to obalni pojas je ujedno i bogatstvo biljnog i životinjskoga svijeta.

Ukupno 80% međunarodnog trgovinskog prijevoza razmjene odvija se pomorskim putem. Brodski okoliš, a to su prvenstveno more, zrak te kopno, izloženi su brojnim ekološki štetnim utjecajima s brodova. Onečišćenja od brodova započinju gradnjom broda u brodogradilištu do kraja njegova životnoga vijeka u nekom od rezališta ili u onom gorem slučaju potonuća. Najvidljivije i najpoznatije opasnosti su, zasigurno, onečišćenje mora uzrokovano izlivanjem nafte, raznih štetnih kemikalija, zauljenim kaljužnim vodama, različitim krutim i sipkim otpadom te zagađenjem zraka emisijom ispušnih plinova, a poglavito stakleničkih plinova koji utječu na klimu.

Brodovi su zbog svoje važnosti, veličine i snage te brojnosti već pola stoljeća u fokusu svjetske javnosti, koja kroz međunarodna tijela, poglavito Međunarodnu pomorska organizacija (IMO), nastoji smanjiti ili u potpunosti eliminirati štetne posljedice pomorskog prijevoza. Prema zacrtanim ciljevima međunarodnih tijela idućih trideset godina morsko brodarstvo će obilježiti znatne promjene u smislu smanjenja onečišćenja, poglavito stakleničkim plinovima.

Predmet ovoga rada je analiza upravljanje brodara zaštitom okoliša u proteklih pedesetak godina i u nadolazećim desetljećima. S obzirom na to da izgradnju broda reguliraju drugi industrijski standardi zaštite okoliša u radu će se isključivo obuhvatiti životni vijek broda od njegova stavljanja u funkciju do kraja njegova životnog vijeka.

Sukladno prethodno navedenome postavlja se radna hipoteza:

**MORSKO BODARSTVO JE KROZ PRETHODNIH POLA STOLJEĆA USPJEŠNO UPRAVLJALO SMANJENJEM ONEČIŠĆENJA BRODOVA, ULAZI U KLJUČNU FAZU ZNAČAJNOG SMANJENJA ONEČIŠĆENJA, ŠTO ĆE UZROKOVATI ZNAČAJNE TEHNIČKE I TEHNOLOŠKE PROMJENE I OD BODARA OPSEŽNU PRILAGODBU U SVIM SEGMENTIMA NJEGOVA POSLOVANJA.**

Uz ovako postavljenu radnu hipotezu u radu će se pokušati odgovoriti i na sljedeća pitanja:

- Prirodni okoliš broda?
- Izvori zagađenja s brodova?
- Brod kao uzročnik klimatskih promjena?
- Značajni propisi za smanjenje zagađenja?
- Kako su brodari svoje politike uskladili s propisima;
- Idućih trideset godina u brodarstvu i izazovi pred brodarima?

Pri izradi diplomskog rada korištene su sljedeće znanstvene metode: metoda analize i sinteze, metoda generalizacije i specijalizacije, metoda kompilacije, kao i druge primjenjive metode.

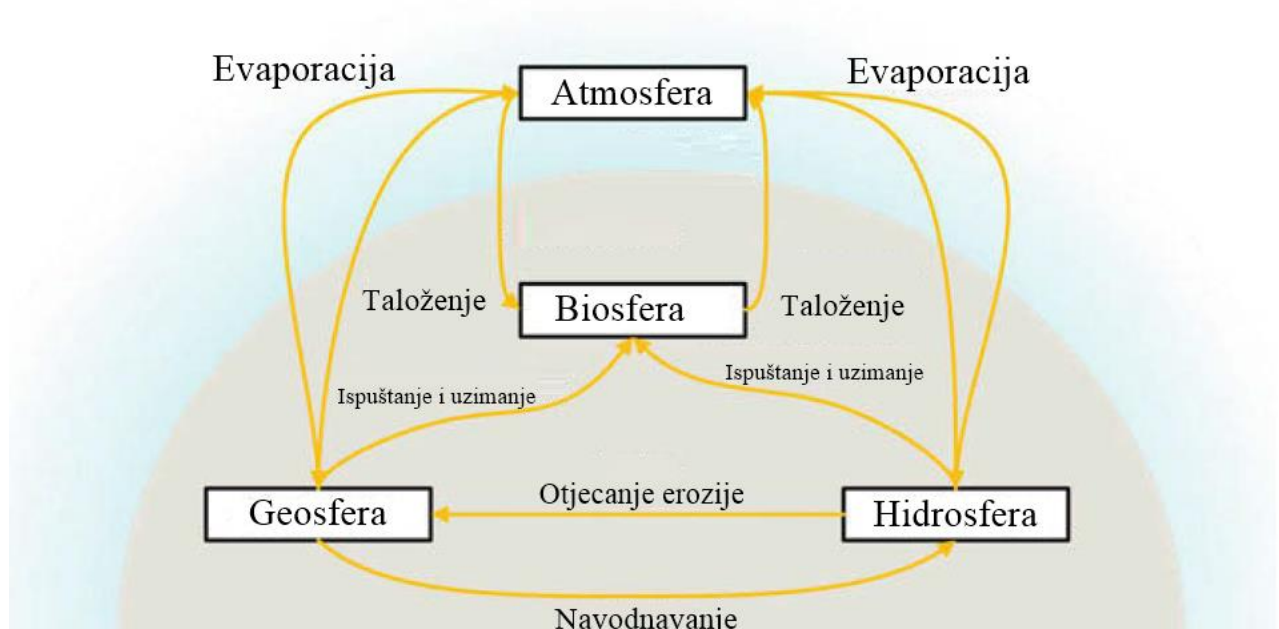
Od literature će se koristiti znanstvena i stručna literatura te članci i podaci s pojedinih internetskih stranica namijenjena pomorstvu.

Rad je podijeljen na uvod, četiri poglavlja i zaključak. Prvo poglavlje nakon uvoda obrađuje tematiku prirodnog okoliša morskog brodarstva. Drugo poglavlje će ukazati na izvore onečišćenja okoliša s brodova uključujući i emisije stakleničkih plinova. Treće poglavlje obradit će propise koji se odnose na sprječavanje zagađenja, dok će četvrto poglavlje obraditi upravljanje brodara u odnosu na brodska onečišćenje. Peto poglavlje će se usmjeriti na budućnost brodarstva i izazove koji se pred njih postavlja s aspekta postupnog smanjenja i eliminiranja utjecaja na klimatske promjene. U zaključku će se iznijeti sažeta saznanja stečena u radu u odnosu na postavljenu radnu hipotezu i pitanja.

## 2. MORSKI OKOLIŠ

Morski okoliš koji se sastoji od zraka, vode, zemlje i živih organizama, dinamičan je sustav u kojem se materijal i energija izmjenjuju unutar i između pojedinih komponenti. Sunčeva energija prolazi sustavima, zagrijava atmosferu, isparava i reciklira vodu, stvara vjetar i podržava rast biljaka. Kemijske transformacije također mijenjaju svojstva oslobođenih tvari tijekom vremena, mijenjajući oblik iz jednog agregatnog stanja u drugo. Dakle, teško je odrediti gdje će štetne tvari koje ulaze u prirodni okoliš s broda ili pomorske građevine završiti obzirom da utjecaji na okoliš mogu nastati daleko od izvora onečišćenja. Emisije i ispuštanja s brodova ispuštaju se u atmosferu i more, gdje je malo vjerojatno da će ostati, stoga utjecaj pomorske industrije djeluje na različite dijelove zemaljskih sustava. Različiti sustavi povezani su na mnogo načina, a opasne kemikalije mogu putovati između njih. Stoga će ovo poglavlje predstaviti i opisati te različite sustave. (Andersson, Brynolf, Lindgren, & Wilewska-Bien, 2016)

Zemlju možemo podijeliti u četiri glavna sustava: atmosfera (zrak), hidrosfera (voda), geosfera (kopno) i biosfera (živi organizmi).



**Slika 1.** Ilustracija odnosa između atmosfere, hidrosfere, geosfere i biosfere (Prema: Andersson i sur., 2016)

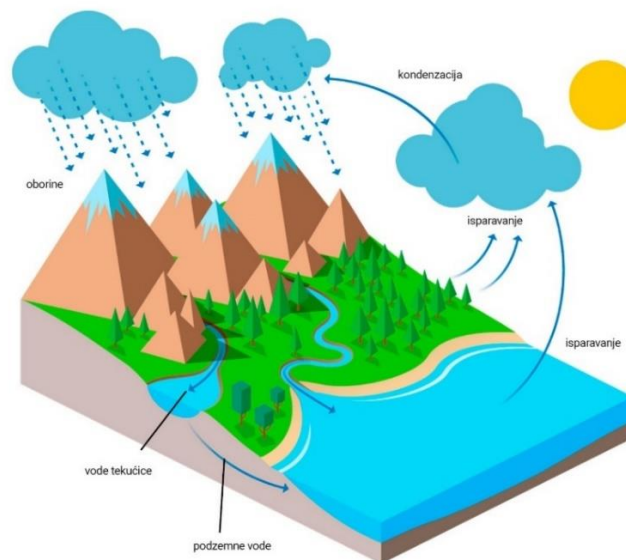
Ti su sustavi snažno povezani protocima energije, kemikalija, biomase, hranjivih tvari i vode (Slika 1). Atmosfera je tanki sloj plinova koji prekrivaju Zemljinu površinu. Između ostalog, regulira Zemljinu temperaturu i apsorbira energiju i ultraljubičasto zračenje sunca. Hidrosfera sadrži Zemljinu vodu. Približno 70% površine svijeta prekriveno je vodom, a približno 10% kopna prekriveno je ledom. Gotovo 1% mase hidrosfere čini slatka voda, 2% led, a preostali dio je oceanska voda. Voda se kroz hidrosferu reciklira isparavanjem, kondenzacijom i otjecanjem. Litosfera je najviši dio geosfere i sadrži čvrstu stjenovitu koru koja pokriva cijeli planet. Litosfera je izvor sirovina, npr. sirove nafte, željeza i bakra. Biosfera se sastoji od svih živih organizama, uključujući biljke, životinje i organizme. (Andersson i sur., 2016)

## **2.1. Hidrosfera**

Budući da 97% cjelokupne vode na planeti čini slana voda, naglasak ovog odjeljka bit će na morskom okolišu i izazovima s kojima se morski organizmi suočavaju. Morski ekosustav najveći je vodeni ekosustav na Zemlji i uglavnom je podijeljen na područja različite dubine. Reljef je podmorja po složenosti sličan reljefu kopna. Pod utjecajem tektonskih pokreta izložen je dinamičnim promjenama. Kao i u reljefu kopna, na dnu mora pojavljuju se dvije vrste oblika: podmorske (submarinske) uzvisine i podmorske (submarinske) udubine. Podmorski se reljef dijeli prema dubini i udaljenosti od kopna na rubne oblike. Rubni su oblici kontinentski šelf i kontinentska padina. Kontinentski šelf je pojas je relativno plitkog morskoga dna koji okružuje kontinente, a na vanjskom rubu naglo se spušta prema dubokomu moru. Taj strmi odsjek naziva se kontinentska padina. Od te padine prema kopnu pruža se obalno more (plitke vode), a prema pučini otvoreno more (duboke vode), dok morsko dno prekrivaj takozvane ponorne ravnice. Te ogromne su ravnice ponekad presječene dubokim, uskim koritima zvanim rovovima, koji mogu doseći dubinu od 7 do 10 km. Najdublje područje oceana je Challenger Deep u Marijanskom rovu, poznatija pod nazivom Marijanska brazda, s dubinom od 11.022 m. (Andersson i sur., 2016)

### 2.1.1. Vodeni ciklus

Voda stalno mijenja svoja agregatna stanja između pare, tekućine i leda. Sami prelazak iz jednog agregatnog stanja u drugo se može dogoditi gotovo trenutno ili tijekom milijuna godina. Vodeni ciklus opisuje kretanje vode po, iznad i ispod Zemljine površine. Kad Sunce zagrije morsku vodu, dio vode ispari u zrak. Te vodene čestice transportiraju vodenu paru u atmosferu. Kad se para podigne, hladnije temperature zraka uzrokuju njezino kondenziranje u oblake. Zatim zračne struje prenose oblake oko Zemlje, a čestice oblaka sudaraju se, rastu i na kraju padaju s neba kao oborine. Dio oborina pada u obliku snijega i leda, tvoreći ledene kape i ledenjake koji mogu skladištiti smrznutu vodu tisućama godina. U toplijim klimatskim zonama, led se tijekom ljeta odmrzava i topi, a otopljena voda teče po tlu. Međutim, većina oborina pada iz oblaka natrag u oceane ili na kopno, gdje teče po tlu kao i zbog gravitacije dio te vode ulazi u rijeke koje završavaju u oceanu. Međutim, ne slijevaju se svi površinski otjeci u rijeke. Veći dio upija se u zemlju kao infiltracija, gdje se ogromne količine vode mogu skladištiti u podzemnim stijenama na duže vrijeme. (Andersson i sur., 2016)



**Slika 2.** Ilustracijski prikaz vodenog ciklusa (Izvor: E-skole)

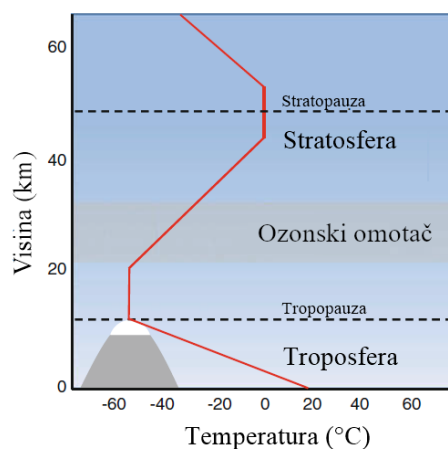
Prema slici se da zaključiti da dio infiltracije ostaje blizu površine i kroz ispuštanje podzemnih voda, može prodrijeti u rijeke, jezera i oceane. Nakon toga korijeni biljaka apsorbiraju još više podzemnih voda i na kraju se isparavaju iz lišća. Kad podzemna voda evapotranspiracijom ponovno uđe u oceane ili atmosferu, vodeni ciklus počinje ispočetka.

## 2.2. Atmosfera

Kada promatrate Zemlju iz svemira, nešto je znatno razlikuje od svih drugih nam poznatih planeta. Najvažnija razlika između Zemlje i naših „susjeda“ u Sunčevom sustavu su prisutnost vode i atmosfere. Atmosfera je tanki sloj plina koji okružuje Zemlju. Kako kažu Andersson i sur. (2016) da je naš planet jabuka, atmosfera bi bila tanja od kore jabuke. Atmosfera nas ne opskrbljuje samo kisikom, već nas štiti i od kozmičkog zračenja i ultraljubičastog (UV) zračenja od sunca. Ponašajući se poput stakla u stakleniku, atmosfera hvata odlazeće zračenje i tako nas grije u hladnoći svemira.

### 2.2.1. Struktura i sastav atmosfere

Atmosfera se sastoji od 5 slojeva: egzofere, termosfere, mezofere, stratosfere i troposfere. Najviši sloj atmosfere s potpuno razrijeđenim zrakom na visini iznad 800 km je egzosfera. Sloj ispod egzofere naziva se termosfera. Ovaj se sloj proteže u visine od 80 km iznad Zemlje. U vanjskom sloju termosfere temperatura može prelaziti stotine stupnjeva Celzijusa zbog intenzivnog sunčevog zračenja i prisutnosti vrlo malo molekula, međutim, temperatura se smanjuje s nadmorskom visinom. Sloj atmosfere koji s gornje strane graniči sa termosferom od naziva se mezosfera. Mezosfera je vrlo tanak sloj atmosfere koji se proteže od 50 do 80 km. Sljedeći sloj atmosfere je stratosfera. Ovdje se temperatura povećava s povećanjem nadmorske visine zbog apsorpcije zračenja ozonom i kisikom (Slika 3).



**Slika 3.** Različiti slojevi u nižim dijelovima atmosfere i temperature u odnosu na nadmorsku visinu (Prema: Andersson i sur., 2016)

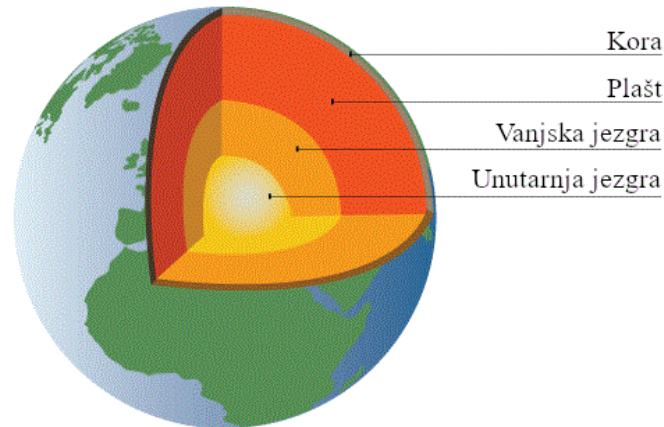
Apsorpcija UV zračenja dijeli molekule kisika koje kasnije sudjeluju u stvaranju zaštitnog ozonskog omotača. Ovo povećanje temperature s nadmorskom visinom izazvano fotokemijskim stvaranjem ozona stvara stabilan, slojevit atmosferski sloj. Troposfera je sloj koji leži uz površinu Zemlje i proteže se od 9 do 17 km visine ovisno o zemljopisnoj širini, godišnjem dobu i vremenu. U njoj se nalazi gotovo sva vodena para i izmjenjuju topli površinski zrak s hladnim visinskim zrakom što uzrokuje sve vremenske prilike na Zemlji. Naziv troposfera potječe od grčke riječi *trop* koja znači prevrtanje. (Andersson i sur., 2016)

### **2.2.2. Efekt staklenika i globalno zatopljenje**

Otprilike 29% sunčeve energije reflektira se natrag u svemir oblacima, atmosferskim česticama ili svijetlim površinama zemlje, poput morskog leda i snijega. 23% dolazne energije apsorbira atmosfera, dok približno 47% apsorbira Zemljina površina. Dakle, atmosfera se zagrijava od temelja, a ne obrnuto. Kada apsorbirana energija zagrije zrak, ona zauzvrat emitira energiju u svemir i natrag na Zemlju. Energija koja se emitira natrag na Zemljinu površinu uzrokuje zagrijavanje Zemlje, što rezultira većom energijom koja zrači s površine. Taj odnos, koji se naziva efekt staklenika, održava Zemljinu temperaturu na razumnoj temperaturi (prosječno 33°C) za održavanje života. Povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi, uglavnom zbog antropogenih izvora, dovodi do veće apsorpcije energije emitirane sa Zemlje, što rezultira višom prosječnom temperaturom atmosfere i zauzvrat se više energije emitira natrag na Zemlju. Djelovanjem efekta staklenika nastaje fenomen nazvan globalno zatopljenje. (Andersson i sur., 2016)

### **2.3. Geosfera**

Geosfera je dio Zemljinog sustava koji uključuje njezinu unutarnju jezgru, stijene, minerale i procese koji oblikuju površinu. Slično atmosferi, dio geosfere koji ljudi koriste je tanak. Geosfera se može podijeliti u tri zone: jezgra, plašt i kora.



**Slika 4.** *Struktura geosfere* (Prema: Earth Sphere's)

Kora je gornji dio Zemljine površine. Ona i gornji sloj plašta poznati su kao litosfera. Litosfera sadrži nekoliko važnih resursa koji se koriste u društvu, na primjer: za proizvodnju mobilnih telefona, računala i brodova. Litosfera sadrži neobnovljive kao što su aluminij, željezo, bakar, nafta, prirodni plin i obnovljive izvore poput tla. Obnovljivi izvor je resurs koji se može nadopuniti razumno brzo (od par sati do sto godina). Količina neobnovljivih resursa u biti je fiksirana u Zemljinoj kori, iako geološki procesi mogu obnoviti takve resurse tijekom vremena od milijuna do milijardi godina. (Andersson i sur., 2016)

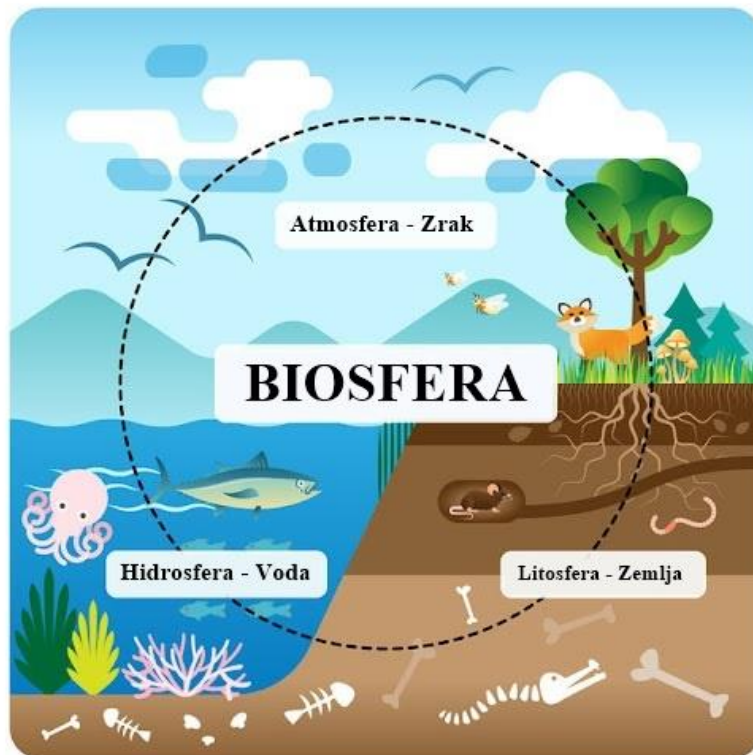
Približno 99 % mase Zemljine kore sastoji se od osam elemenata: kisika (47%), silicija (29%), aluminijs (8%), željeza (4%), kalcija, natrija, magnezija i kalija. Preostalih 1% sadrži približno 90 različitih elemenata. Neki minerali su u izobilju i mogu se naći u većini područja svijeta, dok su drugi koncentrirani na relativno malo mjesta. Budući da se minerali koriste u različitim industrijskim procesima, rezerve tih roba smanjuju se i variraju. Tlo je s ekološke perspektive vrlo važno jer podržava gotovo cijeli život biljaka. (Andersson i sur., 2016)

## 2.4. Biosfera

Biosfera sadrži sva živa bića na Zemlji, uključujući sve mikroorganizme, biljke i životinje. Biosfera je globalni ekološki sustav koji integrira sva živa bića i njihove odnose, uključujući njihove interakcije s elementima drugih sfera (atmosfera, hidrosfera i geosfera). Štoviše, ova sfera se proteže u atmosferu, gdje se mogu pronaći ptice i insekti, pa sve do oceanskog dna. Općenito se vjeruje da je biosfera nastala prije 3,5 milijardi godina i može se podijeliti u zasebne



biome, od kojih se svaki sastoji od živih bića koja su se prilagodila određenoj klimi, na primjer, pustinja, šuma, travnjaka i tundre. Biomi su odvojeni zemljopisnom širinom (Andersson i sur., 2016). Stoga je logično zaključiti da tropski biom uvelike se razlikuje od bioma na Antarktiku.



**Slika 5.** Ilustracijski prikaz biosfere (Prema: Australian Environmental Education)

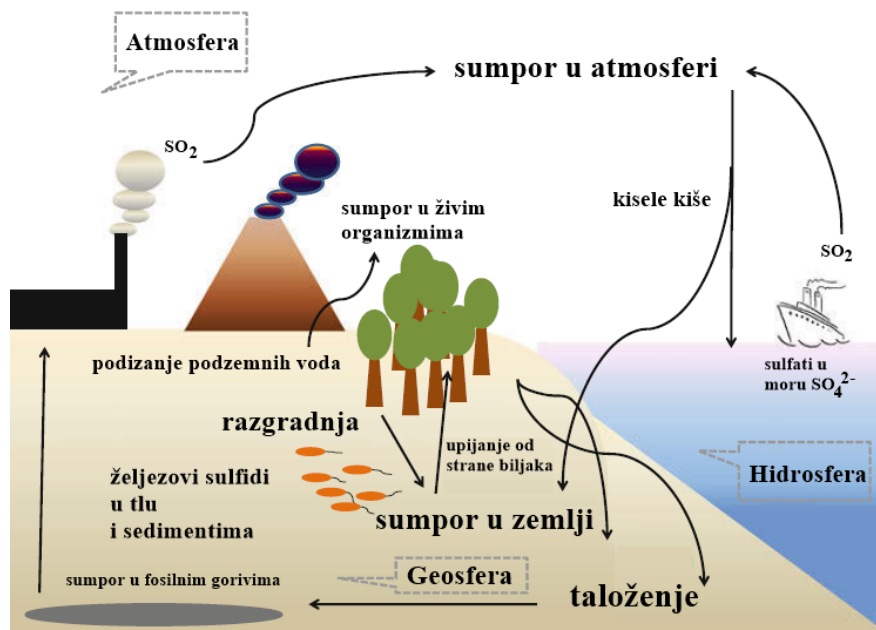
## 2.5. Biogeokemijski ciklusi

Biogeokemijski ciklusi opisuju kako elementi živih tvari putuju putem prirodne cirkulacije u ekosustavu. Ti elementi mogu teći iz neživih u žive komponente i natrag. Na primjer, u ciklusu vode, voda se skladišti u atmosferi zatim se oslobađa kao oborina te je uzimaju i izlučuju živi organizmi i konačno isparava s površine i ponovno se pohranjuje u atmosferi. Biogeokemijski ciklusi, uključujući kemijske, biološke i geološke procese koji imaju iznimno važne funkcije u ekosustavima jer se bitne komponente kontinuirano ponavljaju (Andersson i sur., 2016). Primjeri tri bitna biogeokemijska ciklusa su ciklus sumpora, ciklus dušika i ciklus ugljika.

### 2.5.1. Ciklus sumpora

Ciklus sumpora opisuje kako se sumpor kreće do i od živih organizama i minerala. Sumpor je bitan element u živim organizmima i uključen je u mnoge biokemijske procese. Sastavni je dio

svih bjelančevina, vitamina i mnogih enzima. Većina sumpora pohranjena je u morskoj vodi i sedimentnim stijenama. Sagorijevanjem ugljena i fosilnih goriva posljednjih stoljeća omogućilo je unos sumpora u atmosferu u različitom kemijskom obliku, tj. kao sumpor - dioksid, koji djeluje kao zagađivač zraka. (Andersson i sur., 2016)

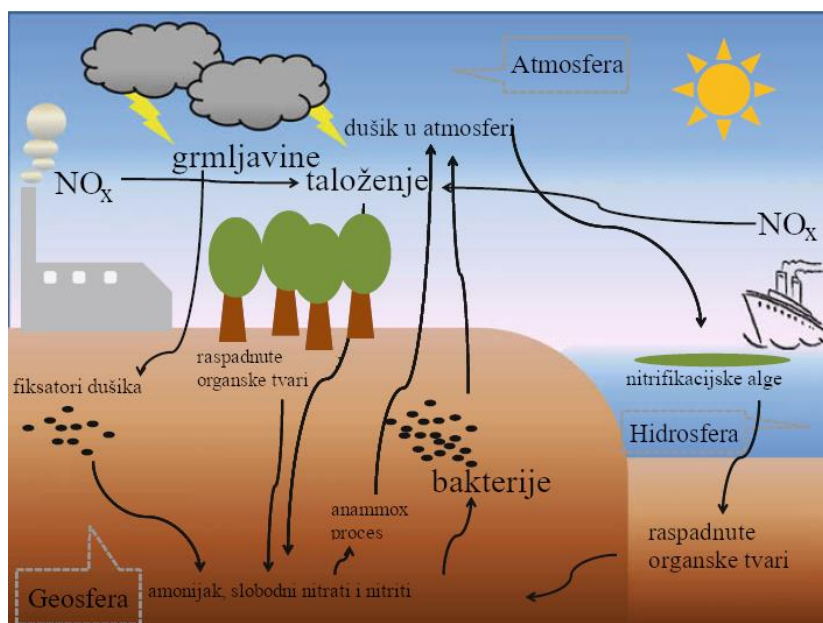


**Slika 6.** Ilustracija ciklusa sumpora i načina na koji se sumpor kreće u i iz živih organizama i minerala (Prema: Andersson i sur., 2016)

Na slici (Slika 6.) je vidljivo kako sumpor dopijeva u sve slojeve čovjekovog okoliša. Izgaranjem goriva ono ide u atmosferu i takva atmosfera zakiseljuje kiše koje padaju na tlo i u more. Tlo zatim upija taj sumpor i ono se takvo taloži i razgrađuje u zemlji te je zbog toga i prisutan u fosilnim gorivima.

### 2.5.2. Ciklus dušika

Dušik utječe na brojne procese u ekosustavima, uključujući primarnu proizvodnju i razgradnju, a sastavni je dio biomolekula, poput bjelančevina, DNA i klorofila. Najveći udio dušika nalazi se u atmosferi, koji čini 78% dušika. (Andersson i sur., 2016)

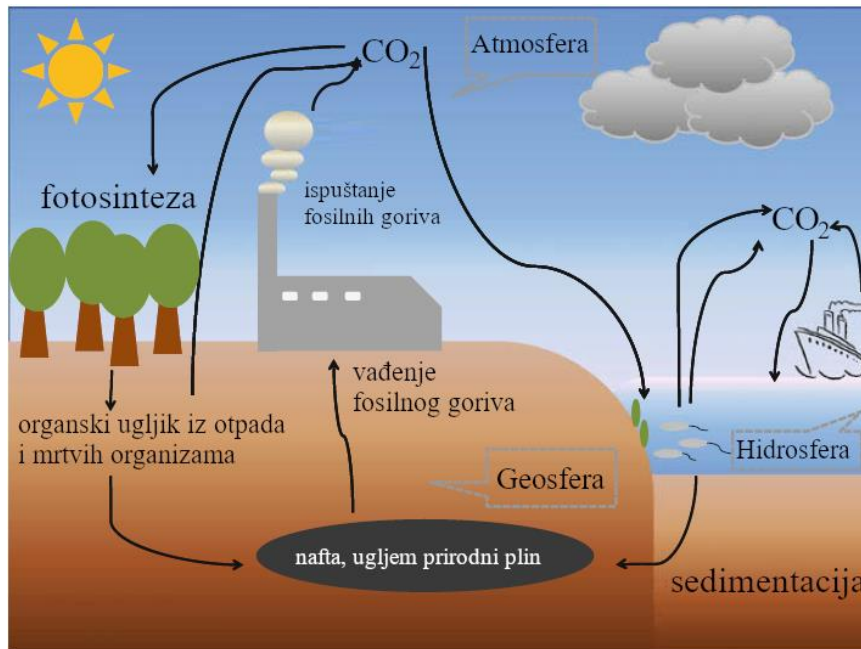


**Slika 7.** Ilustracija ciklusa dušika i načina prijenosa dušika između njegovih različitih kemijskih oblika (Prema: Andersson i sur., 2016)

Prema slici vidimo da se dušik oslobađa izgaranjem fosilnih goriva iz tvornica i brodskih motora ili pod utjecajem grmljavina. Na taj način dušične kiseline - nitrati završavaju u tlu, a biljke ih zatim konzumiraju preko korijena da bi dobile bjelančevine kojima se kasnije hrane životinje. Nakon toga životinje i biljke ugibaju, pa opet svi ti nitriti završavaju u tlu i tako se krug zatvara i počinje ispočetka. Trenutno veliki ekološki problem je prekomjerno opterećenje dušikom u tlu, vodi i zraku iz poljoprivrednih i industrijskih procesa jer prirodni procesi ne mogu uhvatiti sav dušik.

### 2.5.3. Ciklus ugljika

Ugljik i njegovi spojevi su temeljni elementi za svu živu i neživu prirodu. Ugljik je u atmosferi prisutan uglavnom kao ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Ciklus ugljika obično je podijeljen u četiri glavna odjeljka za skladištenje ugljika između kojih se razmjenjuje ugljik: atmosfera, biosfera, ocean i sedimenti. Ova razmjena se odvija kroz različite biološke, kemijske, geološke i fizičke procese.  $\text{CO}_2$  se neprestano izmjenjuje između atmosfere i oceana (Andersson i sur., 2016)



**Slika 8.** *Ilustracija ciklusa ugljika i kako se različiti oblici ugljika kreću kroz žive organizme i Zemljinu koru (Prema: Andersson i sur., 2016)*

U organizmima ugljik prolazi kroz složene organske spojeve i vraća se u atmosferu u obliku ugljikova dioksida. Životinje i biljke izdisanjem oslobađaju ugljikov dioksid. Biljke pretvaraju CO<sub>2</sub> iz zraka tijekom fotosinteze za proizvodnju novih produkata ugljika, uglavnom ugljikohidrata. Jedan dio mrtvih životinjskih i biljnih organizama koji sadrže ugljik tvore fosilna goriva (nafta, ugljen, prirodni plin). Zatim se fosilna goriva vade i izgaranjem oni pridonose povećanju CO<sub>2</sub> u prirodi. Zbog sagorijevanja fosilnih goriva koja sadrže ugljik, razine CO<sub>2</sub> u atmosferi porasle su od početka industrijske revolucije 1760 godine.

### 3. UTJECAJ BRODA NA OKOLIŠ

Više od 80% svjetske trgovine se odvija morskim putem. Pomorska je industrija odigrala ključnu ulogu u oblikovanju trenutnog globalnog gospodarstva. Schoders (2015) procjenjuje da ako se nastavi trend rasta pomorskog gospodarstva kao posljednjih 150 godina, gotovo 23 milijarde tona tereta će biti prevezeno brodom do 2060. godine, u usporedbi s 8,5 milijardi tona u 2010. godini.

Utjecaj brodskih operacija na okoliš bilo na moru ili u luci poznat je desetljećima. No, tek su posljednjih godina dokazani štetni učinci na ljudsko zdravlje i bioraznost. Mišljenje javnosti koje je potaknuto i samim komentarima medija i znanstvenika je dovelo do pitanja kakav ekološki trag brodovi ostavljaju na more, luku i priobalno područje s obzirom na drastičan rast poslovnih aktivnosti (Schroders, 2015). To je navelo i međunarodne i regionalne organizacije, ponajviše Međunarodnu pomorsku organizaciju (IMO) i Europsku uniju (EU) da strože reguliraju emisije iz transporta.

Regulatorna ograničenja povodom zagađenja zraka, emisije stakleničkih plinova (GHG) i poremećaja ekosustava nametnut će značajne troškove brodarskim tvrtkama. Usklađenost s okolišem postaje središnja točka financijskih i operativnih prioriteta. Čak i bez propisa, visoka cijena nafte dovela je do toga da su mjere smanjenja troškova usredotočene na potrošnju goriva i navelo kompanije da optimiziraju teretne rute, upravljaju plovilima pri manjim brzinama ili zamijene flote s energetski učinkovitijim brodovima. Takve su mjere poboljšale učinkovitost resursa, što je pak dovelo do smanjenja ukupnog utjecaja na okoliš. (Schroders, 2015). Ovakve financijske mjere su proizvele pozitivne ekološke nuspojave.

Poštivanje međunarodnih standarda o emisijama sumpornih oksida (SO<sub>x</sub>) predstavlja najhitniji ekološki izazov za tvrtke u pomorstvu. Od siječnja 2015. stroga ograničenja na sadržaj sumpora prisiljavaju kompanije da plaćaju premiju za goriva s niskim udjelom sumpora, instaliraju scrubber-a kako bi smanjile emisije SO<sub>x</sub> ili pređu na alternativna goriva, poput ukapljenog prirodnog plina (LNG). Također se očekuje da će doći do ograničenja u pogledu emisija dušikovog oksida (NO<sub>x</sub>) i stakleničkih plinova, kao i upravljanja balastnim vodama, iako je vremenski okvir za to neizvjestan. (Schroders, 2015)

Prijevoz robe brodom je postao bitan dio svjetskog lanca opskrbe, a kako su učinci klimatskih promjena postali vidljiviji, doprinos CO<sub>2</sub> i stakleničkih plinova iz transportne industrije raste. Kako Container xChange (2019) prenosi prema Europskoj komisiji, pomorska industrija oslobađa 940 milijuna tona CO<sub>2</sub> i čini 2,5% emisija stakleničkih plinova. Brodovi trenutno koriste teško gorivo koje je filtrat destilacije sirove nafte. Sirova nafta u sebi sadrži sumpor, a ispuštaju je brodovi tijekom transporta. Ne samo da je to štetno za ljudsko zdravlje i doprinosi respiratornim i ljudskim bolestima, već SO<sub>x</sub> također uzrokuje kisele kiše, koji su izuzetno štetni za usjeve i zakiseljuju oceane.

S ciljem rješavanja utjecaja pomorskog prijevoza na klimatske promjene, Međunarodna pomorska organizacija (IMO) razvila je program za smanjenje stakleničkih plinova (GHG, eng. *greenhouse gas*) koje proizvodi pomorski promet i to putem inicijativa za kontrolu onečišćenja zraka. U istom smislu, Europska unija (EU) unapređuje okvir „nulta emisija, nulti otpad“ koji ima za cilj smanjiti utjecaj brodskog prometa na okoliš kroz tri različita cilja: primjena učinkovitih motora i čistih goriva radi smanjenja onečišćenje zraka i emisije stakleničkih plinova. Drugi cilj se odnosi na tretman brodskog otpada putem lučkih prihvatnih objekata i treći na recikliranje starih brodova. (Palis i Vaggelas, 2018)

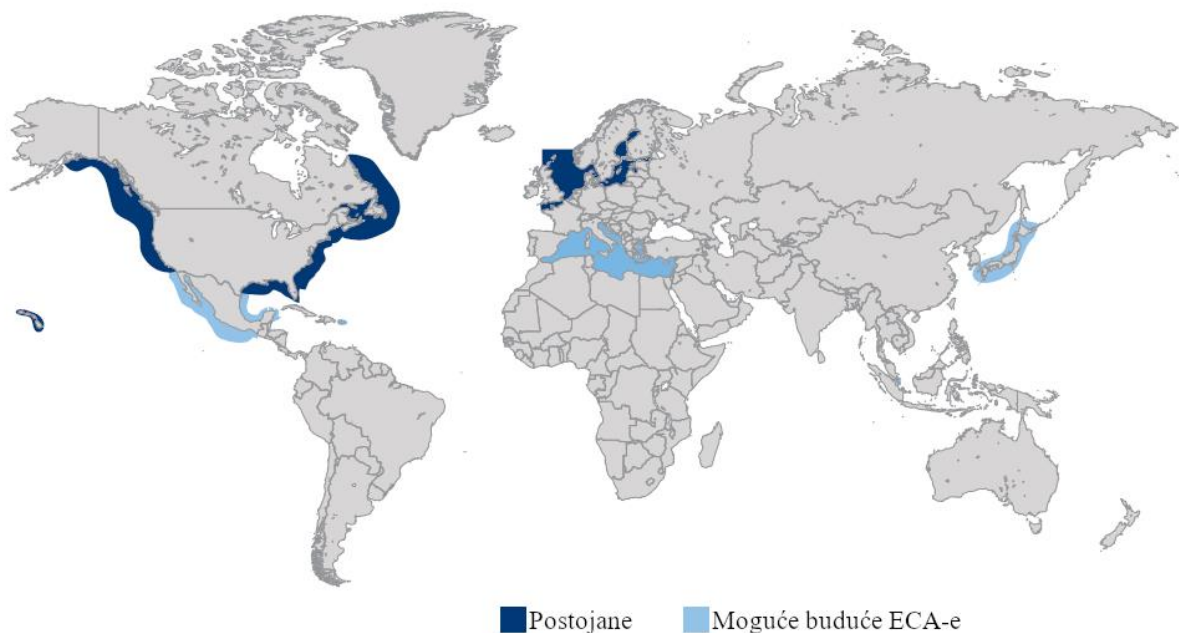
### **3.1. Zagađenje zraka (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>)**

Brodovi godišnje ispuštaju gotovo 8% globalnih emisija sumpor-oksida (SO<sub>x</sub>) i 15% globalnih emisija dušikovog oksida (NO<sub>x</sub>). Kad brodski motori sagorijevaju gorivo, oni također emitiraju prašinu, čađu i male čestice poznate kao PM - eng. *particulate matters*. (Schroders, 2015)

Emisije zagađenog zraka s brodova kontinuirano rastu. Schroders (2015) procjenjuje ako se nastavi po sadašnjoj stopi, do 2025. godine pomorski promet bit će najveći pojedinačni emitent ovih zagađivača u Europi, nadmašujući sve kopnene izvore zajedno. Iako emisije na kopnu općenito opadaju, očekuje se da će se emisije iz transporta povećati za 10% do 2025. godine zbog rasta međunarodnog brodskog prometa na sjevernoj hemisferi. Unatoč smanjenju zdravstvenih troškova u Europi zbog onečišćenja zraka između 2000. i 2020., doprinos brodarstva ukupnim zdravstvenim troškovima vjerojatno će se povećati sa 7% na 12% do 2025. godine. Na primjer, emisije PM-a povezane s pomorskim djelatnostima doprinose približno 60000 smrtnih slučajeva godišnje na globalnoj razini, s utjecajima koncentriranim u obalnim regijama gdje je veliki promet.

Ovo je područje u kojem je specijalizirana ustanova Ujedinjenih naroda, IMO odgovorna za sigurnost i sigurnost plovidbe, te sprječavanje pomorskog onečišćenja brodovima, bila posebno aktivna. Schroders (2015) navodi da će nadolazeći zahtjevi za emisije NO<sub>x</sub> i SO<sub>x</sub> predstavljati najveći dio opterećenja okoliša troškovima brodskih kompanija u sljedećih deset godina. Očekuje se da će rezultirajuće smanjenje emisija NO<sub>x</sub> i SO<sub>x</sub> također pridonijeti ograničenju emisija PM, iako ne postoje posebni zahtjevi koji se odnose na PM.

IMO je 2008. revidirao svoje standarde o sadržaju sumpora u gorivima za brodove. To je kasnije preneseno u zakon EU-a 2012. Od siječnja 2015. brodovi u područjima za kontrolu emisije sumpora (ECA) ne mogu koristiti gorivo s više od 0,1% sumpora. Ta kontrolna područja trenutno pokrivaju Sjeverno more, Baltičko more i La Manche u Europi, kao i sjevernoameričke obale (Slika 9). (Schroders, 2015)



**Slika 9.** Područje kontrole emisije (eng. *Emission Control Areas – ECA*) (Prema: Schoders, 2015)

Globalno, najveći dopušteni sadržaj sumpora u 2015. godini bio je 3,5%, dok su 2020. godine brodovi morali smanjiti sadržaj sumpora u svom gorivu na 0,5%. To se odnosi na sve brodove, postojeće i nove. (Schroders, 2015)

### **3.1.1. Prebacivanje goriva**

Prebacivanje na gorivo s niskim udjelom sumpora relativno je jednostavan zadatak za prijevoznike jer se motori ne moraju naknadno ugraditi ili prenamijeniti da bi prihvatili ovu vrstu goriva. Međutim, to predstavlja dodatni trošak za tvrtke: cijena goriva sa 0,1% udjela sumpora iznosi oko 900 američkih dolara po toni, što je otprilike 50% više od cijene običnog goriva, te se očekuju da će se ukupni dodatni troškovi prenijeti na kupce (Schroders, 2015). Primjena ovih globalnih promjena specifikacija mogla bi uzrokovati značajne poremećaje na naftnim tržištima.

### **3.1.2. Scrubber**

Scrubbing je metoda u kojoj brodovi ugrađuju uređaje za uklanjanje SO<sub>x</sub> iz ispušnih plinova. Tada mogu nastaviti sa sagorijevanjem goriva s visokim udjelom sumpora, a pritom postići smanjenu emisiju SO<sub>x</sub>.

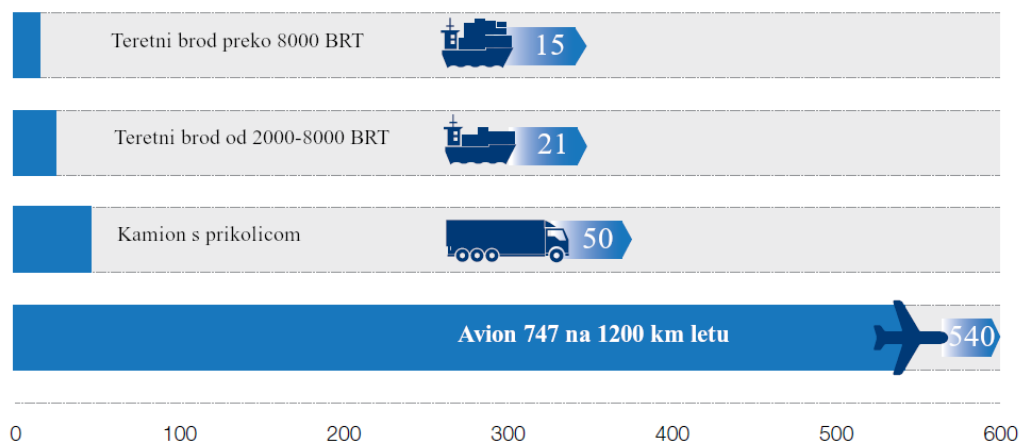
Teoretski gledano, veći brodovi će vjerojatno instalirati scrubber sistem. Potpuno preuređivanje flote zbog ugradnje scrubber sistema može potrajati nekoliko godina, a troškovi opreme varirat će između 1 i 5 milijuna eura po brodu. Odluka o ulaganju ovisit će o vremenu provedenom u područjima za kontrolu emisija (ECA), rasponu između omjera koliko će brod raditi s visokim i niskim udjelom sumpora i naravno starosti broda. (Schroders, 2015)

Kako Schroders (2015) prenosi, prema Europskoj komisiji, brodske tvrtke suočit će se s dodatnim troškovima od 2,6 do 11 milijardi eura za zamjenu goriva ili ugradnju scrubbera koji bi izbacili sumpor iz goriva za brodove. No, nova ograničenja također bi mogla rezultirati ukupnom uštedom do 30 milijardi eura u javnom zdravstvu.

## **3.2. Emisije CO<sub>2</sub>**

Prema Schroders-u (2015) emisije CO<sub>2</sub> iz globalne pomorske industrije iznose približno 1 milijardu tona godišnje, što čini 3% ukupnih svjetskih emisija stakleničkih plinova i 4% ukupnih emisija EU. Tako prosječan teretni brod s nosivosti većom od 8.000 BRT emitira 15 grama CO<sub>2</sub> po toni-km. To je otprilike tri puta učinkovitije od prijevoza kamionom (50 grama) i znatno učinkovitije od zračnog prijevoza (540 grama) (Slika 10).





**Slika 10.** Usporedba emisija CO<sub>2</sub> između različitih načina prijevoza (Prema: Schoders, 2015)

IMO je planirao smanjiti globalne emisije stakleničkih plinova pomorskim transportom razvijanjem međunarodnih mjera, ali pregovori u industriji nisu uspjeli i nije uspostavljen sustav. Nasuprot tome, stav EU-a o ovoj temi je napredniji od IMO-a. Kao prvi korak prema smanjenju emisija i pripremi kompanija za izvješćivanje o ugljiku, Europska komisija predložila je da vlasnici velikih brodova koji koriste luke EU-a trebaju prijavljivati svoje emisije od 2018. godine nadalje, uspostavljajući europski sustav za praćenje, izvješćivanje i provjeru (MRV – eng. *monitoring, reporting and verifying*) emisija. Očekuje se da će MRV sustav smanjiti emisiju CO<sub>2</sub> s putovanja za do 2% u usporedbi sa scenarijem „uobičajenog poslovanja“, prema procjeni učinka Europske komisije. Do 2030. sustav bi smanjio neto troškove vlasnika do 1,2 milijarde eura godišnje. (Schroders, 2015)

Prema prethodnim procjenama uštede, industrija bi mogla uštedjeti 70 milijardi dolara godišnje i smanjiti emisije za 30%. No, te tehnologije još nisu široko prihvaćene. Jedna od glavnih tržišnih prepreka je podijeljeni sustav poticaja, pri čemu otprilike 70% goriva u bunkeru plaća vlasnik tereta. To znači da vlasnik broda nema financijske poticaje za plaćanje tehnologija jer bi trebao imati koristi od rezultirajuće uštede goriva. (Schroders, 2015)

### 3.2.1. Spora plovidba (Slow-steaming)

*Slow-steaming* koji nije ništa drugo nego usporavanje brzine broda, nije novi koncept za pomorsku industriju. To je jedna od učinkovitih "zelenih metoda za smanjenje emisije. Seas At Risk, organizacija za zaštitu okoliša koja je zahtijevala ograničenje brzine broda, provela je studiju koja je pokazala da smanjenjem brzine za 10% može smanjiti emisiju za 19%.

Usporavanje je praksa koja ima ekonomske i ekološke prednosti. Smanjuje vrijeme čekanja broda na poziv u luku, te dolazi u luku u pravo vrijeme. Mnoge brodarske tvrtke već ubiru ekonomske prednosti ove metode. Maersk se od 2007. koristi ovom metodom što je pomoglo smanjiti opterećenje motora za 35% bez ikakvih tehničkih problema. Maersk također planira raditi na super-sporom usporavanju što bi smanjilo snagu motora za 90%.

No usporavanje nije službeno regulirano. U listopadu 2019. BIMCO, brodsko tijelo iz Kopenhagena, predložilo je IMO-u da dovede regulaciju na ograničenje brzine jer smatra da je smanjenje ograničenja brzine važna varijabla koja utječe na emisiju CO<sub>2</sub>. Metoda usporavanja također pomaže smanjiti vrijeme čekanja na poziv u luku gdje se emitira znatna količina energije. (Container xChange, 2019)

### **3.2.2. Smanjenje praznih kontejnera**

Poznata je činjenica da se svaki treći kontejner šalje prazan. Prema Conatiner xChange (2019) to znači da je 2018. godine oko 1/3 od 150 milijuna kontejnera poslano prazno, a to daje mnogo prostora za poboljšanja. Pomorsku industriju to godišnje košta oko 20 milijardi dolara u smislu naknada za skladištenje, naknada za rukovanje i naknade za korištenje.

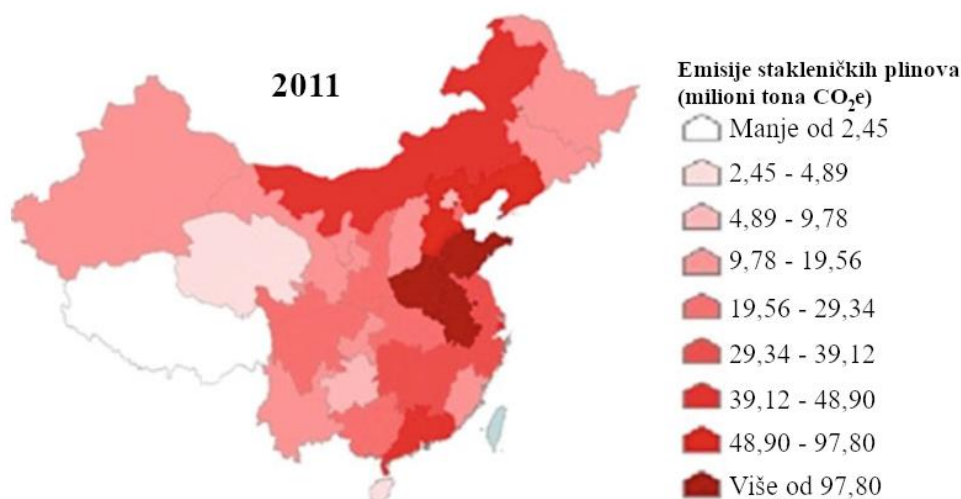
S najmanje 6,4 milijuna kontejnera koji se svake godine premještaju, to dodaje do više od 12 milijuna kg CO<sub>2</sub> samo u praznim kontejnerima. Dok trgovinske neravnoteže doprinose 2/3 problema, neefikasnosti unutar tvrtke doprinose 1/3 problema. Container xChange povezuje više od 300 vlasnika i korisnika kontejnera, poput Kuehne+ Nagel, Seaco ili CMA CGM koji koriste svoju neutralnu internetsku platformu kako bi izbjegli prazne pomake kontejnera. To je poput Airbnb za transport kontejnera. Prijevoznici surađuju s drugim tvrtkama i dijele svoje kontejnere s njima te ih premještaju s lokacija gdje su višak na lokacije s deficitom.

### **3.2.3. Emisija stakleničkih plinova: Kina**

Globalizacija proizvodnje zajedno s neravnomjernom raspodjelom tržišta i zalihama sirovina ubrzala je posljednjih godina rast potražnje za teretnim prijevozom. Brz razvoj industrije teretnog prometa i povezani ekološki problemi koji se odnose na potrošnju energije, zagađenje zraka i emisije stakleničkih plinova doveli su svijet do pitanja o tim problemima. Prema statistikama Međunarodne agencije za energiju (IEA), sektor teretnog prometa jedan je od najvećih i najbrže rastućih sektora potrošnje nafte. Nakon sektora proizvodnje energije, globalni

prometni sektor drugi je najveći sektor za stvaranje emisija stakleničkih plinova i uzrokuje 23% ukupnih emisija stakleničkih plinova u svijetu. (Andersson i sur., 2016)

Kao važan dio transportne industrije, teretni promet značajno doprinosi brzom povećanju globalnih emisija stakleničkih plinova, što će biti cilj regulatorne kontrole. Kina je trenutno drugo najveće gospodarstvo na svijetu, a njezin se sektor teretnog prometa u posljednjem desetljeću brzo se razvijao, prateći brzi razvoj nacionalnog gospodarstva i međunarodne trgovinske aktivnosti zemlje. Prema Nacionalnom zavodu za statistiku (NBS), ukupni promet teretnog prometa u Kini povećan je s 4445 milijardi tona-km u 2000. na 15932 milijardi tona-km u 2011. Plovni putevi najveći su sektor teretnog prometa koji čini 47% ukupnog teretnog prometa u Kini, a slijede ga autocesta i željeznički promet. Zbog brze industrijalizacije i urbanizacije u Kini, pogrešna raspodjela materijala i robe primarni je razlog koji je pokrenuo veliku potražnju za teretnim prijevozom, posebno u razvijenim regijama zemlje. Takva povećanja dovela su do rasta povezane potrošnje energije, osobito naftnih derivata. Na primjer, potrošnja sirove nafte u Kini povećala se s 241 milijuna tona u 2000. na 449 milijuna tona u 2010., a količina uvoza sirove nafte povećala se s 59,69 milijuna tona na 238 milijuna tona u istom razdoblju. Potrošnja energije rezultirala je značajnim povećanjem emisija stakleničkih plinova u zemlji. Emisije stakleničkih plinova iz različitih regija u Kini prikazane su na slici 11. (Andersson i sur., 2016)



**Slika 11.** Emisije stakleničkih plinova iz različitih regija u Kini (2011.) (Prema: Andersson i sur., 2016)

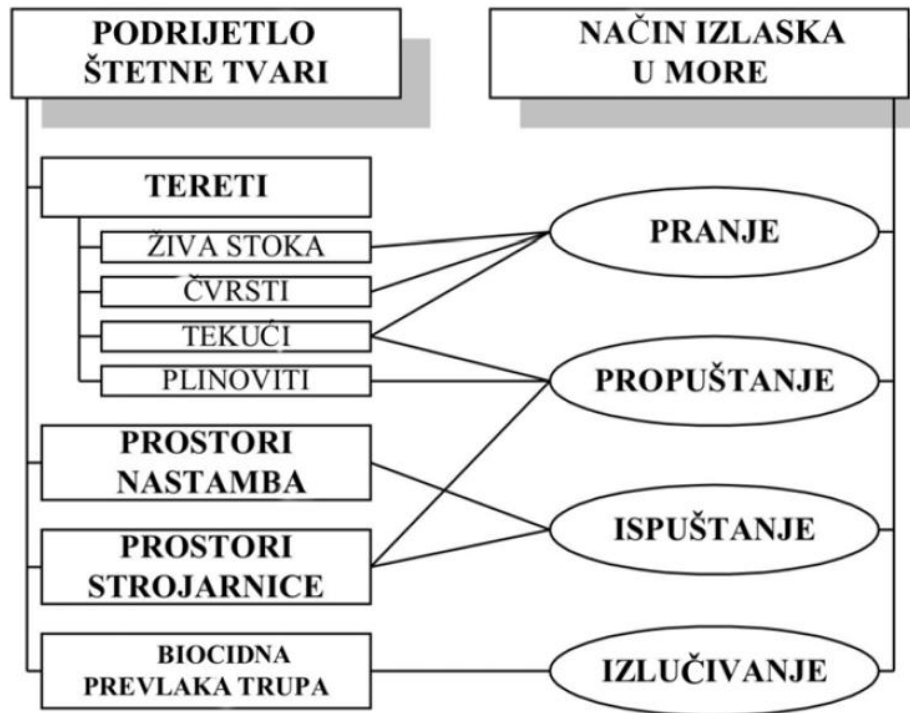
Slijedom toga, postoji hitna potreba da se kreatorima politike daju prijedlozi za smanjenje emisija stakleničkih plinova u kineskom sektoru teretnog prometa. Kako bi se smanjila šteta po okoliš koju uzrokuje sektor teretnog prometa, u Kini se promiče nekoliko mjera i politika za uštedu energije i smanjenje zagađenja. 2008. godine Ministarstvo prometa objavilo je „dugoročni prikaz očuvanja energije u autocestama i plovnim putovima“ u pokušaju da se uspostavi okvir za očuvanje energije u prometnom sektoru. Nacionalni zavod za statistiku uspostavio je sustav izvješćivanja 2007. godine koji je uključivao potrošnju energije iz prometa autocestama i plovnim putovima, isto tako i uspostavljene su luke za prikupljanje podataka o potrošnji energije u različitim kineskim regijama. Kina je počela promicati upotrebu vozila koja koriste komprimirani prirodni plin i ukapljeni naftni plin. Od 2002. godine Kina je promicala E10 (volumno mješavinu 10% bioetanolu i 90% benzina) kako bi zamijenila tradicionalno transportno gorivo u nekoliko glavnih regija, uključujući pet provincija, i 27 gradova u četiri provincije. (Andersson i sur., 2016)

Sama po sebi, Kina je jedna od najmnogoljudnijih zemalja na planeti i samim time očekivan je utjecaj stakleničkih plinova. Pored toga, Kina je glavni izvoznik robe u svijetu koja se najefikasnije prenosi morskim putem. S obzirom na to da je izvoz robe u stalnom porastu to se osjeti i na kinesku pomorsku industriju kojom se prevozi gotovo 50% svih proizvoda. Kao takvo, ostaje upečatljiv ugljikov otisak i kineske vlasti su primorane adekvatno i efikasno reagirati u svrhu smanjenja stakleničkih plinova.

### **3.3. Štetne tvari koje se ispuštaju u more**

Štetne tvari s brodova na različite načine dopijevaju u more. Ovisno o podrijetlu pojavljuju se u svim agregatnim stanjima. Najveća ih količina stiže u more pranjem prostora za teret. Propuštanje sustava za rukovanje teretom i sustava brodske strojarne je najčešćiji uzrok onečišćenju. Ispuštanje zauljenih tvari iz strojarne i otpadnih voda nastamba tipično je za svaki brod i regulirano je konvencijama. Najmanja količina štetnih tvari izlučuje se iz biocidnih prevlaka, ali su te tvari izrazito štetne za okoliš. Nakon ispuštanja u okolišu nakupine tvari često mijenjaju agregatna stanja i kemijski sastav. Obično se plinovi i pare kondenziraju, a tekućine i čvrste čestice djelomično isparuju. (Jelavić i Kurtela, 2007)

Regulacija onečišćenja se vrši konvencijom MARPOL-a 73/78. To je Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s broda, koja obuhvaća sve štetne tvari što se s brodova ispuštaju ili izbacuju, namjerno ili slučajno.



**Slika 12.** Štetne tvari prema podrijetlu i načinu dospijanja u more (Izvor: Jelavić i Kurtela, 2007)

### 3.3.1. Tekući teret

Povremeno se ispuštaju u more tekući tereti, obično nakon pranja spremnika, kao posljedica brodske havarije ili pogreške pri rukovanju teretom. Tekućine koje su izrazito štetne za okoliš, ako se izliju u velikoj količini, izazivaju ekološke katastrofe. Tekućine se u more često izlijevaju izravno ili kroz otvore koji se nalaze ispod vodne linije. Rasprostiranje tekućine u vodi najviše ovisi o gustoći, viskozitetu, tlaku, brzini istjecanja, količini tekućine koja dotječe i brzini broda. Tekućine lakše od vode ostaju na površini vode, dok teže tonu na dno. Slojevi viskoznijih tekućina duže ostaju povezani, pri čemu čine kompaktnu masu, dok se one manje viskozne lakše razdvajaju. Veličina onečišćenja mora znatno ovisi i o vanjskim uvjetima, i to: temperaturi mora, stanju mora, jakosti morskih struja, koje, ako su jake, znatno pridonose širenju ugroženog područja. Gustoća i viskozitet štetnih tekućih tereta znatno ovise o temperaturi, zato posljedice izlijevanja mogu biti različite u hladnim ili toplim morima. Guste tekućine kao što je sirova nafta obično se griju tijekom prijevoza jer im je viskozitet na nižim

temperaturama toliko velik da nemaju sposobnost tečenja. Takvi se tereti nakon izlivanja u more zgušnjuju i tvore homogenu mrlju. Najteži dio ukupne mase tone, pri čemu izravno ugrožava organizme na samom dnu. Od ostalih tekućih tereta štetnih za okoliš najrizičnije su kemikalije i tekući plinovi, pa oni podliježu posebnim propisima za rukovanje i zaštitu okoliša. IMO je klasificirao takve terete u kategorije od A do D, pri čemu je kategorija A najpogubnija za okoliš. (Jelavić i Kurtela, 2007)



**Slika 13.** Nesreća broda *Exxon Valdez* na Aljasci (Izvor: Hakai Magazine, 2019)

Kada se dogodi nesreća na moru poput 1989. godine gdje je tanker Exxon Valdez (Slika 13) udarom u podmorski greben izlio više od 40 milijuna tona sirove nafte u ocean, tada su ekološke posljedice katastrofalne. Valja napomenuti da se do današnjeg dana priroda nije u potpunosti oporavila.

### **3.3.2. Sipki teret**

Sipki tereti dolaze u more slično kao i tekući, odnosno pri manipulaciji teretom ili kao posljedica brodske havarije. Za vrijeme iskrcaja sipkog tereta postoji mogućnost da se njegov dio prospe u more ili na obalu. Nakon iskrcaja i pranja skladišta morskom vodom, zaostali teret u skladištima ispušta se skupa s vodom za pranje van broda. Velika većina sipkih tereta nakon ispuštanja tone i taloži se na dnu. Akvatoriji terminala za sipke terete zato su na samom dnu potpuno prekriveni teretom kojim se manipulira. Sipki tereti koji plivaju na vodi (različiti prahovi) pomiču se nošeni vjetrom ili morskom strujom. Stupanj onečišćenja sipkim teretima ovisi i o rastresitosti tereta u suhom i vlažnom stanju. Manje rastresite čestice tvorit će homogenu nakupinu koja će zauzimati manju površinu, dok će se rastresite čestice raspršiti na većoj površini. Prašina suhoga sipkog tereta kojim se manipulira u otvorenim prostorima, može

biti iznimno neugodna po vjetrovitom vremenu. Nošena vjetrom prašina u odgovarajućoj koncentraciji dopijeva u udaljene prostore i ugrožava okoliš bitno različit od onoga u kojemu je nastala. Od ostalih onečišćivača mora posebno su štetni brodovi za ulov i preradu ribe. Velike količine ribljih iznutrica što s tih brodova dolaze u more ekološka su i toksikološka opasnost. Dio ih se apsorbira i uklanja prirodnim putem, dok ostatak dugo ostaje u tom akvatoriju. Putnički brodovi u more odlažu velike količine nečiste vode („siva“ i „crna“ voda), koja bez obzira na organsko podrijetlo i sastav znači ekološku i toksikološku opasnost za okolno more. (Jelavić i Kurtela, 2007)

### **3.3.3. Biocidi**

Osnovna zaštita protiv obrastanja broskog trupa ispod vodne linije su biocidne prevlake. One se nanose dok je brod u doku i, nakon što se osuše, nisu ozbiljniji ekološki problem. Nakon porinuća broda, u dodiru s vodom biocidi se kontinuirano ispuštaju i uništavaju sve organizme koji se pokušavaju nastaniti na broskom trupu. Učinkovitost prevlake ovisi o njezinoj otrovnosti i u tom se pitanju propisi o zaštiti okoliša kose s pravilima terotehnologije. Biocidi koji se ispuštaju u okoliš nisu otrovni samo za morski okoliš nego i za čovjeka. Najštetnije su biocidne prevlake koje sadržavaju spojeve na bazi kositra, pa su zabranjene za nanošenje i prodaju u nekim zemljama. Bez obzira na navedene zabrane, brodovi s takvim prevlakama još uvijek slobodno mogu uplovljavati u luke tih zemalja. Prema statistikama IMO-a procjenjuje se da 85% brodovlja svjetske flote ima biocidne prevlake na bazi kositra. (Jelavić i Kurtela, 2007)

### **3.3.4. Štetne tekućine iz brodske strojarnice**

Talog koji se iz separatora uklanja iz brodskih goriva i ulja za podmazivanje, ima slično djelovanje na okoliš kao sirova nafta. Ispuštanje njega u more zato je strogo zabranjeno i kažnjivo. Brodska kaljužna voda također može sadržavati zauljene sastojke i druge nečistoće, te se smije kontrolirano ispuštati s broda samo u posebnim područjima plovidbe i uz propisano operativno stanje broda. Kemikalije kojima se tretira kotlovska voda, gorivo i ulje također se moraju nadzirati zbog eventualnoga štetnog djelovanja na okoliš. Različita sredstva za čišćenje, otapala i premazi kojima se koristi pri održavanju, moraju se kontrolirati, i poželjno se koristiti ekološki prihvatljivim sredstvima. Rasolina rashladnih uređaja, pjenilo protupožarnih sustava i slični fluidi kojima se tipično manipulira u brodskoj strojarnici, obično su štetni za okoliš. (Jelavić i Kurtela, 2007)

### **3.4. Upravljanje balastnim vodama (Ballast water management)**

Veliki kontejnerski brodovi koriste vodu kao balast za održavanje svoje stabilnosti kada ne prevozi nikakav teret. Smanjuje stres na trup, čini brod stabilnim, pomaže pri manevriranju brodom i poboljšava pogon. Iako to pomaže brodu na mnogo načina, voda ispumpana u balast postaje okruženje za organizme poput bakterija, mikroba, ličinki i tako dalje. Voda se tada ispumpava u luku kada se teret utovari na brod, a ti novouzgojeni organizmi ulaze u vodeni ekosustav gdje su vanzemaljci, čime inficiraju ekosustav i predstavljaju prijetnju. Osamdesetih godina prošlog stoljeća na to je skrenuta pozornost IMO-ovog Odbora za zaštitu morskog okoliša (MEPC). (Container xChange, 2019)

Nakon godina zahtjeva, Međunarodna konvencija o balastnim vodama uvjerila je IMO da regulira upravljanje balastnim vodama. Od rujna 2017. svi brodovi diljem svijeta obvezuju se na to. Kako bi se pridržavao ove ekološke strategije prijevoza IMO -a, Maersk je odabrao Wärtsiläin sustav upravljanja balastnim vodama (BWMS) za tri nova tankera od 50.000 DWT koji su izgrađeni u Kini. Pomoću BWMS-a voda u balastu prolazi kroz filtraciju i elektro-kloriranje (EC). Voda se najprije filtrira kako bi se uklonili sedimenti i mikroorganizmi, a zatim se dezinficira pomoću UV -svjetiljki. Prema IMO-u, postoji 60 izbora upravljanja balastnim vodama, koji su prethodno testirani i isprobani. (Container xChange, 2019)

Implementiranje ovog sustava je bilo prijeko potrebno, kroz povijest je bilo slučajeva gdje bi autohtone vrste morskih biljaka i životinja nestale zbog ispuštanja balastnih voda, odnosno ispuštanja drugih vrsta životinja i organizama iz jednoga kraja Svijeta u drugi. Rezultat toga bi bio da te nove vrste potpuno opustoše taj dio akvatorija.

### **3.5. Toplina**

Toplina koja se ispušta s brodova, zagrijava vodu i zrak, mijenjajući pri tome temperaturu i entropiju okoliša, što negativno utječe na zemljine ekosustave. U vodu se tako kontinuirano dovodi otpadna toplina oslobođena hlađenjem brodskih toplinskih strojeva. Uz to se s brodova za prijevoz grijanih tereta (tankeri za sirovu naftu i kemikalije) dio topline gubi preko brodske oplate i konstantno se treba nadoknađivati. Tu izgublenu toplinu apsorbira okolna voda i njoj se time povisuje temperatura. U zrak se ispuštaju ispušni i dimni plinovi temperature znatno više od temperature okolnog zraka. Hlađenjem oni predaju toplinu okolišu i zagrijavaju ga.



Također, dio topline grijanih tereta prelazi s brodske oplata na okolni zrak, i na taj mu način povisuje temperaturu. Obratan utjecaj na temperaturu okoliša imaju brodovi za prijevoz hlađenih tereta (ukapljeni plinovi) jer oni apsorbiraju toplinu iz okoliša i hlade ga. (Jelavić i Kurtela, 2007)

Iako brodska energetska postrojenja imaju izrazito velike snage i velike gubitke topline, toplina koja se s brodova ispušta u okoliš ipak je zanemariva u odnosu prema prirodnoj sunčevoj toplini kojoj je taj okoliš izložen. Međutim, dobro je znati za količine brodske otpadne topline, pogotovo u plitkim zatvorenim vodama s intenzivnim brodskim prometom, gdje ta toplina može pridonijeti ukupnom štetnom utjecaju na okoliš. (Jelavić i Kurtela, 2007)

### **3.6. Buka**

Buka i svi njezini izvori u novije se vrijeme drže onečišćivačima okoliša. Razina svih izvora buke, a poglavito one koja nastaje u prometu, kontrolira se i propisuje u određenim granicama. Buka s brodova ima dvostruko djelovanje, prema unutra i prema van, to jest širi se unutar broda kroz brodske strukture i izvan njega kroz vodu i zrak ovisno o izvoru buke. Zvukovi koje brod proizvodi u različitim operativnim stanjima obično premašuju prihvatljive jakosti i frekvencije, i dulji boravak u takvu okruženju štetan je za čovjeka. Unutrašnja brodska buka najizrazitija je u brodskoj strojarnici, i posada koja radi u tim prostorima mora biti propisno zaštićena. Buka se mora što učinkovitije izolirati da ne prelazi u druge brodske prostore jer negativno utječe na radnu sposobnost i raspoloženje posade. Putnici na putničkim brodovima ne smiju biti izloženi buci i vibracijama jer takav brod onda ne može dostići najvišu klasu krstarenja, a time, naravno, i cijenu. (Jelavić i Kurtela, 2007)

Zakoni o zaštiti na radu strogo propisuju intenzitet zvuka kojemu čovjek može biti izložen i IMO je postavio granice buke za pojedine prostore na brodu: radne prostore, navigacijske prostore i prostorije za smještaj. Ti propisi odnose se na buku unutar broda i na ljude koji na brodu rade ili borave. Uz to se postavlja problem vanjske buke u okolišu jer intenziteti i frekvencije zvukova koji su ugodni čovjeku nerijetko su iritirajući za pojedine životinje, i obratno. To se odnosi poglavito na morske sisavce; oni su u pojedinim akvatorijima promijenili staništa i navike zbog stalne izloženosti brodskim šumovima. Za očekivati je da će se iz tog razloga uspostaviti posebne zone plovidbe u blizinama morskih rezervata. Akustička

problematika broda bitna je odrednica ekološkog rizika koja sve više dobiva na važnosti.  
(Jelavić i Kurtela, 2007)

#### **4. EKOLOŠKA POLITIKA U POSLOVANJU POMORSKIH BRODARA**

More kao prirodni resurs i plovni put od pomorskih brodara zahtijeva pridržavanje regulativa koje se tiču zaštite okoliša ako žele poslovati bez kazni i bez zadržavanja u lukama. Vrlo je bitno da države razvijaju regulative koje se odnose na zaštitu morskog okoliša i da u sklopu svoje prometne politike, tj. pomorske politike kao segmenta prometne politike razvijaju ekološku politiku. (Zelenika i sur., 2010)

Glavni izvori onečišćenja danas potječu od čovjeka jer se u mora ispušta veliki broj raznih materijala i supstanci (rudarski ostaci, nafta i naftni proizvodi, industrijski rastvarači, insekcidi i herbicidi, kutije s otrovnim plinom, teški metali, kućno smeće, razni organski materijali, industrijska voda za hlađenje i slično) Za to su krivi, uz čovjeka, teška industrija i brodar. Onečišćenjem su najviše opterećene obalne zone. To se, nažalost, danas događa usprkos nacionalnom zakonodavstvu o zaštiti mora i obalnih zona, kao i velikom broju međunarodnih konvencija o raznim vrstama onečišćenja. (Zelenika i sur., 2010)

Države u svijetu, ali i u Hrvatskoj, svakako bi morale više raditi na razvijanju ekološke politike i na poticanju brodara da prihvate donesene mjere i smjernice u svome poslovanju i da postupaju u skladu s njima. U Hrvatskoj se brodari trude pratiti korak s postavljenim standardima koje propisuju konvencije i domaći zakoni, te nastoje kvalitetno provoditi obrazovanje kadrova u pomorstvu sukladno preporukama MEPC-a (Marine Environment Protection Committee, Komitet za zaštitu morskog okoliša, specijalizirana ustanova IMO-a za zaštitu morskog okoliša) i STCW konvencije (The International Convention for Training Standards, Certificate issue and Watchkeeping, Međunarodna konvencija o standardima izobrazbe, izdavanju svjedodžaba i držanju straže pomoraca). (Zelenika i sur., 2010)

Danas u Hrvatskoj i ostalim pomorskim državama, kako u svijetu, tako i u Europi, u cilju veće zaštite okoliša i sve većeg jačanja ekološke svijesti, vlade i druga mjerodavna tijela razvijaju svoje prometne politike i u sklopu nje ekološku politiku koja nastoji poticati na veću zastupljenost kombiniranog prometa, a ne korištenje samo jedne grane prometa.

#### **4.1. Ekološka politika za zaštitu mora**

More i morski okoliš danas je izuzetno osjetljiv zbog povećanog pomorskog prometa, tj. zbog prisustva velikog broja brodova koji svakodnevno prevozi velike količine tereta i zbog mogućnosti nesreća koje mogu dovesti do velikih ekoloških katastrofa i na taj način uništiti čitave morske ekosustave. Zbog toga su osnovane i donesene brojne organizacije, konvencije i zakoni koje štite more i morski okoliš te potiču brodare da provode efikasnu ekološku politiku u svome poslovanju i da se pridržavaju donesenih zakona koji se odnose na zaštitu mora. (Zelenika i sur., 2010)

Jedna od najvažnijih organizacija u području sigurnosti pomorskog prometa je Međunarodna pomorska organizacija (International Maritime Organization). Osnovana je Konvencijom o međuvladinoj pomorskoj savjetodavnoj organizaciji. Konvencija je usvojena na Pomorskoj konferenciji Ujedinjenih naroda, održanoj 1948. godine u Ženevi. Stupila je na snagu 1958. godine, a prva sjednica Skupštine Organizacije održana je 1959. godine.

IMO je zaslužan za brojne konvencije koje imaju za cilj zaštititi morski okoliš, a od kojih su najvažnije sljedeće:

- Međunarodna konvencija o sprečavanju onečišćenja mora uljem (London 1954.),
- Konvencija o otvorenome moru (Geneve 1958.),
- Konvencija o intervenciji na otvorenome moru u slučaju nezgode koja uzrokuje ili bi mogla prouzročiti onečišćenje naftom (Bruxelles 1969.),
- Konvencija o sprječavanju onečišćenja mora odlaganjem otpadnih i drugih tvari (London 1972.),
- Konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova – MARPOL (London 1973/78.),
- Međunarodna konvencija o sigurnosti života na moru – SOLAS (London 1974.),
- Konvencija UN-a o pravu mora, iz 1982. godine,
- Međunarodna konvencija o pripravnosti, akciji i suradnji u slučaju onečišćenja uljem (London 1990.)
- Međunarodna konvencija o nadzoru štetnih sustava protiv obrastanja brodova (London 2001.),

- Međunarodna konvencija o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima (London 2004.),
- Međunarodna konvencija za sigurno i ekološki prihvatljivo recikliranje brodova (Hong Kong 2009.).

Propisi koji se odnose na sprječavanje onečišćenja mora kojima se želi povećati sigurnost pomorskog prometa na obalnom području Republike Hrvatske i zaštititi morski okoliš su: Pomorski zakonik, Zakon o prijevozu opasnih tvari i Pravilnik o rukovanju opasnim tvarima, uvjetima i načinu ukrcavanja i iskrcavanja opasnih tereta u lukama te načinu sprječavanja širenja isteka ulja u lukama.

#### **4.2. Recikliranje brodova na ekološki prihvatljiv način**

Životni vijek većine brodova traje oko 20-25 godina; od izradbe u brodogradilištu, tijekom godine iskorištavanja do konačnog otpisa, kad se u tom trenutku postavlja pitanje što s tim brodom. Naime, stari je brod zapravo otpad kojega se valja na prihvatljiv način riješiti. (Milošević-Pujo, Jurjević, & Domijan-Arneri, 2007)

Na kraju života broda samo je nekoliko alternativa: pretvorba za druge potrebe (spremišta, materijal za brane, potapanje ili turističke opcije - premalo rješenja za tolik broj brodova koji izlaze iz uporabe svake godine) ili recikliranje u rezalištima. Pretvorba starih brodova u spremišta, brane ili turističke opcije produljuje vijek broda i time odgađa problem za stanovito vrijeme, ali on ostaje jer će brod, prije ili poslije, trebati rezati i reciklirati. Milošević-Pujo i sur. (2007) navode kako je kontrolirano potapanje očišćenoga starog broda može biti jedna od mogućnosti koja je prije svega vrlo ograničena što se tiče kapaciteta. Zatim, potopljenim brodom u nepovrat su izgubljeni svi oni resursi koji se mogu reciklirati i iskoristiti. Zato je recikliranje u rezalištima ipak neusporedivo najbolja opcija.

Otpisani su brodovi koristan otpad koji ima svoju ekonomsku vrijednost, pa zato i svoje specifično tržište, a to je tržište brodova za rezanje. Milošević-Pujo i sur. (2007) navode kako je ukupni prihod od reciklaže brodova iznosi godišnje oko 1,5 milijarda dolara i globalno je jedna od najvećih reciklažnih industrija. Ta vrijednost otpisanih brodova leži u materijalima od kojih je izgrađen. Gotovo ih je sve moguće ponovno upotrijebiti. Primjerice, čelik se može preraditi u materijal za različite konstrukcije, ili vrlo često u zglobove kontejnera. Pri tome je

važno napomenuti da proizvodnja čelika iz recikliranoga zahtijeva samo trećinu one energije utrošene pri proizvodnji čelika iz sirovog materijala. Brodski generatori, sisaljke, osvjetljenje, namještaj i ostala oprema mogu se iskoristiti na obali itd.

Industrijska revolucija i razvoj tehnologije omogućili su izgradnju sve većih brodova, a potreba za pomorskim prijevozom dovela je do stalnog rasta broja brodova. Posljedica toga je i logičan porast otpisanih brodova za rezanje. S obzirom na to da svaki stari brod sadržava više ili manje opasnog materijala, poseban je ekološki rizik. Milošević-Pujo (2007) i sur. smatraju da su problemi ove industrije potječu iz uglavnom tri izvora: zaštite okoliša, zaštite zdravlja na radu i sigurnosti na radnom mjestu. Kako su standardi razvijenih zemalja postajali sve zahtjevniji, posebice s gledišta sigurnosti i zaštite okoliša, a i radna snaga sve skuplja, tako je u tim zemljama postalo sve skuplje baviti se industrijom reciklaže brodova. Zato se ta industrija preselila iz Europe u zemlje u razvoju s niskim standardima i jeftinom radnom snagom. Najprije u Tajvan, dok nije dostigao određen stupanj razvoja, a zatim u Indiju, Bangladeš, Pakistan i Kinu, gdje se trenutno prerađuje najveći broj brodova (oko 85% ukupne tonaže lako opremljenog brodogradnje). Činjenica je da je industrija prerade brodova koncentrirana u ograničenom broju zemalja kojih stupnju razvoja upravo i odgovara takav tehnološki nezahitjevan proces.

Najčešći razlog preseljenja iz Europe u Azijske zemlje su npr. razvoj zemlje, jeftina radna snaga ili velika potreba za zapošljavanjem. Općenito, standardi su na iznimno niskoj razini i sve te zemlje su u mogućnosti preraditi većinu čelika s brodova i iskoristiti ga za različite konstrukcije.

Valja ipak napomenuti da Kina u posljednje vrijeme ulaže znatna sredstva, pa je njezina reciklaža brodova danas na nešto višoj tehnološkoj razini od drugih spomenutih zemalja, ipak, s aspekta sigurnosti i ekologije, još je uvijek daleko od zadovoljavajuće. Milošević-Pujo i sur. (2007) tvrde da industrija reciklaže brodova danas počiva uglavnom na vrlo primitivnom tehnološkom postupku nasukavanja broda i rezanja neočišćene željezne brodske konstrukcije dok brod još pluta. Čitav taj proces uzrokuje visoku razinu onečišćenja okoliša i neke druge negativne učinke koje su vlade zemalja u kojima se prerađuju brodovi, ali i međunarodna zajednica, sve manje spremne tolerirati. Problem zaštite okoliša se počeo sve više isticati tako da se uz ekonomske standarde kvaliteta morskoga brodarstva sve strože determinira socijalnim standardima i standardima sigurnosti i zaštite okoliša.

Primorac (2015) tvrdi da je razvoj suvremenog međunarodnog pomorskog prometa izravno je utjecao na rast svjetske trgovačke flote. S obzirom na prekapacitiranost transportnog sektora, prosjek starosti svjetske flote (operativni vijek većine trgovačkih brodova iznosi 20 –25 godina) te na isključivanje iz plovidbe tankera s jednostrukom oplatom u cilju povećanja sigurnosti pomorskog prometa i zaštite morskog okoliša, očito je da će broj brodova koje je potrebno rastaviti i reciklirati rasti. Ono što se u razvijenijim državama smatra kao granicom upotrebljivosti u manje razvijenim državama će se iskorištavati za daljnju uporabu. Raspreda i recikliranje brodova prvenstveno se vrši radi ponovne uporabe čelika. Brodovi koji su došli do kraja životnog vijeka u pravilu se sastoje od više od 85% reciklirajućeg čelika, važne sirovine koja se koristi u građevinskom, automobilskom i transportnom sektoru (uključujući i brodogradnju). S obzirom na pozitivna tehnička svojstva, čelik je temelj i ključni pokretač svjetske ekonomije u čijoj proizvodnji prednjači Kina.

Recikliranje brodova je nesumnjivo najekološkiji način raspolaganja brodom nakon isteka njegova životnog vijeka, no recikliranje brodova ujedno predstavlja važan ekološki problem u situacijama kada se predmetno recikliranje odvija na plažama (Slika 14.) ili reciklažnim postrojenjima onih zemalja u razvoju koje koriste niske standarde sigurnosti i zaštite okoliša. Recikliranje brodova u tim zemljama predstavlja problem značajan s ekološkog i ekonomskog stajališta. Naime, brojna istraživanja pokazuju da u najvažnijoj pomorskoj zoni Turske u gradu Aliaga, gdje se vrši recikliranje brodova, postoji velika koncentracija teških metala. Europska Komisija procjenjuje da se svake godine iz EU u južnu Aziju izveze 40.000 od 1,3 milijuna tona toksičnih materijala s brodova. Isto tako, Svjetska banka predviđa da će se na bangladeškim plažama u sljedećih 20 godina odložiti 79.000 tona azbesta i 250.000 tona drugih kancerogenih kemikalija što potvrđuje predviđanja da će oko 5,5 milijuna tona opasnog materijala (ulja, PVC, azbesta i dr.) završiti u postrojenjima za reciklažu brodova. Korist od recikliranja brodova izvlače samo pojedinci koji, koristeći jeftinu radnu snagu u azijskim zemljama, primitivnim tehnološkim postupkom nasukavanja broda i rezanja neočišćene brodske konstrukcije dok još pluta koriste niske sigurnosne i okolišne standarde i na taj način izravno ugrožavaju globalnu sigurnost i zaštitu okoliša. No, neophodno je istaknuti kako se pravne posljedice neprimjerenog recikliranja brodova ogledaju i kroz ekonomski aspekt, budući da reciklirani materijali čine važan segment nacionalnog gospodarstva, a rad u reciklažnoj industriji predstavlja jedini izvor prihoda u južnoazijskim zemljama. Recikliranje je profitabilno za brodovlasnike te je to ujedno i poticaj brodovlasnicima da njihovi brodovi dođu do odredišta za recikliranje. (Primorac, 2015)



**Slika 14.** *Brodorezalište u Chittagongu, Bangladeš (Izvor: Magnum Photos)*

U cilju osiguranja da brodovi pri recikliranju ne ugrožavaju ljudsko zdravlje, sigurnost ili okoliš, dana 15. svibnja 2009. god. donesena je Međunarodna konvencija za sigurno i ekološki prihvatljivo recikliranje brodova (Hong Kong konvencija) kao vrlo značajno dostignuće na globalnoj razini, budući da uspostavlja odgovarajući provedbeni mehanizam za recikliranje brodova. Hong Kong konvencija je sveobuhvatan instrument koji upućuje na smanjenje svih sigurnosnih i okolišnih rizika rastavljanja i konačnog odlaganja brodova na kraju njihova komercijalnog života, uključujući odgovorno upravljanje povezanim otpadom i njihovo odlaganje. (Primorac, 2015)

U skladu s općim odredbama, svaka država članica ove Konvencije obvezuje se dati puni pravni učinak njenim odredbama kako bi se spriječile, reducirale, umanjile i u najvećoj mogućoj mjeri, eliminirale nesreće, ozljede i drugi štetni utjecaji po ljudsko zdravlje i okoliš izazvani recikliranjem brodova, te kako bi se unaprijedila sigurnost na brodu, kao i zaštita ljudskog zdravlja i okoliša u vrijeme radnog vijeka broda. Državama članicama Konvencije o recikliranju brodova dana mogućnost propisivanja strožih mjera s ciljem prevencije, redukcije te minimaliziranja štetnih utjecaja recikliranja po ljudsko zdravlje i okoliš. Spomenute mjere moraju biti u skladu s međunarodnim pravom. Države se, između ostalog, obvezuju na međusobnu suradnju kako bi se odredbe Konvencije implementirale i ispunile nakon njenog stupanja na snagu. S istim je ciljem propisana i obveza svih država članica na slanje izvješća sa svim relevantnim informacijama IMO-u, koji će ista dalje proslijediti zainteresiranim



članicama. (Narodne Novine, Zakon o potvrđivanju međunarodne konvencije iz Hong Konga za sigurno i okolišno prihvatljivo recikliranje brodova iz 2009, 2009)

Primorac (2015) navodi kako je Europska Komisija predvidjela da će svake godine do 250 brodova koji viju zastavu države članice EU zahtijevati recikliranje, što opravdava činjenicu da je Europa izvoznik starog željeza (ne uvoznik) zbog nerealnih očekivanja da bi smještajem postrojenja za recikliranje brodova u Europi – moglo doći do izvoza željeza u Bangladeš, Indiju, Kinu i druge južnoazijske zemlje koje navedeno željezo u velikoj mjeri koriste za jačanje nacionalnog gospodarstva.

Morsko je brodarstvo jedan od čimbenika što uzrokuje negativne eksternalije uglavnom zbog onečišćenja okoliša i prijetnje sigurnosti. Primjerice, tanker „Prestige“, 26 godina star brod jednostruke oplata, 2002. godine pukao je napola i potonuo sa 77.000 tona tereta. Kilometri španjolske obale prekrili su se debelim, crnim otrovnim slojem ulja, koji je uništio plaže, životinje, biljke, a i gospodarstvo povezano s morem. Bila je to katastrofa s posljedicama možda i većima od one „Exxon Valdez-a“ na Aljasci 13 godina prije toga. Milošević-Pujo i sur. (2007) navode kako je upravo to dovelo do uvođenja sve strožih standarda međunarodne zajednice koji su ponešto ograničili bespoštednu eksploataciju brodova u cilju povećanja sigurnosti plovidbe i zaštite okoliša, dakle zaštite javnog interesa do razine prihvatljivog rizika. Upravo zbog konfliktnosti karaktera ekonomije sa standardima sigurnosti i ekologije, regulaciju u segmentu sigurnosti i zaštite okoliša u iskorištavanju brodova preuzele su prije svega nacionalne vlade pomorskih zemalja poradi zaštite svoga priobalja. U novije vrijeme proces privatizacije i slabljenje protekcionizma u morskom brodarstvu pomiče interes država od zaštite nacionalne mornarice prema zaštiti javnoga interesa. To praktično sve više pomiče pitanje regulacije s nacionalne na međunarodnu globalnu razinu odlučivanja. Zaštita javnog interesa sve češće donosi promjene u obliku međunarodnih konvencija i pravila kojih se moraju pridržavati svi sudionici u morskom brodarstvu.

Kako je prethodno spomenuto, način na koji se danas obavlja reciklaža brodova može se okarakterizirati kao primitivan i tehnološki zastario, pa prema tome apsolutno neadekvatan sa stajališta globalne sigurnosti i zaštite okoliša. Kako raste broj brodova svjetske trgovačke mornarice, tako raste i broj onih koje godišnje treba reciklirati. Osim toga propisima IMO-a i Europske unije, svi tankeri jednostruke oplata morali su biti prepravljani ili zamijenjeni onima

dvostruke oplate najkasnije do 2015., a neki tipovi do 2007. godine. Nakon „Prestigea“ zahtijevalo se ubrzanje postupka, pa se unutar EU rok pomakao na 2010. godinu. (Milošević-Pujo, Jurjević, i Domijan-Arneri, 2007)

Poradi čvršćeg normiranja reciklaže brodova s obzirom na ekološke učinke reciklaže, IMO je na svojoj 23. skupštini u studenom 2003. donio Smjernice o reciklaži brodova. Na 25. sjednici u srpnju 2005. MEPC (Odbor za zaštitu morskog okoliša) prihvatio je kao prioritet stvaranje pravnih instrumenata o reciklaži brodova koji bi bili obvezujući za države. Budući bi propisi trebali sadržavati stroge norme glede projekta, konstrukcije i pripreme broda tako da se osiguraju uvjeti za okoliš sigurnoga recikliranja brodova. Donesenom rezolucijom poziva se IMO da pridonese razvoju djelotvornog rješenja problema reciklaže brodova kojim bi se minimalizirali radni, zdravstveni i sigurnosni rizici uzimajući u obzir posebne karakteristike svjetskoga pomorskog prometa i potrebe za postizanjem ekološki sigurnoga zbrinjavanja brodova koji više nisu u uporabi. Smjernice su nastale iz potrebe da se stimulira reciklaža brodova kao najbolje sredstvo za uklanjanje brodova na kraju njihova životnog vijeka. Cilj je smjernicama pružiti upute u vezi s pripremom brodova za reciklažu i minimalizirati uporabu štetnih materijala i otpada za vrijeme radnog vijeka broda. (Milošević-Pujo, Jurjević i Domijan-Arneri, 2007)

U tom smislu stavljen je naglasak na identifikaciju potencijalno štetnih materijala na brodu prije recikliranja i uvodi se pojam „zelena putovnica“. To je dokument koji daje informacije u vezi s materijalima za koje se zna da su potencijalno štetni ako se rabe u konstrukciji broda i za njegovu opremu. On treba pratiti brod tijekom čitavog radnog vijeka i pri promjeni vlasništva, novi vlasnik treba održati ažurnom točnost „zelene putovnice“. (Milošević-Pujo, Jurjević i Domijan-Arneri, 2007)

Prazni opremljeni brod koji ostaje kao sirovina za reciklažu, sastoji se poglavito od različitih metala, uglavnom ugljičnog čelika, ali i drugih koji nisu tako pogodni za ponovnu uporabu. Osim toga većina je konstrukcijskog čelika, zbog velike korozivnosti, premazana materijalima koji pri rezanju mogu stvarati toksične plinove. Također na brodu su i određene količine teških metala (poput olova i žive) koji se nalaze u bojama, dijelovima motora, generatora, cjevovoda i električnih razvoda, u termometrima, akumulatorima, prekidačima, osvjetljenju i slično. Anode, uobičajene na brodskom trupu i u tankovima radi sprečavanja korozije, sastoje se

uglavnom od aluminija i cinka, ali sadržavaju i male količine bakra, željeza i žive. (Milošević-Pujo, Jurjević i Domijan-Arneri, 2007)

Brodovi u rezalište uobičajeno dolaze s ostacima goriva i maziva u cjevovodima, tankovima goriva i maziva i u taložnim tankovima. Tankeri uz to dolaze i s ostacima tereta u pripadnim teretnim tankovima. Bilo da je riječ o naftnim proizvodima ili ostalim uljima, poznat je i dokumentiran negativan učinak na okoliš ako se s proizvodima nije pravilno postupalo, već su oni nekontrolirano ispuštani. Također, kao primarna opasnost nameće se i njihova zapaljivost i eksplozivnost kao neposredan uzročnik brojnim nesrećama u kojima dolazi i do smrtnih slučajeva. Općenito, negativan utjecaj na okoliš rasprostire se zrakom, vodom i tlom. U prostorima strojarnice, balastnim tankovima i teretnim tankovima ostaci se ulja i masnoća, taloga, biocida, teških metala i raznovrsnih neautohtonih organizama. Ispuštanjem balastnih voda ugrožava se lokalna i regionalna bioraznolikost i sveukupna ekološka ravnoteža. Uz same ekološke posljedice ispuštanja takvih voda i ostataka u okoliš, nameće se i opasnost za ljudsko zdravlje i nedvojbene ekonomske posljedice. Boje i premazi na brodu lako su zapaljivi i sadržavaju toksične sastojke. Ako bi se zaštićeni čelik rezao, treba ukloniti bilo kakav premaz, i to kemijskim, abrazivnim ili mehaničkim putem. Ostaci zapaljivih boja i premaza mogu se izgarati samo u za to kontroliranim uvjetima. Smjernice daju preporuke vezane za pripremu broda za reciklažu koje sadržavaju brodovlasnikov odabir opreme i razvoj plana reciklaže centra za reciklažu - sve u dogovoru s brodovlasnikom, zatim pripreme u vezi sa zaštitom zdravlja na radu i pripreme povezane sa sprječavanjem onečišćenja tako da se otpad ukloni na mjestu za odlaganje otpada, a količina goriva i ulja svede na minimum pri isporuci do centra. (Milošević-Pujo, Jurjević i Domijan-Arneri, 2007)

Reciklaža brodova mora se promatrati i nadzirati sa svih aspekata životnoga ciklusa broda - od projekta, konstrukcije, dobrenja, iskorištavanja, održavanja i nadzora. Gotovo 95% brodske materijala može biti ponovno upotrijebljeno. Ipak, na brodu je i znatna količina opasnog materijala koji je pri demontaži broda opasnost i za zdravlje i za sigurnost radnika pa i za ekološku održivost. Zato je uvođenje *isprave o brodskim materijalima* preduvjet ekološki prihvatljivoj reciklaži u suvremenim reciklažnim pogonima. U takvim pogonima proces bi se reciklaže pojedinog broda trebao odvijati višestruko brže, praktično bez onečišćenja okoliša, a neki bi se materijali prerađivali u pogonima na licu mjesta. Suvremena tehnologija reciklaže brodova sasvim se razlikuje od dosadašnje. Zahtijeva znatne investicije i one će nametnuti

postojećoj reciklažnoj industriji, težak proces konsolidacije i modernizacije. Taj će proces otvoriti prostor i nekim novim subjektima u nekim drugim zemljama da uđu u posao reciklaže. Milošević-Pujo i sur. (2007) navode kako je cilj da reciklažna brodogradilišta budu financijski profitabilna. Međutim, važnije determinante o kojima će ovisiti financijski uspjeh jedne takve poslovne avanture kao što je reciklaža brodova jest razdoblje za koje će se pojedini brod reciklirati, cijena brodova za staro željezo na tržištu i cijena sirovina koje se dobivaju od broda. Razinu će vrijednosti i dalje određivati odnos svih determinirajućih čimbenika na tržištu, uključujući i posljedice institucionalne regulative recikliranja brodova.

## 5. GREEN SHIPPING

Kako ekološko stanje okoliša privlači sve više pozornosti i sukladno pojačanoj regulativi brodske kompanije se okreću zelenoj praksi. Kupci traže ekološki prihvatljive brodove kako bi izbjegli napade za ekološku nedogovornost. Ekološki prihvatljivi brod znači brod koji ima smanjenu emisiju stakleničkih plinova kroz razvoj tehnike i tehnologije. Neki relativno jednostavni načini su preusmjeravanje na manje zagušene puteve i smanjenje praznoga hoda koji rezultiraju smanjenju potrošnje goriva, odnosno povećanju uštede i smanjenju stakleničkih plinova, do nekih kompleksnijih koji se odnose na preinake brodskog pogonskog postrojenja.

Green shipping se odnosi na korištenje minimalnih (alternativnih) resursa i energije za prijevoz ljudi i robe brodom, kako bi se zaštitio okoliš od onečišćivača koje stvaraju brodovi. Zeleni brod je naziv za svako plovilo koje na ovaj ili onaj način doprinosi poboljšanju stanja okoliša. (BrightHubEngineering, 2010). Riječ "zeleno" u "zelenom brodu" odnosi se na zelenu površinu zemlje, koji se nažalost smanjuje kao rezultat povećanja ljudske intervencije u ekološkim aktivnostima.

Pomorska industrija jedan je od najvećih doprinosa efekta staklenika, fenomena koji je drastično utjecao na prirodni ekosustav zemlje. Stoga su, kao pokušaj smanjenja emisije ugljika koji dolazi iz pomorske industrije, a također i za podršku svjetskom pokretu ka iskorjenjivanju efekta staklenika, mnoga brodogradilišta diljem svijeta započela uvođenje posebnih metoda i opreme u svoje brodove, što ne samo da pomaže u smanjenju ugljičnog otiska, ali i u povećanju učinkovitosti brodova. Ovi ekološki prihvatljivi brodovi poznati su kao "zeleni brodovi". (BrightHubEngineering, 2010)

Najveći doprinos onečišćenju okoliša na brodu je brodska strojarnica. Dizelski motori i drugi strojevi prisutni u strojarnici koriste gorivo za svoj rad, a zauzvrat oslobađaju ugljični dioksid i druge otrovne plinove. Ključ za smanjenje ovih emisija je poboljšati dizajn ovih strojeva, ali i broda. Brodovi bi trebali biti projektirani tako da predstavljaju najmanju prijetnju okolišu. Dakle, što je dizajn bolji, brod je zeleniji. Zeleni i učinkovito projektiran brod tako može postići:

- Smanjivanje potrošnje materijala tijekom gradnje broda,
- Smanjenje potrošnje energije i otrovnih materijala tijekom procesa gradnje broda,

- Korištenje učinkovitih strojeva,
- Poboljšanje cjelokupnog dizajna broda,
- Ponovna upotreba brodskih dijelova.

Dizajn trupa i vrsta materijala koji se koriste za izradu broda imaju vrlo važnu ulogu u ukupnoj učinkovitosti broda. Na primjer, optimizacija trupnih linija broda povećava brzinu broda, štedi gorivo i također poboljšava ekonomsku učinkovitost.

Tehnologija zelenih brodova znači korištenje metoda koje smanjuju emisije i potrošnju energije tijekom procesa izgradnje brodova, poput izgradnje trupa, bojenja i ugradnje. Štoviše, zeleni brod također bi se trebao pridržavati svih pravila i propisa koji se odnose na zaštitu i očuvanje okoliša. Stoga, ako se radi o zelenom brodu, posebna se pozornost pridaje tijekom njegovih proizvodnih i uslužnih procesa. (BrightHubEngineering, 2010)

Kao što je ranije spomenuto, poboljšanje brodskih strojeva još je jedna metoda za ozelenjivanje broda. Pomorska oprema odabrana za zeleni brod trebala bi trošiti manje energije, emitirati manje zagađenja i imati veću učinkovitost. To se može postići koncentriranjem na tehničke aspekte strojeva kao što su kotlovi, glavni motor, generatori, klima uređaj, zračni kompresori itd. (BrightHubEngineering, 2010)

Zeleni brod također znači korištenje novih tehnologija kao što su napredni trupni i propelerski sustavi, scrubber sustav, sustav za odlaganje otpada, sustav recirkulacije ispušnih plinova itd. Osim toga, upotreba goriva odgovarajućeg razreda za određeni motor također smanjuje emisiju ugljika i potrošnju goriva. To također dovodi do manjeg rutinskog održavanja, zahtijevajući smanjeni rad i energiju ljudi. Štoviše, postoje mnoge nove tehnologije koje su potpuno promijenile način rada broda, osim što su smanjile emisiju ugljika. Nekoliko primjera takvih zelenih tehnologija su - električni pogonski sustav, koji koristi električni sustav upravljanja za poboljšanje ukupne učinkovitosti broda uz smanjenje ispušnih plinova; napredni zeleni dizelski motori, koji troše manje goriva, smanjuju emisiju ugljika i proizvode najmanje vibracija i buke itd. (BrightHubEngineering, 2010)

Dakle, postoji mnogo metoda za ozelenjavanje broda od nekih jednostavnijih do kompleksnijih. Međutim treba se složiti i reći da tehnologija iako je napredovala, nije toliko dovoljno da bi

izbacila klasične izvedbe dizelskih brodskih motora. Stoga je potrebno još ulagati u tehnologiju jer će nam jedino tako budućnost izgledati zeleno.

### **5.1. Eko dizajn tankera**

Tankerska Next Generation d.d. kao jedan od svojih osnovnih ciljeva postavila je efikasnost u korištenju energije na brodovima svoje flote s ciljem da se sačuvaju prirodni resursi, te da se smanje emisije štetnih plinova u atmosferu i na taj način želi pripomoći smanjenju efekta klimatskih promjena.

Tijekom posljednjih nekoliko godina, visoke cijene goriva, i generalno niske razine vozarina su doveli "eko dizajn" tankere u globalni fokus. Brodogradilišta su promovirala dizajn koji nudi potencijalno značajne uštede goriva i fleksibilnost brzine navigacije, a takva promocija i tehnička unaprjeđenja izazvali su interes i naručivanje "eko dizajn" tankera. Tankerska Next Generation (2015) navodi kako se prednost ove nove generacije brodova i dalje pomalo podcjenjuje i zbog današnje cijene pogonskog goriva. Međutim, uvriježeno mišljenje jest da je razina cijena nafte posljednjih mjeseci kratkoročna. Kao rezultat trenutnih kretanja na tržištu mnoge adaptacije brodova stavljene su na čekanje, no još uvijek postoji rastuća potreba za njima u skladu s raznim regulatornim pitanjima, uključujući emisije (NO, CO, C), te uvođenja sustava pročišćavanja balastnih voda (BWT).

Eko brodovi posjeduju razna poboljšanja na svom pogonskom sustavu, kao što su poboljšani pogonski motori i poboljšani veći propeleri koji smanjuju potrošnju goriva. Nove generacije motora i druga poboljšanja u pogonskom sustavu koji se nalaze na "eko dizajn" brodovima mogu omogućiti značajno smanjenje potrošnje goriva. Također, "eko dizajn" brodovi imaju poboljšanu hidrodinamiku, optimiziran trup, uređaje za uštedu energije i boju niskog trenja, s ciljem da bi se povećala brzina plovila na određenom režimu rada. Hidrodinamička poboljšanja također mogu pružiti uštedu u potrošnji goriva. (Tankerska Next Generation, 2015)

TNG je fokusiran na razvoj moderne eko dizajn produkt tanker flote:

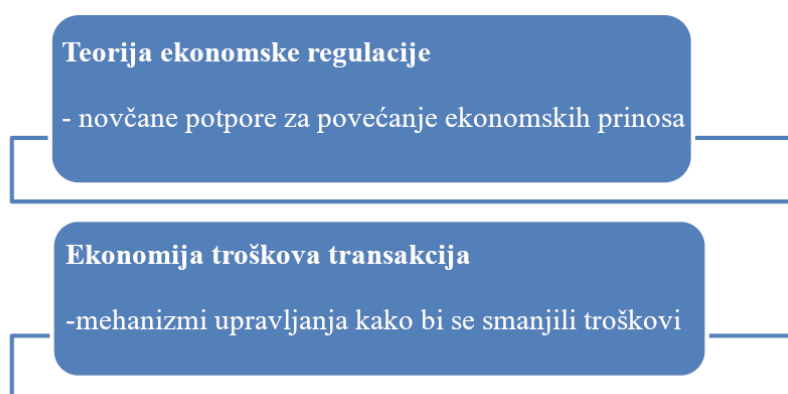
- Product tanker je operativan više od 250 dana godišnje
- Eko-design MR uštedi 5-6 tona pogonskog goriva dnevno

- Troškovna prednost (niži operativni troškovi procijenjeni na 500 USD na dan)
- Nematerijalne prednosti (Preferencija unajmitelja za "zelenijim" proizvodom)
- Veća preprodajna vrijednost (Očekuje se da cijena ne-eko plovila pada brže u sljedećem kriznom ciklusu)
- Nema ograničenja plovidbe zbog onečišćenja okoliša.

Također bod ima podvodnu boju zadnje generacije i povećanu aerodinamiku na palubi kako bi se smanjio otpor vjetra i potrošnja goriva. Tankerska Next Generation (2015) kaže da njihov brod posjeduje NOx certifikate za glavni i pomoćne motore – prijateljski za okoliš s nižom emisijom štetnih plinova te ima ugrađen ispušni sustav koji omogućuje grijanje broda – stvorena para koristi se za grijanje bez dodatne potrošnje goriva (glavni i pomoćni motori su povezani).

## 5.2. Praksa zelenog pomorstva (Green Shipping Practices - GSP)

Iako postoji sve veći trend da tvrtke u svojim brodskim operacijama poduzimaju mjere koje ublažavaju negativne utjecaje na okoliš, to je diskutabilno s obzirom na odnos između poboljšanja uvjeta u okolišu i održivih gospodarskih performansi. Među različitim razlozima za osporavanje usvajanja zelenih operacija, najrašireniji je nedostatak poticaja za opravdanje ulaganja u resurse za ostvarivanje GSP-a. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)



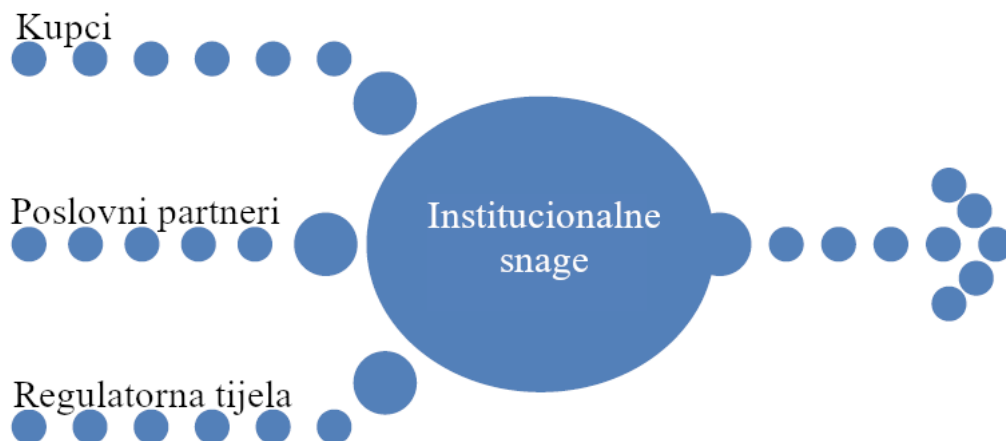
**Slika 15.** Postojeće teorije ekonomske perspektive (Prema: Venus Lun i sur., 2016)

Teorija ekonomske regulacije podrazumijeva da će uspostava poticajnih mjera zaštite okoliša kao što su novčani poticaji, u zamjenu za uvođenje zelene prakse povećati gospodarski povrat poduzeća. Kako ekonomske teorije pretpostavljaju da su poslovne aktivnosti u potpunosti



potaknute ekonomskom motivacijom, teoretske perspektive previđaju ekološki odgovorne radnje koje poduzimaju tvrtke. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

Venus Lun i sur. (2016) tvrde da osim ekonomskih poticaja, postoje i drugi čimbenici koji mogu poticati upotrebu GSP-a. U stvari, ekološka zajednica potiče tvrtke na dobrovoljno poduzimanje mjera zaštite okoliša temeljene na pretpostavci da takve inicijative mogu biti korisne za njihov razvoj poslovanja. U takvim se okolnostima institucionalna teorija također može upotrijebiti u prepoznavanju čimbenika koji se kreću od regulatornih ograničenja do međunarodnog trgovačkog potencijala koji potiču kompanije da usvoje GSP-a. Ova institucionalna teorijska perspektiva širi horizont u nastojanju da razumije čimbenike koji se protežu izvan granica kompanije. Kao što je prikazano na slici 11., klijenti (npr. špediteri) i poslovni partneri (npr. operatori terminala) mogu imati interes za ekološku i produktivnu učinkovitost koja doprinose institucionalnim snagama.



**Slika 16.** *Institucionalne snage koje utječu na usvajanje GSP-a* (Prema: Venus Lun i sur., 2016)

Kao rezultat sve veće svijesti o okolišu u globalnim poslovnim operacijama, od pomorskih tvrtki se sve više očekuje da usvoje GSP i da svoje sustave i procese učine ekološki prihvatljivima. Međutim, najveći izazov za njih predstavlja kako profitirati od brodskih operacija, a istovremeno smanjiti štetne utjecaje na okoliš. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

GSP se proteže izvan tradicionalnih brodarskih imperativa jer usvajaju postupke upravljanja kako bi se smanjile štete na okoliš uzrokovane poslovnim aktivnostima u različitim fazama kretanja tereta. Različita gledišta na GSP kreću se od perspektive prirodnih znanosti do poslovnih operacija. Venus Lun i sur. (2016) smatraju kako usvajanje GSP-a ublažava štetu u okolišu uzrokovanu brodskim operacijama. GSP često imaju oblik tehnoloških inovacija, poput redizajna brodova, održavanja motora, korištenja alternativnih goriva i optimizirane brzine broda. Sukladno tome, GSP se smatra kao napredak u tehnologiji brodogradnje s naglaskom na smanjenje troškova i poboljšanje produktivnosti kroz učinkovitu uporabu energije, a istovremeno smanjujući štetne utjecaje na okoliš od brodskih operacija.

### **5.2.1. Primjena GSP-a**

Međunarodna trgovina znatno je porasla prateći ubrzani rast izvornih globalnih aktivnosti i raspršena mjesta proizvodnje. S druge strane, procjenjuje se da se emisija ugljikovog dioksida u brodskoj industriji značajno povećava kako međunarodna trgovina i raste i napreduje. Kao što brodarske kompanije igraju važnu ulogu u olakšavanju globalnog teretnog toka, održivog razvoja brodskih operacije, privukle su sve veću pažnju od različitih dionika, uključujući prijevoznike, vlade i javnost. Mnoge brodarske tvrtke traže načine kako poboljšati ekološku održivost njihovog poslovanja. Kako pomorska trgovina znatno porasla u posljednjih nekoliko desetljeća, sve se više povećavala zabrinutost zbog utjecaja na okoliš uzrokovanog brodskim djelatnostima. Za rješavanje ove zabrinutosti, sve veći broj brodara počeo je usvajati “zelene operacije” kao sredstvo za postizanje održivosti okoliša. Zelene operacije u pomorskoj industriji podrazumijevaju ekološki održivi načini za obavljanje pomorskih aktivnosti. Osim toga, pomorska tvrtka djeluje u transportnom lancu gdje su različiti operatori u pomorskoj zajednici usko povezani, a u kojem ekološki učinak svakog operatora utječe na održivost okoliša transportnog lanca. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

### **5.2.2 Pokretači za usvajanje GSP-a**

Brojni su pokretači koji utječu na primjenu GSP-a u pomorskoj industriji. Primjeri pokretača uključuju regulacijske zahtjeve, norme zaštite okoliša, potražnju kupaca i povećanje produktivnosti.

### **5.2.2.1. Regulacijski zahtjevi**

Propisi služe kao sustavna smjernica za usmjeravanje kompanija u provedbi različite ekološki odgovorne prakse koje se kreću od pravilnog odlaganja krutog otpada do smanjenja emisije plinova. Na primjer, postoje međunarodni zakoni, kao što su Direktive Europske zajednice o otpadu električne i elektroničke opreme (WEEE) koji potiču proizvođače da sakupljaju i recikliraju proizvode, i Registracija, procjena, autorizacija i ograničenje kemikalija (REACH) što osigurava da se industrija pridržava utvrđivanja opasnosti i prosljeđivanja informacija potrošačima. U skladu s ovim propisima, Agencija za zaštitu okoliša (EPA) u SAD-u predložila je propise za smanjenje emisija s brodova u 2009. godini. Iako su zakonodavne mjere neophodne za zaštitu okoliša, provedba tih propisa od presudne je važnosti za postizanje ciljeva zaštite okoliša. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

Iz regulatorne perspektive svakako treba spomenuti Međunarodnu konvenciju o sprječavanju onečišćenja s brodova jedna je od najvažnijih konvencija koje reguliraju i sprječavaju onečišćenje mora brodovima. Donešena je u Londonu 1973, a izmijenjena je Protokolom iz 1978. godine koji je sastavni dio konvencije (MARPOL 73/78), koja pokriva slučajno i namjerno onečišćenje naftom, kao i zagađenje kemikalijama, opasnim tvarima, fekalijama, smeće i onečišćenje zraka. IMO također ima tajništvo odgovorno za Konvenciju o sprječavanju onečišćenja mora odlaganjem otpada i drugih tvari 1972., poznatija kao Londonska konvencija, ažurirana Protokolom iz 1996.

### **5.2.2.2. Norme o zaštiti okoliša**

Obično je viđeno da industrije uspostavljaju svoje norme i prakse s ciljem potpore vlastitog održivog razvoja. Mnoge industrijske organizacije, npr. IMO-ov Odbor za zaštitu morskog okoliša (MEPC), često vode razvoj i promicanje zelenih praksi zaštite okoliša. Prepoznavanjem važnosti okolišne degradacije uzrokovane brodskim aktivnostima, MEPC je nedavno razmotrio prijedloge za smanjenje emisije ugljika u pomorskoj industriji s fokusom na recikliranje brodova i smanjenje emisije štetnih plinova. Venus Lun i sur. (2016) navode kao primjer koji najbolje ilustrira takvu praksu je projekt koji je pokrenuo Maersk Line kako bi razvio ekološki prihvatljiv proces recikliranja brodova koji je zamijenio prethodni postupak reciklaže. Maerskovi brodovi dizajnirani su i izgrađeni od materijala s visokim omjerom recikliranja.

### **5.2.2.3. Zahtjevi kupaca**

Povećanje ekološke svijesti prisililo je pomorske tvrtke na provođenje ekološki prihvatljivih operacija. Brodske operacije neizbježno ispuštaju onečišćujuće tvari u more kao što je uljni otpad. U situacijama kada je pomorska kompanija optužena za onečišćenje, kupci mogu svoje poslove dati drugoj kompaniji kako bi izbjegli napade za ekološku neodgovornost. Brodarske tvrtke, kao i pružatelji logističkih usluga, pokreću korisnike da usvoje “zelene prakse“. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

### **5.2.2.4. Povećanje produktivnosti**

S obzirom na porast zabrinutosti za okoliš, u međunarodnoj trgovini postoji hitna potreba da se pomorske tvrtke nose s ekološkim pritiscima na takav način koji neće ugroziti njihov rast poslovanja, dok istovremeno proizvodi ekonomske i ekološke koristi u globalnom brodarskom lancu. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

Uz gore navedene institucionalne snage koje se odnose na regulacijske zahtjeve, norme zaštite okoliša i potražnju kupaca za fokus na okoliš u transportnim operacijama, brodarske tvrtke trebaju rješenje u kojem GSP može biti izvediv izbor za rješavanje ekoloških i produktivnih izazova.

## **5.3. Konceptualizacija GSP-a**

Različita tumačenja GSP-a mogu dovesti do nedosljednosti u smislu procjene učinka, što ugrožava ishode provedbe. Venus Lun i sur. (2016) nam tvrde kako GSP-ovi su bili konceptualizirani na različite načine, koje se kreću od perspektive prirodnih znanosti do tehnološkog napretka, kao i upravljanja poslovanjem. Kao što je prikazano na slici 15., prirodne znanosti smatraju GSP-ove kao korisno sredstvo za brodarske tvrtke da smanjuju štete uzrokovane njihovim poslovanjem u prirodnom okolišu. Ispitivanje atmosferskih problema povezanih s emisijama koje potječu iz djelatnosti brodarstva ukazuju na povezanost između operacija plovidbe i posljedica onečišćenja atmosfere (npr. globalno zagrijavanje, kisela kiša i klimatske promjene).



**Slika 17.** *Konceptualizacija GSP-a iz perspektive prirodnih znanosti* (Prema: Venus Lun i sur., 2016)

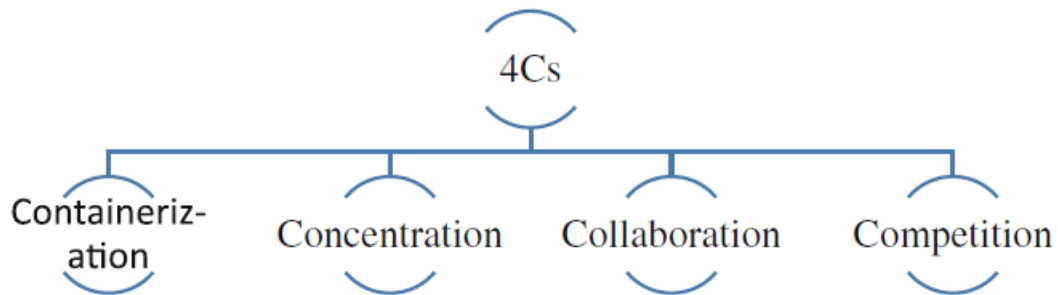
GSP-ovi se ponekad smatraju napredovanjima u tehnologiji, s naglaskom na smanjenje troškova i poboljšanje produktivnosti kroz učinkovitu uporabu energije, a istovremeno smanjujući štetne utjecaje na okoliš uzrokovane brodovima. Zajedno s tehnološkim napretkom, sredstva „zelenih“ brodskih aktivnosti uključuju izmjene sustava brodskih motora, primjenu kemijskih obilježivača i uporabu alternativnih goriva za operacije na plovidbi. Sve ove inicijative su usvojene s ciljem smanjenja štete na okoliš uzrokovane plovidbenim brodovima. Ekološke i financijske posljedice tehnoloških napredaka u transportnom poslu postale su popularne istraživačke teme u literaturi. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

### **5.3. Razvoj kontejnerskog transporta (4C-a)**

Globalni gospodarski razvoj ima bliske veze s komercijalnom brodskom industrijom. Pomorska trgovina je ključna za promicanje gospodarskih aktivnosti između zemalja koje se protežu u različitim geografskim regijama. Globalna trgovina oslanja se na brodove za prijevoz tereta s proizvodnih mjesta u regije potrošnje. Kao važan element gospodarskog razvoja, pomorstvo ima dugu povijest koja datira od 1700. godine prije Krista. Globalna trgovina oslanja se na brodove za prijevoz tereta radi lakšeg dovršetka gospodarske razmjene. Prijevoz tereta brodom je primarno sredstvo za olakšavanje specijalizacije industrije u svim zemljama i opsežno gospodarstvo proizvodnje, što dovodi do nižih cijena proizvoda i veće dostupnosti proizvoda, što zauzvrat potiče rast međunarodne trgovine. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

Pojava kontejnerskih brodova duboko je promijenila odnos među igračima u lancu prijevoza tereta. Radno okruženje kontejnerskog prijevoza pokreću 4C-i a to su: kontejnerizacija (*eng.*

containerization), koncentracija (eng. concentration), suradnja (eng. collaboration) i konkurencija (eng. competition). Kao što je prikazano na slici 16.



**Slika 18.** 4C-a radnog okruženja kontejnerskog transporta (Izvor: Venus Lun i sur., 2016)

### 5.3.1. Kontejnerizacija (Containerization)

Od uvođenja kontejnerskih brodova 1956., industrija kontejnerskog prijevoza brzo je narasla. Korištenje kontejnera uvelike je poboljšalo učinkovitost utovara i istovara tereta. Kontejnerizacija također pridonosi rastu globalne proizvodnje, distribucije i potrošnje zbog ekonomije razmjera u prijevozu tereta, što dovodi do nižih naknada za teret. Prijevozna vozila i terminali promijenili su svoj dizajn i operacije za rukovanje kontejnerima na isplativiji način. U osnovi, revolucija kontejnera značila je da su se promijenili svi aspekti prijevoza tereta. Nedavno se kontejnerski prijevoz natječe na temelju ekonomije razmjera. S povećanjem veličine broda, prijevoznici moraju osigurati veće količine tereta kako bi u potpunosti iskoristili svoj brodski prostor. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

### 5.3.2. Koncentracija (Concentration)

Koncentracija je još jedno sredstvo za tvrtke za transport kontejnera da prošire svoje sposobnosti rukovanja teretom povećanjem svojih transportnih kapaciteta i dodjelom više plovila za opsluživanje šireg zemljopisnog područja. Prema podacima BRS-Alphaliner, kapaciteti raspoređeni za trgovinu kontejnerima značajno su se povećali u posljednja dva desetljeća. Osim toga, povećani operativni kapaciteti velikih operatera kontejnerskih terminala doveli su do koncentrirane dominacije tvrtki u industriji kontejnerskog prijevoza. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

### **5.3.3. Suradnja (Collaboration)**

U pomorskoj industriji, suradničke operacije među operatorima kontejnerskog transporta, kao i njihovo raspoređivanje većih brodova međusobno su ovisne. Za ilustraciju toga, dijeljenje prostora važan je element suradničkih operacija jer dijeljenje većih kontejnerskih brodova omogućuje tvrtkama za prijevoz kontejnera da raspodijele financijski rizik povezan s ulaganjem u nove i veće brodove. Globalizacija pomorskih usluga kroz suradničke operacije popularna je strategija kada pružatelji usluga pregovaraju s operatorima kontejnerskih terminala o dodatnim terminalskim pristojbama i uslugama u njihovu korist. Kao odgovor na takvu tržišnu snagu, operateri terminala voljni su surađivati s tvrtkama za kontejnerski transport na globalnoj razini radi traženja zajedničke dobiti. Venus Lun i sur. (2016) navodi za primjer rad MSC-PSA Asia Terminala, zajedničkog pothvata između operatora terminala (tj. PSA) i brodske linije (tj. MSC) sa sjedištem u Singapuru, primjer je suradnje između operatora kontejnerskog terminala i tvrtka koja se bavi transportom.

### **5.3.4. Konkurencija (Competition)**

Zbog globalizacije poslovanja u godinama koje su pred nama bit će trend još jače konkurencije. Kao konkurentna strategija, brodske kompanije nastoje povećati svoje kapacitete kako bi ojačale svoju poziciju na tržištu. Nakon što je brodska kompanija naručila veće brodove, konkurencija je prisiljena slijediti taj primjer kao obrambenu strategiju kako bi bili u tijeku s konkurentnim tempom. S druge strane, kontejnerske luke natječu se lokalno i regionalno jer opslužuju isto zaleđe. Primjer je sve veća konkurencija između luka Hong Kong i Shenzhen. (Venus Lun, Lai, Wong, i Cheng, 2016)

### **5.4. Zelene luke (Green Ports)**

Osim brodova i morske luke su jedan od glavnih pokretača pritiska na okoliš, posebno zbog činjenice da se većina morskih luka i terminala nalazi u blizini urbanih područja (gradskih područja). Većina lučkih sustava koristi zastarjelu tehnologiju za mjerenje potrošnje energije i zbog navedenih činjenica ne doprinosi energetskej učinkovitosti, zaštiti okoliša i održivom razvoju. Stoga je cilj luke da se razviju tehnološka poboljšanja u svrhu energetske učinkovitosti.

Današnje luke imaju veću ulogu od jednostavnog rukovanja teretom na obali. Izvori njihove konkurencije i opseg njihovog utjecaja protežu se preko mora. Njihove upravljačke i operativne strategije isprepletene su s dionicima na nekoliko razina i u mnogim sferama, od lokalne do globalne i od poslovnih do vladinih. Uloga luke u transportnom lancu ima potencijal oblikovanja društvenih i ekoloških performansi prometnih sustava koji se prostiru diljem svijeta. Iako mnoge luke odlučuju ne postupati dalje od usklađivanja s postojećim propisima o zaštiti okoliša u svom gradu, regiji ili zemlji, u mnogim su slučajevima iskoristile svoj potencijal za rješavanje društvenih i okolišnih vanjskih utjecaja. (Bergqvist & Monios, 2019)

Iako je Kyoto protokol (usvojen 1997. i stupio na snagu 2005.) uveo pravno obvezujuće ciljeve emisija, zrakoplovstvo i brodarstvo nisu bili uključeni. Istraživači su posljednjih godina analizirali i kvantificirali emisije iz pomorskog sektora, što bi moglo biti potencijalna osnova za buduće ciljeve. Ove se emisije mogu općenito podijeliti na emisije stakleničkih plinova (GHG) koje utječu na klimatske promjene i lokalno zagađenje zraka, prvenstveno sumporne okside (SO<sub>x</sub>), dušikove okside (NO<sub>x</sub>) i čestice (PM). U razdoblju 2007.-2012. Brodarstvo je činilo 2,8% globalnih emisija stakleničkih plinova ili dvostruko više od zračnog prometa. Lokalni zagađivači su pod pritiskom u obalnim područjima zbog njihovog utjecaja na zdravlje ljudi. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) zagađenje zraka smatra velikim ekološkim rizikom po zdravlje, procjenjujući da rezultira sa tri milijuna smrtnih slučajeva godišnje. Pomorska industrija značajno doprinosi ovom riziku, osobito u obalnim područjima. U cijelom svijetu isporuka čini približno 15% NO<sub>x</sub> i 5-8% emisija SO<sub>x</sub> koji nanose ozbiljnu štetu i zdravlju ljudi i okolišu. Otkriveno je da su emisije iz plovidbe uzrokovale oko 50.000 preuranjenih smrti samo u Europi 2000. godine. (Bergqvist i Monios, 2019)



Godina Prioritet	2004	2009	2013	2017
1.	Smeće / Lučki otpad	Buka	Kvaliteta zraka	Kvaliteta zraka
2.	Jaružanje	Kvaliteta zraka	Smeće / Lučki otpad	Potrošnja energije
3.	Jaružanje	Smeće / Lučki otpad	Potrošnja energije	Buka
4.	Prašina	Jaružanje	Buka	Kvaliteta mora
5.	Buka	Jaružanje	Brodski otpad	Jaružanje
6.	Kvaliteta zraka	Odnos s lokalnom zajednicom	Odnos s lokalnom zajednicom	Smeće / Lučki otpad
7.	Opasni teret	Potrošnja energije	Jaružanje	Razvoj luke (kopno)
8.	Bunker	Prašina	Prašina	Odnos s lokalnom zajednicom
9.	Razvoj luke (kopno)	Razvoj luke (more)	Razvoj luke (kopno)	Brodski otpad
10.	Ispuštanje s broda	Razvoj luke (kopno)	Kvaliteta mora	Klimatske promjene



**Slika 19.** Ekološki prioriteti za europske lučke uprave (2004.-2017.) (Prema: Palis i Vaggelas, 2019)

Na Slici 17. je jasan prikaz promjene ekoloških prioriteta tokom godina. Najveći prioriteti se odnosi na kvalitetu zraka s obzirom na utjecaj ispušnih plinova na priobalno područje. Osim toga postoje i brojne druga područja koja su važna za zelene luke, kao što su buka, prašina, otpad i sl. Upravljanje zelenim mora uključivati zaštitu ekosustava kroz plan razvoja luka i propise o očuvanju okoliša.

#### 5.4.1. Radnje koje trenutno poduzimaju brodske kompanije

Brodske kompanije već su primjenom nekoliko strategija kako bi se smanjila svoj utjecaj na okoliš, uglavnom veze sa smanjenjem emisije kao što je propisano međunarodnim propisima. Najočitiiji problem koji treba prvo razmotriti je upotreba goriva. Kako navode Beqvist i Monios (2019) brodovi za plovidbu oceanima nastavljaju se oslanjati na teško gorivo (HFO) koje je zapravo nusprodukt procesa rafiniranja, stoga je vrlo jeftino, ali i najzagađujuća vrsta goriva na raspolaganju. Brodovi koja koriste teško gorivo često će prelaziti na druga goriva u ovlaštenim područjima ECA-e, osim ako koriste čistače. Manja plovila koriste ili dizelsko gorivo i također se često koristi u pomoćnim motorima većih brodova za potrebe hotelskog dijela.

Alternativno gorivo koje najviše obećava je ukapljeni prirodni plin (LNG). LNG je jeftiniji od teškog goriva, nema emisije SO<sub>x</sub> ili PM i mnogo niži NO<sub>x</sub>, ali proizvodi samo 25% smanjenje CO<sub>2</sub> u usporedbi s konvencionalnim gorivom. U studenom 2017. godine, treći najveći svjetski prijevoznik CMA CGM naručio je devet velikih kontejnerskih brodova kapaciteta 22.000 TEU koji će svi moći raditi na LNG-u. To su bila prva plovila takve veličine koja su koristila ovo gorivo. Prema WPCI -u, ukupna svjetska flota koja koristi LNG (isključujući prijevoznike LNG -a) ostaje mala na manje od 100 plovila, uglavnom trajekata. Međutim, Bergqvist i Monios (2019) tvrde kako je LNG i dalje fosilno gorivo koje proizvodi samo 25% smanjenje emisija stakleničkih plinova, a postoji i zabrinutost u pogledu mogućnosti opskrbe potrebnim količinama ako bi se promijenio značajan dio svjetske flote.

Glavna prepreka širokom unosu LNG -a je nedostatak lokacija za opskrbu gorivom .Ukoliko bi luke uvele opskrbu LNG-om, tada bi brodovi zasigurno pristizali u te luke, međutim dovodi se do pitanja, da li bi brodari koji se služe relativno mladom flotom na klasični dizelski pogon napravili preinake koje bi ih skupo koštale samo radi toga. Jedino pravo rješenje je primarna gradnja takvih brodova jer s povećanjem potražnje porasti će i gradnja takvih lokacija za bunker LNG-a.

#### **5.4.2. Radnje koje trenutno poduzimaju unutar luke**

Emisije plovila u lukama sve su zabrinjavajuće, posebno za SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> i PM koje utječu na zdravlje lokalnog stanovništva. Emisije plovila u lukama uglavnom se rješavaju metodama obalnim priključkom, korištenjem LNG-a i smanjenjem brzine plovila u luci.

*Cold ironing* ili opskrba energijom na kopnu je proces u kojem se brodovi na pristaništu spajaju na električnu energiju na obali, umjesto da pokreću svoje pomoćne generatore kako bi osigurali napajanje za hotelski dio broda. Njegova učinkovitost u smislu smanjenja emisija ovisi o udjelu proizvodnje obnovljive energije u toj zemlji, pa će zemlje s manje ekološki prihvatljivom proizvodnjom električne energije jednostavno prenositi emisije na druga mjesta procijenjeno je kad bi sve luke u Europi koristile obalnu energiju, u 2025. moglo uštedjeti 2,94 milijardi eura zdravstvenih troškova, kao i potencijalno smanjenje emisije ugljika za 800 000 tona. Znanstvenici su također otkrili da bi se na zdravstvenim troškovima moglo uštedjeti 70-150 milijuna USD da četvrtina do dvije trećine svih brodova koja dolaze u američke luke koriste opskrbu energije s kopna. Bergqvist i Monios (2019) kao problem navode da gotovo sve velike

luke s velikom ukupnom potražnjom za energijom, također su u većini slučajeva koncentrirane na malom broju vezova, poput specijaliziranog terminala za krstarenja ili kontejnera, osobito za kruzere jer imaju veći hotelski zahtjev od ostalih plovila zbog broja putnika na brodu. Primarne prepreke su troškovi instalacije i činjenica da svako plovilo mora ugraditi i tehnologiju povezivanja, što će učiniti samo ako je vjerojatno da će je često koristiti.

Međutim, za ona plovila koja često dolaze u iste luke, mogu ostvariti značajne uštede plaćajući električnu energiju, a ne gorivo, posebno s rastom troškova goriva. Štoviše, luke mogu potaknuti korištenje subvencioniranjem cijene električne energije, a doista Luka Göteborg trenutno ne naplaćuje ništa za opskrbu električnom energijom. (Bergqvist i Monios, 2019)

Baš kao i korištenje LNG -a dok ste na otvorenom moru, korištenje LNG -a na brodovima koja se približavaju luci i u lučkom području atraktivna je opcija za smanjenje emisija. Isti se izazovi javljaju kao i kod korištenja na moru u pogledu punionica i opskrbe gorivom. Bergqvist i Monios (2019) ističe kako korištenje LNG-a na vezu može biti alternativa *cold ironingu*, osobito jer gotovo eliminira lokalno onečišćenje zraka što je ključno pitanje za luke na gradskim lokacijama s lokalnim stanovništvom. S druge strane, to neće smanjiti buku motora kao što bi to bilo priključkom na kopno, a ostaju troškovi za brodare koji bi morali prilagoditi svoje motore. Slično, baš kao i na moru, ranije spomenuto spora plovidba u luci i u blizini luke također se može koristiti za smanjenje potrošnje goriva, pa stoga i emisije, iako uštede nisu iste pri manjim brzinama, osobito ispod projektirane brzine plovila.

Emisije koje su zapravo proizvedene lučkim aktivnostima u postotku to je samo mali dio ukupne pomorske emisije, ali se mogu riješiti različitim metodama, iako općenito samo mali broj luka zapravo mjeri svoje emisije. Istraživači su našli načine povećanja energetske učinkovitosti pomoću suvremenije opreme za rukovanje, diferenciranih lučkih i terminalnih pristojbi te implementacije sustava upravljanja energijom. Raspravljalo se o lukama koje provode strategije upravljanja potražnjom energije, kao i o stvaranju vlastite zelene energije na licu mjesta (npr. vjetroturbine, solarni paneli, toplinske elektrane) i pokazale da, iako luke ne smatraju nužno proizvodnju energije izvorom vanjskog prihoda, i ponuda i potražnja mogu smanjiti njihove troškove i utjecaj na okoliš.

Stručnjaci ističu da lučke uprave nisu jedini akteri uključeni u postavljanje regulatornih politika pa se često usredotočuju na dobrovoljne programe poput čistih brodskih indeksa i popusta. Doista, neke luke diljem svijeta uvele su različite indekse za poticanje zelenijih plovila nudeći popuste na lučke pristojbe prijevoznicima koji dolaze u njihove luke prema određenim kriterijima. Ovo je neizravan način utjecaja na ekološke performanse plovila na moru, uz njihove stvarne emisije unutar lučkog područja. (Bergqvist i Monios, 2019)

### **5.4.3. Radnje koje poduzimaju u blizini luke**

Bergqvist i Monios (2019) navodi kako je bilo vrlo malo istraživanja o istraživanju ekoloških performansi kopnenog prometa do i iz luka, iako ovaj aspekt lučkih aktivnosti doprinosi nizu vanjskih utjecaja, osobito emisijama (i lokalnim i stakleničkim plinovima) i zagušenju. Ti se vanjski učinci obično izračunavaju i uzimaju u obzir u podacima o kopnenom prometu; na primjer, prometni sektor odgovoran je za oko četvrtinu emisija stakleničkih plinova u Europi, kao i glavni izvor lokalnog onečišćenja zraka. Ipak, emisije u blizini luke javljaju se samo zbog lučkih aktivnosti i doista, ako se žele poboljšati, bit će potrebna interakcija između lučkih i unutarnjih aktera. Stoga se, iako se ne može smatrati lučkom odgovornošću na isti način kao emisije unutar lučkog područja, ipak tvrdimo da je ozelenjavanje prijevoza u zaleđu barem djelomično odgovornost luke. Stručnjaci su pokazali da je emisija CO<sub>2</sub> u blizini luke dvostruko veća od emisija proizvedena u luci.

## **6. ALTERNATIVNA GORIVA ZA POGON BRODOVA**

Klasični brodski motor s unutarnjim izgaranjem je doživio nekoliko poboljšanja u dizajnu motora u svrhu smanjenja zagađenja zraka. Međutim, niti jedna od ovih tehnologija ne ukazuje na drastično smanjenje razine zagađenja koje može kontrolirati globalno zatopljenje. Potrebno je pronaći alternativne izvore energije za rad broda koji drastično smanjuje zagađenje.

Većina dolje navedenih tehnologija je još u fazi razvoja i provode se pokusi na brodovima. Međutim, opasnosti koje ovi uređaji mogu uzrokovati nisu u potpunosti vizualizirane i potrebno je prije potpune ugradnje na sam brod provesti niz testova i prije svega procjenu sigurnosti. (Misra, 2016)

### **6.1. Ukapljeni zemni plin (LNG)**

Popularna green shipping strategija je korištenje LNG -a. Ukapljeni prirodni plin alternativna je opcija goriva za brodove. Ali ova alternativa otvara mnoga sigurnosna pitanja. Bitno je osigurati sigurnost jer niske emisije ne bi trebale značiti manju sigurnost. Container xChange (2019) napominje kako treba biti vrlo oprezan jer korištenje plina kao goriva nije prikladno za sve brodove, a to zahtijeva promjenu strukture i preinake opreme broda. No, ova se strukturna pitanja mogu riješiti redizajniranjem. Korištenje LNG -a kao goriva smanjit će CO<sub>2</sub> za 20%, uz značajno smanjenje SO<sub>x</sub> i NO<sub>x</sub>.

Kompanija Hapag-Lloyd 2019. godine objavila je da su 16 njihovih brodova spremno za rad na LNG-u. Riječ je o brodovima koje su kupili od arapske pomorske tvrtke UASC koja se 2017. spojila s Hapag-Lloydom. "Sajir", jedan od njihovih divovskih kontejnerskih brodova, na LNG-u radi od 2015. S ovom novom misijom očekuju uštedu od 15% na 30% na emisiju CO<sub>2</sub> i smanjiti 90% SO<sub>x</sub>. Također planiraju preraditi svoje motore na tehnologiju "dvostrukog goriva" kako bi se prilagodilo lakom gorivu s niskim udjelom sumpora, što će se održati u Šangaju. Osim Hapag-Lloyda, francuski pomorski gigant CMA CGM također gradi TEU-ove na plin, kapaciteta 22.000. (Container xChange, 2019)

## **6.2. Biogorivo**

Biogoriva su goriva dobivena iz biomase koja se sastoji od živih organizama. Ti organizmi se sastoje od životinja i biljaka i njihovih proizvoda ili iz drugih fosilnih goriva poput ugljena, zaostale nafte i mulja. Do sada razvijena biogoriva su biodizel i bioetanol dobiven iz biomase životinjskog i biljnog podrijetla u reakciji s drugim kemikalijama i alkoholima. Novije biogorivo, dimetil eter (DME), dobiva se iz prirodnog plina, ugljena, ostataka nafte i biomase. (Misra, 2016)

Biogoriva imaju potencijal biti alternativa prirodnom gorivu, ali tehnologiju je potrebno razvijati za pomorsku uporabu. Možda bi prikladnija uporaba mogla biti uporaba biogoriva zajedno s normalnim gorivom. (Misra, 2016)

Jedan od najvećih nedostataka biogoriva je taj što za proizvodnju ovog goriva u velikim količinama za pomorsku uporabu potrebna je velika kopnena masa za proizvodnju koja bi mogla ometati uporabu ovog goriva u budućnosti. Iako uporaba biogoriva može smanjiti potražnju za fosilnim gorivima, nije jasno vodi li to smanjenju emisija. Stoga su potrebna dodatna laboratorijska istraživanja kako bi se ustanovile emisijske norme biogoriva.

## **6.3. Nuklearni pogon**

Postojeći sustavi za proizvodnju energije na brodskim vozilima ovise o tehnologiji koja kemijskim reakcijama oslobađa energiju iz fosilnih goriva. Nuklearna energija, s druge strane, nastaje reakcijom nuklearne fisije gdje se velike, teške jezgre razbijaju na manje jezgre i pri tome se oslobađa velika količina topline. Ova toplinska energija može se upotrijebiti za stvaranje pare (ili toplinskog zraka) u kotlu koji zauzvrat može pokrenuti parnu turbinu (ili plinsku turbinu) za stvaranje rotacijske pokretne snage. (Misra, 2016)

Nuklearni materijal općenito je uran ili, češće dostupan, torij. Nuklearno gorivo ne zahtijeva zrak za svoj rad pa se uspješno koristilo u podvodnom pogonu podmornica. Nadalje, za razliku od podmornica s pogonom na baterije koje zahtijevaju učestalo izlaženje na površinu za punjenje baterija, podmornice s nuklearnim pogonom mogu ostati pod vodom vrlo dugo ako su ispunjeni drugi uvjeti.

Nuklearno gorivo ne emitira CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> ili NO<sub>x</sub> i potpuno je bez zagađenja. Postoji iskustvo u pogledu sigurnog projektiranja i rada nuklearnih reaktora bez rizika, a nuklearni reaktori su pronađeni prikladni za rad na moru i za primjenu na trgovačkim brodovima. Nadalje, za razliku od dizelskih motora, brodovi s nuklearnim pogonom imaju slobodu izbora oblika trupa i drugih parametara dizajna. Tehnološki razvoj može dovesti do proizvodnje malih modularnih reaktora pogodnih za rad na brodu. Iako su početni troškovi nuklearnog goriva i reaktora trenutno visoki, troškovi goriva u radnom stanju vrlo su mali u usporedbi s brodovima koji moraju često puniti bunkere. (Misra, 2016)

Misra (2016) tvrdi da unatoč svim tim prednostima, nuklearno gorivo nije našlo veliku primjenu kod trgovačkih brodova. Mora se shvatiti da nuklearni reaktori zahtijevaju jaku zaštitu koja zahtijeva prostor i dodaje težinu plovilu u koje je ugrađena. Također, zbrinjavanje nuklearnog otpada problem je koji nije riješen na međunarodnoj razini. Nuklearna instalacija zahtijeva potpuno novo planiranje sustava za instalaciju, održavanje i rad. Obuka osoblja potpuno se razlikuje od obuke za druga postrojenja.

Iako pogon broda na nuklearno gorivo zvuči primamljivo pogotovo s obzirom na emisiju ispušnih plinova. No međutim javljaju se pitanja javnosti na korištenje takve vrste pogona. Prvo i osnovno treba riješiti pitanje sigurnosti od nuklearne katastrofe, kao što su zaštita zračenja, zaštita od curenja i dr. Slično pitanje se odnosi i na rizik kvara kod strojeva i uređaja, mjere zaštite od požara, obuka posade koja uključuje posebnu i pouzdanu opremu. Treba dobro razmotriti procjenu rizika prije implementiranja nuklearnog goriva na brod.

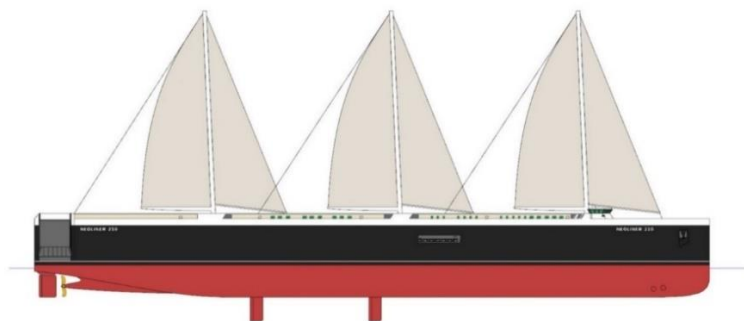
#### **6.4. Baterije**

Baterije su pohranjena elektrokemijska energija koja se može staviti na raspolaganje prema potrebi. Baterije su se uobičajeno koristile u podmornicama kao sredstvo za pogon pod vodom kada se dizelski motori kojima treba zrak ne mogu upravljati. Problem kod baterija je uglavnom zbog velikih težina i veličina na brodovima. Također zabrinjava i rok trajanja koji znači zamjenu nakon određenog broja punjenja i pražnjenja. Baterije također imaju izrazitu prednost što su potpuno bez zagađenja s obzirom na štetne emisije; oni ne stvaraju buku i mogu raditi pod vodom. Čvršćim i pouzdanijim razvojem baterija moguće je razviti i instalirati bateriju na plovilo kao pomoćni izvor energije. Također bi mogao biti glavni agregat na malim i srednjim plovilima pod uvjetom da ekonomija može biti zadovoljavajuća. (Misra, 2016)

## 6.5. Energija vjetra

Beskonačna energija vjetra može se iskoristiti za pogon svih vrsta brodova što pomaže u smanjenju potrošnje goriva, emisija i stakleničkih plinova. Conatiner xChange (2019) ističe Eco Marine Power (EMP) kompaniju iz Fukuoke u Japanu koja se fokusira na razvoj obnovljive energije za brodove. Oni su strastveni u projektiranju, razvoju, eco-friendly pogonu za brodove koji koriste energiju vjetra i sunca, bez ikakvih emisija ili s niskim emisijama, pogodnim za okoliš. Tehnologije razvijene u EMP-u pomoći će brodogradilištima i brodovlasnicima da ispune zahtjeve Indeksa dizajna energetske učinkovitosti (EEDI).

Projekt koji je bliže izlasku na tržište je Neoline, čiji dizajn broda koristi divovska jedra i tvrdi da će to smanjiti emisiju CO<sub>2</sub> za 90%. Brod koristi tehnologiju potpomognutu jedrom, uz prije spomenutom sporom plovidbom. Sa smanjenom brzinom od 11 čvorova, potrebno mu je samo polovica energije. Očekuje se da će početi s projektom 2022. godine između Francuske i SAD -a. Do 2030. Neoline želi razviti širi raspon rješenja za industriju pomorskog prometa. (Container xChange, 2019)



**Slika 20.** Izgled druge generacije Neoline broda dugog 210 m (2030.) (Izvor: Container xChange, 2019)

## 6.6. Sunčeva energija

Fotonaponska tehnologija za prikupljanje sunčeve energije i pretvaranje u električnu energiju dobro je razvijena. Ako je dostupno područje na palubi ili na nadrgrađu broda ili nekom drugo brodskom dijelu, mogu se instalirati solarni paneli za proizvodnju električne energije. Ali ta će snaga vjerojatno biti mala i može se koristiti samo zajedno s glavnom električnom energijom kao pomoćno napajanje. Međutim, solarna energija uspješno se koristi kao energija za električni pogon malih brodova. (Misra, 2016)



## 7. ZAKLJUČAK

More, kao najveći najjeftiniji prijevozni put predstavlja jednu od najvažnijih uloga u svjetskom gospodarstvu. Povećanje brodske industrije u zadnjih pola stoljeća za sobom nosi sve veće probleme onečišćenja okoliša. Brod, osim na more štetno djeluje na svoj ostali prirodni okoliš poput kopna i zraka. Najveći izvor zagađenja s broda predstavljaju ispušni plinovi, kemikalije, fekalije, kruti otpad, biocidne prevlake i balast.

Kako bi se onečišćenje spriječilo, specijalizirana ustanova UN-a Međunarodna pomorska organizacija (IMO) na čelu s Odborom za zaštitu okoliša (MEPC), donijela je različite konvencije. Neke od najznačajnijih su Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s broda - MARPOL 73/78, Međunarodna konvencija o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima iz 2004. godine i Međunarodna konvencija za sigurno i okolišno prihvatljivo recikliranje brodova iz 2009. godine.

Kako ekološko stanje okoliša privlači sve više pozornosti i sukladno pojačanoj međunarodnoj regulativi, brodske kompanije se okreću zelenoj praksi (green shipping-u). Kupci traže ekološki prihvatljive brodove kako bi izbjegli napade za ekološku nedogovornost. Ekološki prihvatljivi brod znači brod koji ima smanjenu emisiju stakleničkih plinova kroz razvoj tehnike i tehnologije. Neki relativno jednostavni načini su preusmjerenje na manje zagušene puteve i smanjenje praznoga hoda koji rezultiraju smanjenju potrošnje goriva, odnosno povećanju uštede i smanjenju stakleničkih plinova, do nekih kompleksnijih koji se odnose na preinake broskog pogonskog postrojenja.

Osim brodova, morske luke su jedan od glavnih pokretača pritiska na okoliš, posebno zbog činjenice da se većina morskih luka i terminala nalazi u blizini urbanih područja. Većina lučkih sustava koristi zastarjelu tehnologiju za mjerenje potrošnje energije i zbog navedenih činjenica ne doprinosi energetske učinkovitosti, zaštiti okoliša i održivom razvoju. Stoga je cilj luke da se razviju tehnološka poboljšanja u svrhu energetske učinkovitosti.

Kako bi brodovi bili ekološki prihvatljivi, brodari se okreću alternativnim načinima pogona poput najzastupljenijeg LNG-a, biogoriva, nuklearnog pogona, baterija i obnovljivih izvora energije.

Takva budućnost brodarstva je na dobrom putu, međutim treba proći još dugi niz godina testiranja i analiziranja alternativnih načina za pogon broda. Do tada, smatram da će primarni izvor pogona i dalje biti dizelski brodski motor kao financijski najisplativiji. Nema sumnje da su upravo motori s unutarnjim izgaranjem pomogli čovječanstvu, no svakodnevno svjedočimo da tehnologija i ljudski um ne poznaju granice, stoga je vrijeme za promjene u svrhu spasa našeg planeta i naše budućnosti.

## LITERATURA

### Knjige i članci:

- [1] Andersson, K., Brynolf, S., Lindgren, J., & Wilewska-Bien, M. (2016). Shipping and the Environment - Improving Environmental Performance in Marine Transportation. Gothenburg: Springer.
- [2] Bergqvist, R., & Monios, J. (2019). Green Ports in Theory and Practice. Gothenburg: Elsevier.
- [3] Jelavić, V., & Kurtela, Ž. (2007). Raščlamba štetnog djelovanja broda na morski okoliš. Naše More, 214-226.
- [4] Milošević-Pujo, B., Jurjević, N., & Domijan-Arneri, I. (2007). Potreba i posljedice uvođenja međunarodne standardizacije u problematiku reciklaže brodova. Dubrovnik: Naše More.
- [5] Misra, S. (2016). Design Principles of Ships and Marine Structures. CRC Press.
- [6] Pallis, A.A. and Vaggelas, G.K. (2019). Cruise shipping and green ports: a strategic challenge, in: Bergqvist, Rickard and Monios, Jason (eds), Green Ports Inland and Seaside Sustainable Transportation Strategies, 2019, Elsevier Inc., pages: 255-273.
- [7] Primorac, Ž. (2015). Europski pravni okvir odgovornosti brodovlasnika za sigurno i ekološki prihvatljivo recikliranje brodova.
- [8] Schrodgers. (2015). The costly future of green shipping. London.
- [9] Venus Lun, Y., Lai, K.-h., Wong, C., & Cheng, T. (2016). Green Shipping Management. Switzerland.
- [10] Zelenika, R., Fabac, J., Pavlić Skender, H., & Zekić, Z. (2010). Uloga ekološke politike u pomorskom brodarstvu. Pomorski zbornik, Vol. 46, 61-75.

### Stranice:

- [11] Container xChange (2019)  
Dostupno na: <https://container-xchange.com/blog/5-green-shipping-initiatives-reduce-ghg/>. Pristupljeno 11. rujna 2021.
- [12] BrightHubEngineering (2010). Green Ship Design for Ship Building  
Dostupno na: <https://www.brighthubengineering.com/naval-architecture/62859-what-is-a-green-ship/>. Pristupljeno 11. rujna 2021.
- [13] Tankerska Next Generation (2015). Energetska učinkovitost – Eko dizajn produkt tankeri  
Dostupno na: <https://www.tng.hr/hr/energetska-ucinkovitost>. Pristupljeno 11. rujna 2021.
- [14] Zakon o potvrđivanju Međunarodne konvencije iz Hong Konga za sigurno i ekološki prihvatljivo recikliranje brodova iz 2009.  
Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/medunarodni/full/2020\\_12\\_8\\_58.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/medunarodni/full/2020_12_8_58.html). Pristupljeno 11. rujna 2021.

- [15] Magnum Photos. Ship-breaking yard. Chittagong, Bangladesh. 2000.  
Dostupno na: <https://www.magnumphotos.com/shop/collections/collectors-prints/ship-breaking-yard-chittagong-bangladesh-2000/>. Pristupljeno 11. rujna 2021.
- [16] Earth's Sphere's  
Dostupno na: <https://413007.wixsite.com/t-bobb/geosphere>. Pristupljeno 11. rujna 2021.
- [17] E-skole. Biljke bez sjemenke  
Dostupno na: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/c22bacc6-4a87-450d-9dc0-2acf43ade625/biologija-7/m06/j03/index.html>.  
Pristupljeno 11. rujna 2021.
- [18] Australian Environmental Education – Biosphere  
Dostupno na: <https://australianenvironmentaleducation.com.au/wp-content/uploads/2020/07/Biosphere.jpg>. Pristupljeno 11. rujna 2021.
- [19] Hakai Magazine (2019). Wounded Wilderness: The Exxon Valdez Oil Spill 30 Years Later  
Dostupno na: <https://www.hakaimagazine.com/news/wounded-wilderness-the-exxon-valdez-oil-spill-30-years-later/> Pristupljeno: 23. rujna 2021.

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> <i>Ilustracija odnosa između atmosfere, hidrosfere, geosfere i biosfere</i> (Prema: Andersson i sur., 2016) .....	5
<b>Slika 2.</b> <i>Ilustracijski prikaz vodenog ciklusa</i> (Izvor: E-skole).....	7
<b>Slika 3.</b> <i>Različiti slojevi u nižim dijelovima atmosfere i temperature u odnosu na nadmorsku visinu</i> (Prema: Andersson i sur., 2016) .....	8
<b>Slika 4.</b> <i>Struktura geosfere</i> (Prema: Earth Sphere's).....	10
<b>Slika 5.</b> <i>Ilustracijski prikaz biosfere</i> (Prema: Australian Environmental Education).....	11
<b>Slika 6.</b> <i>Ilustracija ciklusa sumpora i načina na koji se sumpor kreće u i iz živih organizama i minerala</i> (Prema: Andersson i sur., 2016) .....	12
<b>Slika 7.</b> <i>Ilustracija ciklusa dušika i načina prijenosa dušika između njegovih različitih kemijskih oblika</i> (Prema: Andersson i sur., 2016).....	13
<b>Slika 8.</b> <i>Ilustracija ciklusa ugljika i kako se različiti oblici ugljika kreću kroz žive organizme i Zemljinu koru</i> (Prema: Andersson i sur., 2016) .....	14
<b>Slika 9.</b> <i>Područje kontrole emisije (eng. Emission Control Areas – ECA)</i> (Prema: Schoders, 2015).....	17
<b>Slika 10.</b> <i>Usporedba emisija CO<sub>2</sub> između različitih načina prijevoza</i> (Prema: Schoders, 2015) .....	19
<b>Slika 11.</b> <i>Emisije stakleničkih plinova iz različitih regija u Kini (2011.)</i> (Prema: Andersson i sur., 2016).....	21
<b>Slika 12.</b> <i>Štetne tvari prema podrijetlu i načinu dospjeća u more</i> (Izvor: Jelavić i Kurtela, 2007).....	23
<b>Slika 13.</b> <i>Nesreća broda Exxon Valdez na Aljasci</i> (Izvor: Hakai Magazine, 2019) .....	24
<b>Slika 14.</b> <i>Brodogradilište u Chittagongu, Bangladeš</i> (Izvor: Magnum Photos) .....	34
<b>Slika 15.</b> <i>Postojeće teorije ekonomske perspektive</i> (Prema: Venus Lun i sur., 2016).....	42
<b>Slika 16.</b> <i>Institucionalne snage koje utječu na usvajanje GSP-a</i> (Prema: Venus Lun i sur., 2016).....	43
<b>Slika 17.</b> <i>Konceptualizacija GSP-a iz perspektive prirodnih znanosti</i> (Prema: Venus Lun i sur., 2016).....	47
<b>Slika 18.</b> <i>4C-a radnog okruženja kontejnerskog transporta</i> (Izvor: Venus Lun i sur., 2016). 48	
<b>Slika 19.</b> <i>Ekološki prioriteti za europske lučke uprave (2004.-2017.)</i> (Prema: Palis i Vaggelas, 2019).....	51
<b>Slika 20.</b> <i>Izgled druge generacije Neoline broda dugog 210 m (2030.)</i> (Izvor: Container xChange, 2019) .....	58

## **IZJAVA**

S punom odgovornošću izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora dr.sc. Antun Asić, kap.

Vlaho Stjepović

---